

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Batik merupakan warisan budaya Indonesia yang patut dilestarikan. Sejak mendapatkan pengakuan dari UNESCO pada tahun 2009, industri batik di Indonesia telah berkembang pesat dan diperkirakan akan terus meningkat sebesar 8% setiap tahunnya (Suhartini *et al.*, 2019). Kota Pekalongan merupakan salah satu kota sentra batik di Indonesia. Berdasarkan data yang diperoleh dari DLH Kota Pekalongan tahun 2023, jumlah industri kecil menengah Batik di Kota Pekalongan tercatat sebanyak  $\pm 2.177$  unit. Sebanyak  $\pm 729$  unit diantaranya berlokasi di Kecamatan Pekalongan Selatan dengan debit air limbah yang dihasilkan  $\pm 1.000$  m<sup>3</sup>/hari. Mayoritas pengrajin IKM batik *printing* belum melakukan pengolahan air limbah secara optimal (Triwiswara, 2019). Pemerintah Kota Pekalongan telah berupaya melakukan pengendalian terhadap buangan air limbah IKM batik *printing* yang berlokasi di Kecamatan Pekalongan Selatan dengan menyediakan IPAL Komunal Jenggot. Kapasitas IPAL Komunal tersebut didesain untuk mengolah air limbah dengan debit 400 m<sup>3</sup>/hari. Namun, seiring waktu kapasitas olah IPAL Komunal tersebut telah mengalami penurunan menjadi 150 m<sup>3</sup>/hari sehingga sisa dari buangan air limbah dari rumah-rumah pengrajin batik *printing* langsung dibuang ke badan air permukaan Kali Setu.

Hampir 85% dari total air limbah batik mengandung bahan berbahaya dan polutan organik (Indrayani & Rahmah, 2018). Pewarna organik dan senyawa organik lainnya merupakan salah satu kelompok utama polutan yang dilepaskan ke dalam air limbah dari proses tekstil dan industri lainnya (Ariyanti *et al.*, 2021). Diperkirakan sekitar 5 hingga 1500 mg/L pewarna reaktif terbuang dan bercampur dengan air limbah setelah proses pewarnaan (Nordin *et al.*, 2020). Pewarna kimia yang umum digunakan pada industri batik yaitu zat warna *naphthol* dan zat warna indigosol. Zat warna *naphthol* merupakan campuran dari *Naphthol*, *Turkis Red Oil*

(TRO), NaOH, dan udara. Sedangkan zat warna indigosol merupakan campuran dari Indigosol, Natrium Nitrit ( $\text{NaNO}_2$ ), TRO, dan air.

Air limbah batik yang dibuang langsung ke badan air permukaan tanpa pengolahan yang tepat, akan menyebabkan masalah kesehatan dan lingkungan (Birgani *et al.*, 2016). Air limbah batik yang mengandung zat warna apabila dibuang ke badan air tanpa pengolahan akan memiliki efek mematikan terhadap ekosistem perairan. Air limbah batik akan menyebabkan berkurangnya penetrasi cahaya yang dapat menurunkan kadar DO dalam air permukaan sehingga berdampak negatif terhadap aktivitas fotosintesis di ekosistem perairan (Kishor *et al.*, 2020; Azanaw *et al.*, 2022). Disamping hal tersebut, zat warna dalam air juga akan meningkatkan kandungan BOD dan COD (Samsami *et al.*, 2020). Keberadaan logam dan senyawa aromatik, bersifat mutagenik atau teratogenik pada organisme perairan dan spesies perikanan (Azanaw *et al.*, 2022). Sebagian besar zat warna yang termasuk golongan *azo* bersifat karsinogenik terhadap ekosistem lingkungan. Senyawa organik dalam air limbah batik juga bersifat karsinogenik dan mutagenik pada tubuh manusia melalui rantai makanan (Berradi *et al.*, 2019).

