

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

#### 4.1 Kualitas Air Baku

Instalasi Pengolahan Air (IPA) 3 Ilir Perumda Tirta Musi menyediakan air untuk penelitian ini. Masyarakat Kota Palembang mendapatkan air bersih mereka dari aliran Sungai Musi. Karena debitnya yang besar dan tersedia sepanjang tahun, Sungai Musi sangat penting sebagai sumber air baku. Namun, aktivitas domestik, perdagangan, transportasi, dan aktivitas industri di sekitar aliran sungai mengubah kualitas air baku. Hal ini disebabkan oleh kekeruhan, kadar bahan organik, dan total padatan terlarut. Hasil karakteristik air baku sebelum proses elektrokoagulasi ditunjukkan Tabel 4.1

**Tabel 4. 1** Kualitas Air Baku Sebelum Diolah IPA 3 Ilir

| No | Parameter                             | Nilai | Satuan           |
|----|---------------------------------------|-------|------------------|
| 1  | Turbiditas (kekeruhan)                | 57    | NTU              |
| 2  | pH                                    | 7,01  | -                |
| 3  | TDS ( <i>Total Dissolved Solids</i> ) | 28,7  | mg/L             |
| 4  | Konduktivitas                         | 56,6  | $\mu\text{S/cm}$ |

*(Sumber Laboratorium IPA 3 Ilir)*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi pada air baku IPA 3 Ilir, ada variasi arus yang signifikan dan waktu elektrokoagulasi yang signifikan yang memengaruhi penurunan kekeruhan air baku. Pada beberapa kondisi operasi, kekeruhan awal air baku sebesar 57 NTU dapat turun hingga kurang dari 2 NTU. Ketika elektrokoagulasi berlangsung lebih lama, lebih banyak kekeruhan yang hilang. Ini disebabkan oleh fakta bahwa koagulan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  diproduksi lebih lama di elektroda aluminium dan memiliki kemampuan untuk mengikat partikel koloid, menyebabkan kekeruhan. Hasil data pengamatan dapat ditunjukkan pada Tabel 4.2

**Tabel 4. 2** Kualitas Air Baku IPA 3 Ilir setelah proses elektrokoagulasi

| Kuat Arus (A) | Waktu (menit) | Tegangan (volt) | pH   | TDS (mg/L) | Turbidity (NTU) | Konduktivitas ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |
|---------------|---------------|-----------------|------|------------|-----------------|-------------------------------------------|
| 0,07 A        | 10            | 23,3            | 7,20 | 33         | 53,9            | 72,2                                      |
|               | 15            | 22,1            | 7,21 | 35         | 17,3            | 75,7                                      |
|               | 20            | 22,6            | 7,29 | 33,9       | 4,06            | 75,0                                      |
|               | 25            | 19,2            | 7,26 | 34,3       | 3,54            | 77,5                                      |
|               | 30            | 24,1            | 7,31 | 33         | 1,65            | 77,3                                      |
| 0,10 A        | 10            | 20,3            | 7,22 | 35,8       | 12,1            | 78,5                                      |
|               | 15            | 20,5            | 7,22 | 35,4       | 2,46            | 78,2                                      |
|               | 20            | 19,5            | 7,18 | 35         | 2,44            | 78,0                                      |
|               | 25            | 14,7            | 7,13 | 35,9       | 2,23            | 79,3                                      |
|               | 30            | 22,5            | 7,28 | 33,2       | 2,19            | 73,1                                      |
| 0,13 A        | 10            | 28,3            | 7,06 | 35,9       | 58,7            | 79,2                                      |
|               | 15            | 29,9            | 7,15 | 35         | 38,8            | 77,5                                      |
|               | 20            | 27,3            | 7,20 | 33,6       | 10,7            | 74,2                                      |
|               | 25            | 29,9            | 7,28 | 32,3       | 2,17            | 71,3                                      |
|               | 30            | 28,3            | 7,13 | 32,2       | 1,94            | 71,3                                      |

(Sumber Laboratorium IPA 3 Ilir)