Ekosistem akuatik merupakan indikator pencemaran air, yang diakibatkan oleh berbagai aktivitas antropogenik seperti industrialisasi, aktivitas pertanian dan urbanisasi. Penggunaan berbagai bahan kimia dalam proses produksi batik yang ada dalam air limbah yang tidak terkelola mengalir menuju badan air akan mengancam ekosistem perairan dan selanjutnya mengakibatkan degradasi kualitas sedimen akuatik. Efek pencemaran pada sedimen dapat dievaluasi dengan “tingkat pencemaran”. Sedimen akuatik adalah sumber utama nutrisi penting bagi ekosistem. Fitoplankton sering digunakan untuk menunjukkan kualitas air dan pengaruh manusia terhadap lingkungan (Laplace-Treyture *et al.*, 2021). Fitoplankton merupakan kelompok ekologi yang terdiri dari organisme fotosintetik, bersel tunggal, atau koloni, yang beradaptasi untuk hidup melayang di perairan terbuka. Anggota kelompok ini dapat ditemukan di hampir semua ekosistem perairan permukaan di bawah berbagai kondisi lingkungan, sehingga dianggap sebagai salah satu elemen paling penting yang mendukung fungsi

biosfer. (Naselli-Flores, 2014) Mereka adalah tumbuhan kecil di air yang membuat makanannya sendiri dan menjadi awal dari rantai makanan (Laplace-Treyture *et al.*, 2021). Karena sangat kecil dan jumlahnya banyak, fitoplankton sangat mudah terpengaruh oleh perubahan di lingkungannya. Perubahan ini bisa membuat jumlah dan jenis fitoplankton berubah (Valentin *et al.*, 2021). Dampak buangan air limbah batik terhadap zooplankton kecil akan menyebabkan malformasi telur, pengurangan kopulasi (proses perkawinan), pelepasan hemolimfa (cairan tubuh), serta menyebabkan pembesaran insang utama, kekurangan ion, dan degenerasi hati. (Dutta *et al.*, 2024).

Selain plankton, organisme makrofauna bentos dapat digunakan sebagai bioindikator untuk menilai kualitas perairan dan kondisi lingkungan di ekosistem perairan, seperti sungai (Merina *et al.*, 2022). Beberapa karakteristik kehidupan hewan bentos memberikan keuntungan untuk dijadikan indikator biologi, salah satunya adalah habitatnya yang relatif tetap. Oleh karena itu, perubahan kualitas air di habitatnya akan memengaruhi komposisi dan kelimpahan hewan tersebut. Komposisi dan kelimpahan makrozoobentos dipengaruhi oleh tingkat toleransi atau sensitivitasnya terhadap perubahan lingkungan. Pada perairan yang tercemar, distribusi jumlah individu tidak merata dan biasanya didominasi oleh satu spesies, yang menyebabkan penurunan indeks keanekaragaman organisme bentik (Asra, 2012). Polutan kimia dan perubahan iklim memberikan dampak serius terhadap ekosistem perairan, yang berakibat pada tingginya angka kematian biota air tawar, termasuk makroinvertebrata bentik (Dinh *et al.*, 2022). Makroinvertebrata bentik memiliki peran krusial dalam ekosistem air tawar dengan menghubungkan sumber daya primer ke konsumen di tingkat trofik yang lebih tinggi. Selain itu, serangga air berperan penting dalam menggerakkan aliran sumber daya antara lingkungan akuatik dan terrestrial (Schulz *et al.*, 2024). Makroinvertebrata bentik berfungsi sebagai bioindikator penting dalam penelitian kualitas air karena kepekaan mereka terhadap polusi dan perubahan lingkungan, yang disebabkan oleh tingkat spesialisasi ekologi yang tinggi (Erasmus *et al.*, 2021). Perubahan pada karakteristik fisik lingkungan, seperti suhu air dan aliran, diketahui dapat mempengaruhi struktur komunitas serta jaring makanan (Bonacina *et al.*, 2023).

Komunitas makroinvertebrata bentik terpengaruh oleh tekanan antropogenik langsung, seperti air limbah dapat mengakibatkan penurunan keanekaragaman hayati dan perubahan komposisi komunitas menuju spesies yang lebih toleran terhadap polusi (Hamdhani *et al.*, 2020).

Regulasi Pemerintah yang tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2025 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tekstil mensyaratkan nilai konsentrasi parameter BOD dan COD untuk debit air limbah  $\leq 100 \text{ m}^3/\text{hari}$  adalah sebesar 60 mg/L dan 150 mg/L. Berdasarkan hal tersebut, maka air limbah batik harus diolah dengan metode yang tepat agar memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

Beberapa teknologi pengolahan untuk memecah zat warna pada air limbah tekstil dan batik telah banyak diinvestigasi mulai dari metode biologi, kimia dan fisika (Samsami *et al.*, 2020). Pengolahan air limbah batik dengan metode fisika kimia seperti presipitasi kimia, ultrafiltrasi, adsorpsi, fotokatalisis, koagulasi, flokulasi, dan ozon telah diterapkan pada beberapa industri batik (Mukimin *et al.*, 2018). Metode pengolahan air limbah konvensional melalui pengolahan fisika maupun biologi-fisika memiliki beberapa keterbatasan antara lain diperlukan lahan yang luas, reaksi yang lambat, diperlukan pemeliharaan intensif, timbul *sludge*, biaya yang mahal, dan susah untuk menguraikan warna (Zangeneh *et al.*, 2015; Katheresan *et al.*, 2018; Daud *et al.*, 2022).

*Advance Oxidation Process (AOP)* merupakan salah satu alternatif teknologi pengolahan air limbah yang mudah dan sederhana untuk diterapkan (Paździor *et al.*, 2019). Salah satu teknologi *AOP* yang telah dikembangkan untuk pengendalian pencemaran lingkungan adalah *Electrochemical Advanced Oxidation Processes (EAOPs)* (Moreira *et al.*, 2017). Metode ini berbasis elektrokimia dari sebuah oksidator kuat sehingga mampu memecah senyawa organik kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana (Mukimin *et al.*, 2017). *EAOPs* telah dikembangkan selama beberapa tahun terakhir dan terbukti mampu mereduksi kadar parameter BOD, COD, TOC, TSS,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan Fenol yang

merupakan karakteristik air limbah batik dan tekstil (Subramaniam & Halim, 2014).

Elektroda dalam teknologi elektrokimia merupakan komponen terpenting yang bahan dan kinerjanya secara langsung menentukan biaya serta efisiensi proses oksidasi. (Qiao & Xiong, 2021). Penerapan teknologi *EAOPs* untuk pengolahan air limbah batik *printing* dengan menggunakan elektroda yang terdiri dari anoda Ti/RuIrO<sub>2</sub> dan katoda plat *stainless steel* telah diteliti dan memberikan hasil yang memuaskan. (Mukimin & Purwanto, 2018) (Mukimin *et al.*, 2017). Namun, harga anoda yang relatif mahal membuat penerapan teknologi tersebut dianggap kurang *feasible*. Elektroda berbasis karbon yang bersumber dari biomassa potensial digunakan sebagai alternatif elektroda yang lebih murah dan mudah (Jin *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2024). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan menganalisis efektivitas pengolahan air limbah IKM batik *printing* menggunakan teknologi *EAOPs* dengan jenis elektroda berbasis karbon. Selain itu jenis elektrolit NaCl dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> akan digunakan sebagai sumber oksidator tak langsung dalam proses elektrodegradasi. Efisiensi degradasi, dan demineralisasi polutan dipilih sebagai indikator kinerja teknologi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Debit air limbah batik yang dihasilkan oleh industri kecil menengah (IKM) batik *printing* di Kecamatan Pekalongan Selatan, tidak sebanding dengan kapasitas IPAL Komunal Jenggot terpasang. Sebagian buangan air limbah yang tidak dilakukan pengolahan dalam IPAL, akan langsung mengalir ke badan air Kali Setu. Seiring waktu, kapasitas pengolahan IPAL Komunal terus mengalami penurunan akibat sedimentasi dan *clogging*. Apabila kondisi ini dibiarkan berlangsung terus menerus, maka akan menyebabkan turunnya kualitas air permukaan dan ekosistem perairan.

Pemerintah menetapkan regulasi yang mensyaratkan bahwa air limbah batik yang dibuang ke badan air permukaan harus memenuhi standar baku mutu tertentu. Parameter air limbah batik terdiri dari BOD, COD, TSS, minyak lemak, sulfida, fenol, khrom total, pH dan warna. Baku mutu yang ketat untuk parameter dimaksud, mengharuskan pelaku usaha dan/atau kegiatan untuk mencari solusi

teknologi pengolahan air limbah yang inovatif. Teknologi ini harus mampu menurunkan kadar polutan hingga memenuhi standar baku mutu, sekaligus mempertimbangkan kemudahan operasional dan biaya yang ekonomis.