## 4.2 Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu terhadap Kualitas Air

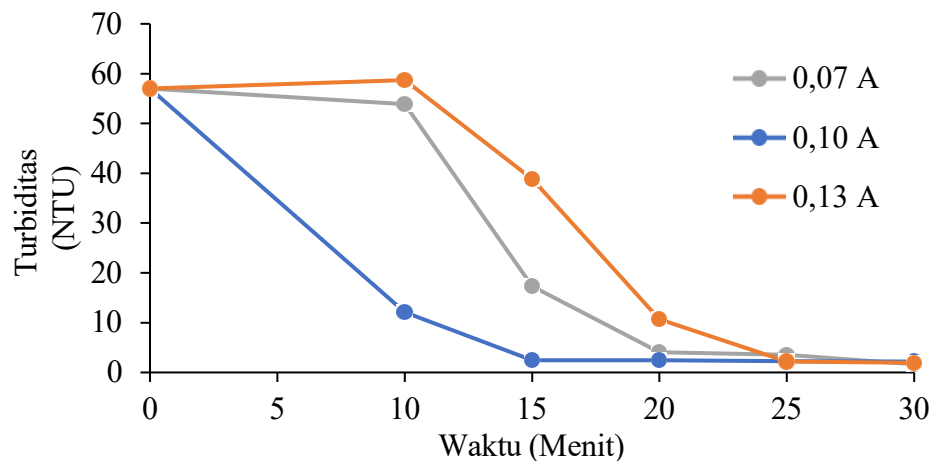
Proses elektrokoagulasi pada air baku IPA 3 Ilir menunjukkan bahwa kualitas air hasil pengolahan dipengaruhi oleh arus dan waktu operasi. Ada informasi tentang pH, konduktivitas, kekeruhan (turbidity), dan total solid terlarut (TDS). Biasanya, lebih banyak waktu elektrokoagulasi menghasilkan kualitas air yang lebih baik, terutama jika dilihat dari tingkat kekeruhan. Semakin lama proses berlangsung, semakin banyak partikel tersuspensi yang dapat diikat dan dipisahkan dari air oleh flok yang dibuat selama proses elektrokoagulasi.

### 4.2.1 Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu terhadap Turbiditas (Kekeruhan)

Penurunan kekeruhan air disebabkan oleh peningkatan kuat arus dan waktu elektrokoagulasi. Ini terjadi karena lebih banyak ion  $\text{Al}^{3+}$  dilepaskan dari elektroda karena kuat arus yang lebih tinggi. Ini membuat pembentukan flok koagulan lebih efektif dalam mengikat partikel penyebab kekeruhan yang tersuspensi. Proses yang lebih lama membuat flok tumbuh dan mengendap.

Akibatnya, ada kemungkinan bahwa kombinasi arus yang lebih besar dan waktu kontak yang lebih lama dapat meningkatkan efisiensi pembersihan kekeruhan dan meningkatkan kualitas air.

Penelitian yang dilakukan oleh (Masthura, 2020) menunjukkan bahwa peningkatan arus dan waktu kontak dapat meningkatkan pembentukan flok, yang berarti bahwa penurunan kekeruhan dapat dioptimalkan.



**Gambar 4. 1** Grafik pengaruh kuat arus dan waktu terhadap Turbiditas

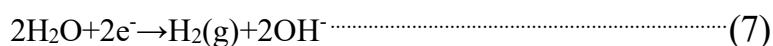
Gambar 4.1 hubungan antara waktu elektrokoagulasi dan kekeruhan menunjukkan penurunan nilai kekeruhan seiring bertambahnya waktu proses. Kekeruhan awal air setiap perlakuan sebesar 57 NTU. Pada kuat arus 0,10 A dan 0,07 A, penurunan kekeruhan tercepat terjadi pada menit ke-10 dari 57 NTU menjadi sekitar 12 NTU dan pada menit ke-15 menjadi sekitar 3 NTU. Pada kuat arus 0,07 A dan 0,13 A, penurunan kekeruhan terjadi pada menit ke-15 menjadi sekitar 3 NTU.