Teknologi *EAOPs* merupakan salah satu teknologi yang menjanjikan untuk pengolahan air limbah batik printing. Efektivitas proses *EAOPs* dipengaruhi oleh beberapa variabel diantaranya material anoda dan kondisi operasional. Penerapan teknologi *EAOPs* untuk pengolahan air limbah batik *printing* dengan menggunakan elektroda yang terdiri dari anoda Ti/RuIrO<sub>2</sub> dan katoda plat *stainless steel* telah dilakukan penelitian dan memberikan hasil yang memuaskan (Mukimin & Purwanto, 2018; Mukimin *et al.*, 2017). Namun, harga anoda yang relatif mahal membuat penerapan teknologi tersebut dianggap kurang *feasible*. Elektroda berbasis karbon potensial digunakan sebagai alternatif elektroda yang lebih murah dan mudah (Jin *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2024). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan menganalisis efektivitas pengolahan air limbah IKM batik *printing* menggunakan teknologi *EAOPs* dengan jenis elektroda berbasis karbon.

Berdasarkan hal-hal tersebut, maka permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan dalam pertanyaan penelitian (*research question*) sebagai berikut :

1. Bagaimana dampak air limbah yang didominasi buangan air limbah batik printing berdasarkan nilai Indeks Keanekaragaman hayati plankton dan bentos menggunakan pendekatan analisis Indeks Shannon Wiener?
2. Bagaimana efektivitas jenis elektroda untuk mendegradasi polutan menggunakan teknologi *EAOPs* pada industri kecil menengah (IKM) batik *printing*?
3. Bagaimana komparasi jenis elektroda dan variabel proses yang meliputi jenis dan konsentrasi elektrolit, pH larutan, voltase, jenis dan konsentrasi FeSO<sub>4</sub> pada pengolahan air limbah industri kecil menengah (IKM) batik printing menggunakan teknologi *EAOPs*?

4. Bagaimana valuasi ekonomi aplikasi teknologi *EAOPs* yang meliputi analisis biaya investasi dan biaya operasional pada industri kecil menengah (IKM) batik *printing*?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Mengkaji dampak air limbah yang didominasi buangan air limbah batik *printing* berdasarkan nilai indeks keanekaragaman hayati plankton dan bentos menggunakan pendekatan analisis Indeks Shannon Wiener.
2. Melakukan analisis efektivitas penggunaan jenis elektroda untuk degradasi polutan menggunakan teknologi *EAOPs* pada industri kecil menengah (IKM) batik *printing*.
3. Melakukan analisis komparasi penggunaan jenis elektroda dan variabel proses yang meliputi jenis dan konsentrasi elektrolit, pH larutan, voltase, jenis dan konsentrasi  $\text{FeSO}_4$  pada pengolahan air limbah industri kecil menengah (IKM) batik *printing* menggunakan teknologi *EAOPs*.
4. Mengkaji valuasi ekonomi aplikasi teknologi *EAOPs* yang meliputi analisis biaya investasi dan biaya operasional pada industri kecil menengah (IKM) batik *printing*.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Manfaat akademik:
  - a. Memberikan sumbangan pengetahuan di bidang pengolahan air limbah IKM Batik *printing* dengan teknologi elektrokimia untuk mereduksi polutan.
  - b. Memberikan alternatif pengolahan air limbah IKM batik *printing* melalui penerapan teknologi *EAOPs* dengan menggunakan jenis elektroda dan variabel proses yang mudah dan murah.

## 2. Manfaat praktis

- a. Memberikan gambaran pemangku kepentingan terkait tingkat pencemaran Sungai Setu berdasarkan indeks keanekaragaman hayati plankton dan bentos.
- b. Meningkatkan kualitas badan air permukaan Kali Setu melalui penurunan nilai konsentrasi polutan akibat buangan air limbah batik printing.

### 1.5 Keaslian Penelitian

Penelitian mengenai teknologi *EAOPs* untuk mendegradasi polutan pada berbagai karakteristik air limbah telah banyak dilakukan. Namun, penggunaan elektroda berbasis karbon khususnya untuk pengolahan air limbah batik dengan menggunakan teknologi *EAOPs* belum banyak dilakukan. Beberapa penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya tersaji dalam Tabel 1 sebagai berikut:

**Tabel 1. Penelitian – Penelitian Terdahulu**

No.	Nama, Tahun	Judul Penelitian	Hasil
1	Mukimin, A., Vistanty, H., Harihastuti, N., Setianingsih, N. I., Djayanti, S., Nilawati, & Astuti, Y. (2024)	<i>Hybrid Fenton-electrochemical reactor and system as post-treatment of textile wastewater</i>	<i>Hybrid electrofenton</i> adalah sistem yang sangat prospektif dan dapat dikembangkan lebih lanjut dan diintegrasikan langsung dengan unit anaerob-aerob yang ada di IPAL tekstil. Hasil ini telah dikonfirmasi dan didukung oleh efisiensi penyisihan polutan (warna dan COD), elektrokimia oxidability index (EOI), dan biaya operasional.
2	Irma Fifa Yanti, Pratama Jujur Wibawa, Aris Mukimin (2024)	<i>Fabrication of Coconut Shell-Derived Graphitic Activated Carbon for Carbon-based Electrode Materials</i>	Elektroda karbon aktif dari tempurung kelapa yang menyerupai grafit telah berhasil disintesis dengan metode katalis grafitisasi termal. Proses ini memanfaatkan energi panas untuk mengubah sebagian kerangka molekul karbon