Pada menit ke-20, seluruh perlakuan menunjukkan penurunan kekeruhan yang signifikan, dengan nilai kekeruhan antara 3 - 10 NTU. Pada menit 25 - 30, nilai kekeruhan pada semua variasi arus yang kuat relatif stabil dan mendekati 2 NTU, ini menunjukkan bahwa air menjadi lebih jernih karena partikel yang menyebabkan kekeruhan tersuspensi telah terkoagulasi dan mengendap dalam jumlah besar.

Hasil menunjukkan bahwa peningkatan waktu elektrokoagulasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kekeruhan. Semakin lama kontak berlangsung, semakin banyak ion aluminium yang terlarut dari elektroda. Hal ini menghasilkan flok  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , yang memiliki kemampuan untuk mengikat dan mengadsorpsi partikel koloid, menyebabkan kekeruhan.

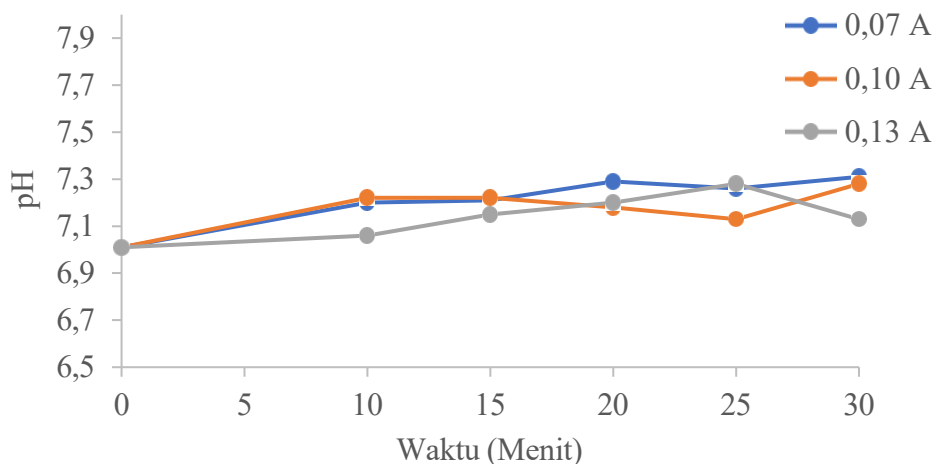
#### 4.2.2 Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu terhadap pH

Nilai pH merupakan komponen penting dalam proses elektrokoagulasi karena mempengaruhi pembentukan koagulan dan seberapa baik kontaminan disingkirkan. Karena reaksi elektrokimia yang terjadi pada masing-masing elektroda selama proses elektrokoagulasi, pH berubah. Elektroda aluminium di anoda dioksidasi, menghasilkan ion  $\text{Al}^{3+}$ . Di katoda reaksi mengurangi air menghasilkan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Dengan reaksi :



Secara teoritis, lebih banyak kuat arus dan waktu elektrokoagulasi cenderung menyebabkan pH air menjadi lebih netral atau sedikit basa karena jumlah elektron yang mengalir ke sistem meningkat dengan kuat arus, yang menyebabkan pembentukan ion  $\text{OH}^-$  dan  $\text{Al}^{3+}$ . Selain itu, reaksi elektrokimia berlangsung lebih lama, yang menghasilkan lebih banyak koagulan.

Namun pada penelitian (Ardiansyah et al., n.d.) rapat arus  $0,137 \text{ A/dm}^2$  dan waktu operasi hingga 60 menit, nilai pH tetap pada kisaran 6. Kondisi ini menunjukkan bahwa perubahan pH tidak signifikan karena proses hidrolisis ion aluminium dan pembentukan flok  $\text{Al}(\text{OH})_3$  masih seimbang.



**Gambar 4. 2** Grafik pengaruh kuat arus dan waktu terhadap pH

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 hubungan antara waktu elektrokoagulasi dan pH, nilai pH air meningkat sedikit selama proses pada seluruh variasi kuat arus. Pada menit ketiga puluh, nilainya awalnya sekitar 7,0, tetapi kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai rentang 7,1 hingga 7,3. Ini menunjukkan bahwa pH air tidak berubah secara signifikan selama proses elektrokoagulasi dan bahwa kondisi air tetap netral.