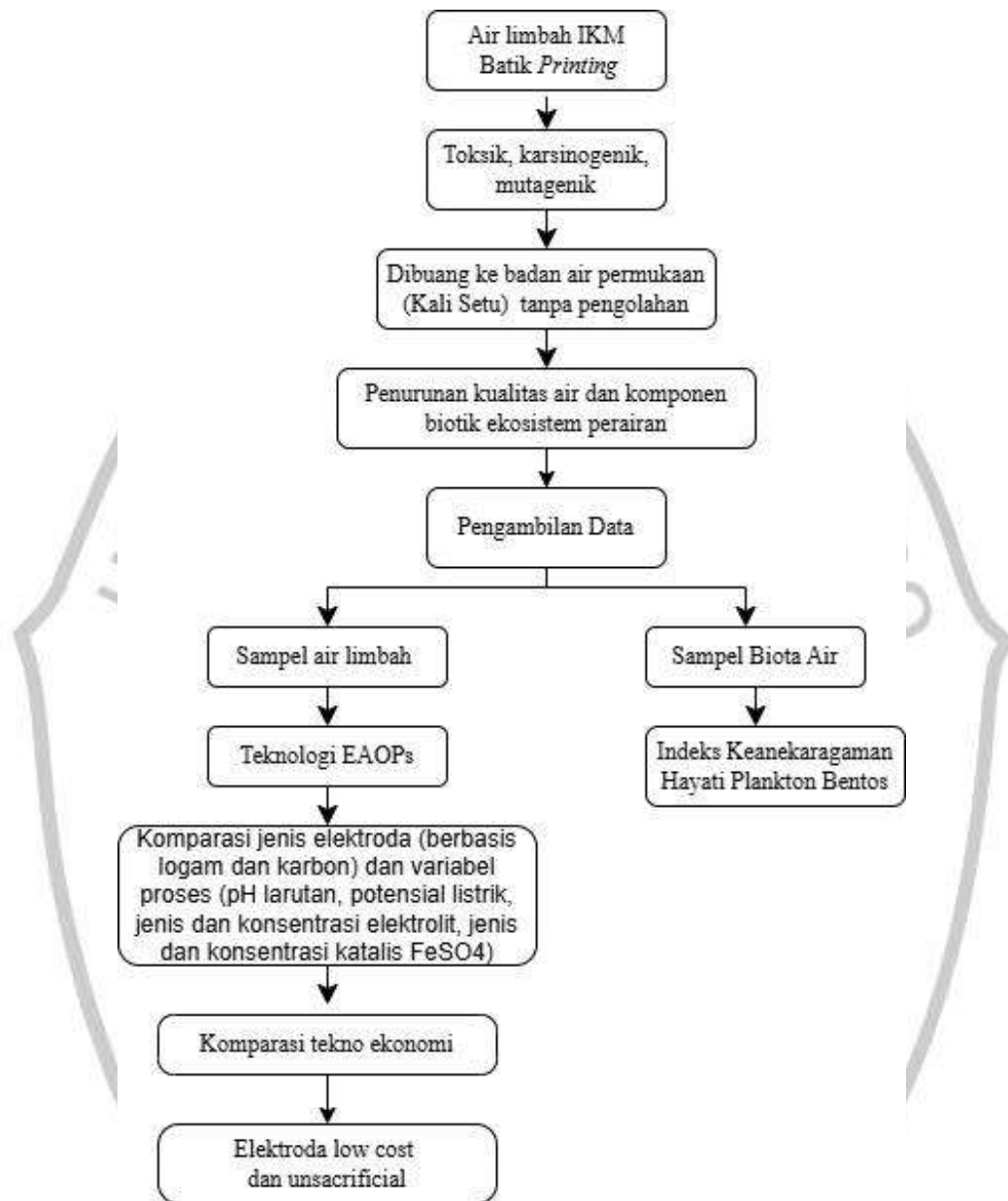
			<p>dari susunan yang tidak teratur menjadi lebih terstruktur, menciptakan mikrostruktur mirip grafit. Karbon aktif dari tempurung kelapa yang menyerupai grafit (CSGAC) telah menunjukkan potensi sebagai bahan elektroda berbasis karbon yang ekonomis dan terbarukan, dengan konduktivitas sebesar 148 <math>\mu\text{S}</math></p>
3	<p>Mukimin, A., Djayanti, S., Setianingsih, N. I., &amp; Ihsan, S. (2022)</p>	<p><i>Electrocatalytic Reaction as Efficient Removal Method for Ammonia Pollutant in Textile Wastewater</i></p>	<p>Metode elektrokimia sangat visible untuk diaplikasikan dalam pengolahan polutan amoniak dalam air limbah industri tekstil baik sebagai pelengkap proses biologis maupun berdiri sendiri Garam klorida mudah dioksidasi oleh elektroda Ti/RuO<sub>2</sub> untuk membentuk asam hipoklorit yang kemudian bereaksi dengan polutan amonia untuk membentuk gas nitrogen. Degradasi amonia dipengaruhi oleh kadar garam, waktu pemrosesan, dan potensial listrik atau tegangan.</p>
4	<p>Mukimin, A., Vistanty, H., Zen, N., Purwanto, A., &amp; Wicaksono, K. A. (2018)</p>	<p><i>Performance of bioequalization-electrocatalytic integrated method for pollutants removal of hand-drawn batik wastewater</i></p>	<p>Integrasi bioekualisasi dan elektrokatalitik adalah teknologi yang tepat untuk mengolah polutan limbah batik tulis. Anoda Ti/ RuIrO<sub>2</sub> sebagai bahan utama elektrokatalitik reaktor akan mengalami penurunan kinerja secara bertahap karena adsorpsi padatan, evolusi oksigen dan dekomposisi logam, terutama</p>

			ruthenium. Teknologi pengolahan terintegrasi ini mampu memenuhi standar baku mutu yang dipersyaratkan
5	Aris Mukimin, Rustiana Yuliasni, Nur Zen, Kukuh Aryo Wicaksono, Januar Arif Fatkhurahman (2018)	<i>Synthesis of Graphite Porous Electrode Based on Coconut Shell as a Potential Cathode in Bioelectrosynthesis Cell</i>	Elektroda berbasis karbon tempurung kelapa dapat digunakan sebagai biokatoda dalam sistem MES. Elektroda diaktivasi melalui proses sintering dengan Fe/Zn untuk merubah tempurung kelapa menjadi grafit berpori dengan luas permukaan yang besar.
6	Mukimin, A., Purwanto, A (2017)	<i>Removal Efficiency of Nitrite and Sulfide Polutants by Electrochemical Process by Using Ti/RuIrO<sub>2</sub> Anode</i>	Anoda Ti/RuIrO <sub>2</sub> yang dipasangkan dengan katoda Fe dalam reaktor elektrokatalitik sangat efektif untuk menysisihkan polutan anion (nitrit dan sulfida). Proses penyisihan dipengaruhi oleh mekanisme oksidasi tidak langsung melalui pembentukan oksidator HClO/CIO <sup>-</sup> pada permukaan anoda.
7	Mukimin, A., Zen, N., Purwanto, A., Wicaksono, K. A., Vistanty, H., & Alfauzi, A. S. (2017)	<i>Application of a full-scale electrocatalytic reactor as real batik printing wastewater treatment by indirect oxidation process</i>	Reaktor elektrokatalitik dengan anoda (Ti/RuIrO <sub>2</sub> ) dan katoda (pelat stainless steel) secara efektif digunakan sebagai pengolahan air limbah batik printing. Reaktor beroperasi berdasarkan proses oksidasi tidak langsung dan menghasilkan degradasi polutan yang cepat dan mudah tanpa menghasilkan produk samping/sludge.