Selama elektrokoagulasi, pH meningkat karena reaksi yang mengurangi air pada katoda, yang menghasilkan ion hidoksida ( $\text{OH}^-$ ). Bertambahnya ion  $\text{OH}^-$  dalam larutan menyebabkan kondisi air menjadi sedikit lebih basa. Namun, perubahan pH yang kecil menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi dapat mempertahankan pH air konstan selama proses pengolahan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kuat arus dan waktu elektrokoagulasi hanya memberikan pengaruh kecil terhadap pH air. Nilai pH yang diperoleh tetap berada dalam kisaran netral (7,0–7,3) dan masih memenuhi baku mutu air bersih berdasarkan Permenkes No. 2 Tahun 2023, sehingga air hasil pengolahan aman untuk digunakan sebagai air baku.

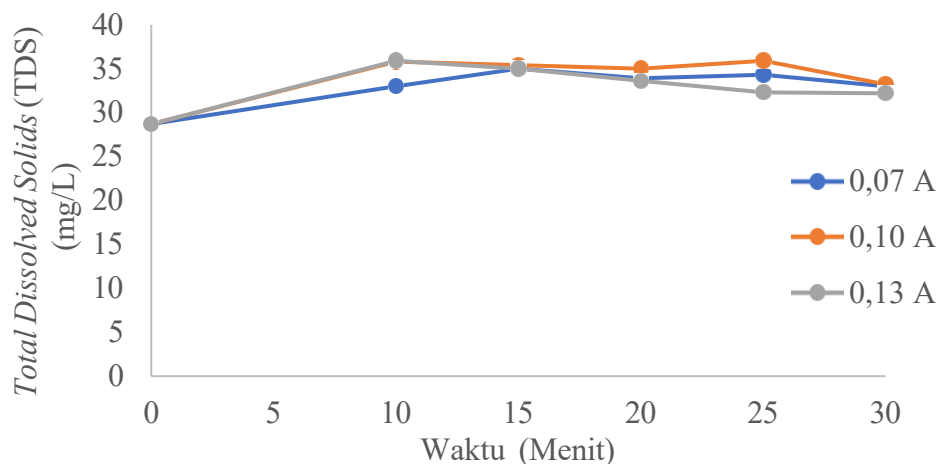
#### 4.2.3 Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu terhadap *Total Dissolved Solids* (TDS)

Parameter *Total Dissolved Solids* (TDS) menunjukkan jumlah zat padat terlarut dalam air, seperti garam mineral, ion logam, dan senyawa organik terlarut.

TDS turun selama proses elektrokoagulasi karena ion-ion terlarut teradsorpsi dan terperangkap dalam flok yang dibuat dari pelarutan elektroda aluminium. Semakin banyak flok yang terbentuk, semakin kuat sistem untuk mengeluarkan zat terlarut dari air.

Waktu yang diperlukan untuk proses elektrokoagulasi juga memengaruhi penurunan TDS. Semakin lama kontak antara air baku dan elektroda, semakin banyak ion koagulan yang terbentuk, dan flok memiliki waktu yang lebih lama untuk menangkap zat terlarut. Akibatnya, waktu operasi cenderung meningkatkan efisiensi penyisihan TDS. Namun, pada titik tertentu, karena sebagian besar kontaminan telah terkoagulasi dan terpisah, peningkatan waktu tidak lagi menyebabkan penurunan yang signifikan.

Hasil penelitian elektrokoagulasi menunjukkan bahwa, meskipun efisiensi dapat berubah karena korosi elektroda dan karakteristik air yang diolah, peningkatan tegangan yang menghasilkan peningkatan kuat arus dapat menurunkan konsentrasi TDS. Dalam penelitian (Afiatun et al., 2025) konsentrasi TDS air baku sebesar 3.400 mg/L dapat diturunkan menjadi 3.110 mg/L dengan efisiensi penyisihan 8,5 persen pada kondisi operasi terbaik. Studi juga menunjukkan bahwa waktu tinggal yang lebih lama—atau dengan debit yang lebih rendah—menghasilkan penyisihan TDS yang lebih besar.



**Gambar 4. 3** Grafik pengaruh kuat arus dan waktu terhadap TDS

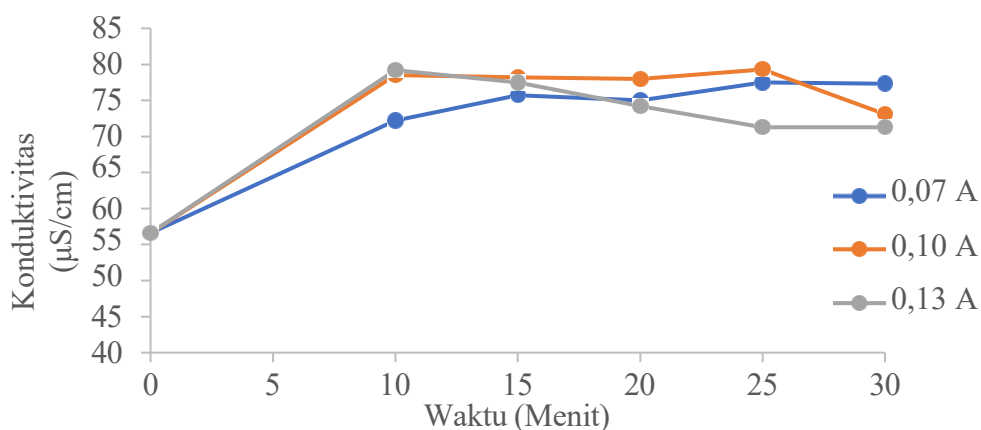
Gambar 4.3 menunjukkan tahap awal elektrokoagulasi, nilai TDS meningkat (0,07 A, 0,10 A, dan 0,13 A) pada semua variasi arus, tetapi cenderung menurun seiring waktu pengolahan. Ini karena elektroda aluminium larut, melepaskan ion logam ke dalam air. Semakin banyak arus yang diberikan, semakin banyak ion logam yang terlepas dari air, sehingga nilai TDS meningkat.

Setelah 30 menit pengolahan, nilai TDS arus 0,13 A menjadi terendah, sekitar 32 mg/L. Nilai arus 0,07 A dan 0,10 A masing-masing berada di kisaran 33 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa dengan arus yang lebih besar, pembentukan koagulan dapat meningkat, yang menghasilkan penyisihan zat terlarut yang lebih baik. Namun, perbedaan nilai TDS antarvariasi arus sangat kecil dibandingkan dengan pengaruh waktu proses elektrokoagulasi; pengaruh kuat arus terhadap TDS lebih kecil.

#### 4.2.4 Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu terhadap Konduktivitas

Hukum Faraday umumnya menyatakan bahwa lebih banyak ion besi atau aluminium dilepaskan ke dalam air seiring dengan waktu kontak dan arus yang diberikan. Ion-ion ini tidak hanya dapat membantu mengikat partikel pencemar, tetapi mereka juga dapat meningkatkan jumlah spesies bermuatan di dalam larutan, yang menghasilkan nilai konduktivitas yang lebih tinggi. Selain itu, reaksi elektrokimia yang berlangsung terus-menerus menghasilkan pembentukan ion-ion baru. Selain itu, ion-ion ini berfungsi sebagai daya hantar listrik air.

Hasil penelitian pada (Al-Ajmi et al., 2025) menunjukkan bahwa nilai konduktivitas air cenderung tetap atau sedikit meningkat selama proses elektrokoagulasi. Konduktivitas air pada awalnya dicatat sekitar 14 mS/cm; selama elektrokoagulasi, ia kemudian sedikit meningkat. Karena ion logam keluar dari elektroda selama proses dan masuk ke dalam larutan, kondisi ini menunjukkan bahwa jumlah ion terlarut dalam air masih cukup tinggi.



**Gambar 4. 4** Grafik pengaruh kuat arus dan waktu terhadap Konduktivitas

Gambar 4.4 Grafik yang menunjukkan dampak variasi kuat arus dan waktu terhadap konduktivitas menunjukkan bahwa nilai konduktivitas meningkat pada awal proses elektrokoagulasi, tetapi cenderung stabil hingga akhir pengamatan

Nilai konduktivitas biasanya berubah selama 30 menit, tetapi tidak ada perubahan yang signifikan. Konduktansi arus 0,07 A meningkat secara bertahap selama 30 menit hingga mencapai sekitar 77 µS/cm. Di sisi lain, konduktivitas arus 0,10 A dan 0,13 A menurun sedikit pada titik akhir proses. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada tahap awal proses, pelepasan ion dari elektroda ke dalam larutan berlangsung lebih intensif. Akibatnya, jumlah ion yang terlarut meningkat, yang menghasilkan peningkatan konduktivitas.

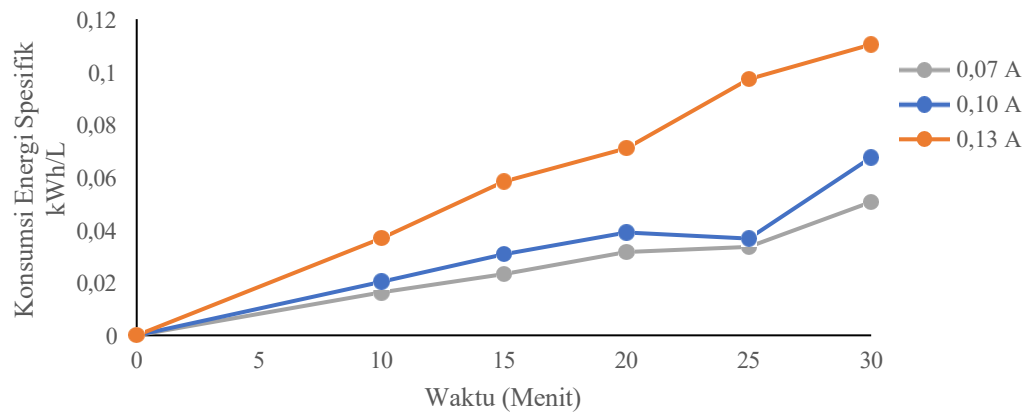
Selama proses pelarutan anoda, ion logam ditambahkan ke air, meningkatkan konduktivitas air. Semakin banyak arus yang diberikan, semakin banyak ion yang terbentuk, meningkatkan kapasitas air untuk menghantarkan listrik. Namun, beberapa ion mengkoagulasi dan menghasilkan flok yang mengendap.

Akibatnya, laju peningkatan konduktivitas menjadi lebih lambat, jika tidak berkurang, secara signifikan. Oleh karena itu, konduktivitas air dipengaruhi oleh perubahan arus yang signifikan dan waktu elektrokoagulasi. Pada tahap awal proses, konduktivitas meningkat karena konsentrasi ion terlarut dalam larutan meningkat.

#### **4.3 Analisis Konsumsi Energi (SEC)**

Parameter yang digunakan untuk mengukur efisiensi penggunaan energi listrik pada proses elektrokoagulasi adalah Konsumsi Energi Spesifik (SEC). Nilai SEC menunjukkan jumlah energi listrik yang dibutuhkan untuk menghilangkan suatu parameter pencemar atau mengolah setiap satuan volume air. Semakin kecil nilai SEC, semakin efisien proses elektrokoagulasi. Beberapa faktor penting, termasuk konduktivitas larutan, jarak antar elektroda, jenis elektroda yang digunakan, waktu operasi, dan kuat arus dan tegangan, memengaruhi konsumsi energi. Peningkatan arus dan waktu kontak yang kuat biasanya meningkatkan efisiensi penyisihan kontaminan, tetapi juga meningkatkan jumlah energi yang digunakan.

Konsumsi energi elektrokoagulasi dalam penelitian (Phu et al., 2025) tersebut berkisar dari sekitar 0,81 kWh/m<sup>3</sup> hingga lebih dari 20 kWh/m<sup>3</sup>, tergantung pada jenis limbah, konfigurasi reaktor, rapat arus, dan waktu operasi. Untuk meningkatkan konduktivitas larutan, menambah elektrolit seperti natrium klorida atau kalium klorida dapat membantu menurunkan hambatan listrik, sehingga mengurangi konsumsi energi. Dengan jarak elektroda yang tepat, kehilangan energi karena hambatan ohmik juga dapat dikurangi.



**Gambar 4. 5** Grafik Penggunaan Konsumsi Spesifik (SEC)

Dilihat dari Gambar 4.5 Konsumsi Energi Spesifik (SEC) menunjukkan bahwa nilai SEC meningkat seiring dengan waktu proses elektrokoagulasi dan kuat arus yang digunakan. Nilai SEC tertinggi dicapai pada kuat arus 0,13 A, meningkat dari sekitar 0,00082 kWh/L pada awal proses menjadi 0,00247 kWh/L selama 30 menit. Hal ini menunjukkan bahwa lebih banyak arus yang digunakan untuk menjalankan proses elektrokoagulasi membutuhkan lebih banyak energi.

Nilai SEC relatif rendah pada arus 0,07 A, meningkat secara bertahap dari sekitar 0,001631 kWh/L menjadi 0,05061 kWh/L pada menit ke -30. Pada arus 0,10 A, nilai SEC berubah tetapi tetap pada kisaran yang lebih rendah daripada arus 0,13 A, dengan nilai akhir sekitar 0,06750 kWh/L.

Jumlah energi yang dibutuhkan SEC lebih besar daripada lamanya proses elektrokoagulasi, yang mengakibatkan waktu operasi yang lebih lama. Selain itu, tegangan dan jumlah elektron yang mengalir dalam sistem meningkat seiring dengan arus yang digunakan, sehingga arus yang digunakan membutuhkan lebih banyak energi. Oleh karena itu, penggunaan arus yang lebih rendah cenderung lebih ekonomis dari segi efisiensi energi, sedangkan penggunaan arus yang lebih tinggi biasanya mengkonsumsi lebih banyak energi, meskipun umumnya dapat meningkatkan efisiensi pembersihan kontaminan dalam air.

#### **4.4 Penentuan Kondisi Operasi Optimum Berdasarkan Kualitas Air Baku dan Konsumsi Energi Spesifik (SEC)**

Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa kualitas air baku IPA 3 Ilir dan jumlah daya yang digunakan dipengaruhi oleh variasi arus kuat dan waktu elektrokoagulasi. Konduktivitas, TDS, pH, dan kekeruhan adalah indikator kualitas air yang diamati. nilai Konsumsi Energi Spesifik (SEC) juga digunakan untuk menghitung efisiensi energi.

Hasil penelitian mengetahui bahwa waktu elektrokoagulasi berkorelasi positif dengan penurunan nilai kekeruhan. Kekeruhan air baku pada kondisi awal adalah 57 NTU, dan dapat diturunkan selama 30 menit hingga mencapai 1,65 NTU pada kuat arus 0,07 A. Memenuhi standar kualitas air bersih, hasil ini adalah yang terbaik dari variasi lainnya. Nilai konduktivitas adalah 77,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dan TDS adalah 33 mg/L pada kondisi yang sama, dan pH tetap netral pada 7,31.

Dalam hal konsumsi energi, nilai SEC meningkat seiring dengan kecepatan arus dan waktu proses. Jika dibandingkan dengan jumlah energi yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas air, peningkatan arus tidak selalu memberikan manfaat yang signifikan terhadap kualitas air. Ini ditunjukkan oleh fakta bahwa arus 0,13 A memiliki efisiensi penurunan kekeruhan yang tinggi, tetapi juga membutuhkan jumlah energi yang paling besar. Sebaliknya, arus 0,07 A memiliki nilai SEC yang paling rendah, sehingga lebih hemat energi.