8	Mukimin A, Vistanty H, (2016)	<i>Influence of physico-chemical treatment of coconut shell-based carbon electrode on the inceneration of antraquinone dye</i>	Arang tempurung kelapa adalah prekursor yang cocok untuk pembuatan elektroda karbon. Polutan terdegradasi melalui oksidasi langsung dan tidak terpengaruh oleh jenis atau konsentrasi elektrolit dan potensial. Doping PbO <sub>2</sub> dan boron pada elektroda menunjukkan efek yang bertentangan pada kinerja dengan proses elektrodegradasi
9	Sohini Dutta, Satadal Adhikary, Suchandra Bhattacharya, Dipsikha Roy, Sovona Chatterjee, Aritra Chakraborty, Diyasha Banerjee, Abhratanu Ganguly, Sayantani Nanda, Prem Rajak (2024)	<i>Contamination of textile dyes in aquatic environment: Adverse impacts on aquatic ecosystem and human health, and its management using bioremediation</i>	Buangan air limbah tekstil akan berdampak pada ekosistem akuatik, antara lain alga, makrofit akuatik, invertebrata akuatik dan selanjutnya akan berdampak pada kesehatan manusia.
10	Khuong V. Dinh, Heidi Sjursen Konestabo, Katrine Borga, Ketil Hylland, Samuel J. Macaulay, Michelle C. Jackson, Julie Verheyen, Robby Stoks (2022)	<i>Interactive Effects of Warming and Pollutants on Marine and Freshwater Invertebrates</i>	Pemanasan global dan polutan merupakan ancaman utama bagi keanekaragaman hayati invertebrata akuatik.
11	Sonta Maritsa A., Gunawan, Arsi. Antari A. (2017)	<i>Strategi Adaptasi Ekologi Masyarakat dalam Menghadapi Pencemaran Limbah Batik (studi Etnoekologi</i>	Perubahan mata pencaharian masyarakat Kelurahan Jenggot ke sektor industri mempengaruhi cara mereka memanfaatkan DAS Setu, baik untuk keperluan sakral maupun

		<i>di Daerah Aliran Sungai Setu, Kelurahan Jenggot, Kecamatan Pekalongan Selatan, Kota Pekalongan)</i>	profan. Saat ini, masyarakat menggunakan DAS Setu untuk berbagai tujuan, mulai dari alasan ekonomi untuk mencari penghasilan, rekreasi, hingga pembuangan limbah. Perubahan dan bentuk pemanfaatan DAS Setu ini didasarkan pada persepsi mereka terhadap keberadaan DAS Setu.
12	Fajar M., Medina A., Finesa Y. (2019)	<i>Analisis Peranan IPAL dalam Strategi Penanganan Limbah Industri Batik di Kota Pekalongan</i>	Kinerja IPAL Komunal di Kota Pekalongan belum maksimal karena tidak sebanding dengan debit air limbah yang dihasilkan, diperlukan upaya penegakan hukum yang lebih tegas bagi pelanggar peraturan, perbaikan dalam pengelolaan IPAL dan peningkatan kesadaran masyarakat terhadap lingkungan.
13	Slamet Budiyanto, Anies, Hartuti Purnaweni, Henna Rya Sunoko (2018)	<i>Environmental Analysis of The Impacts of batik Waste Water Pollution on The Quality of Dug Well Water in The Batik Industrial Center of Jenggot Pekalongan City</i>	Air limbah batik mengandung logam berat berbahaya seperti Cd, Cr dan Pb yang melebihi baku mutu lingkungan. Hal ini juga terjadi di sumur gali di sekitar selokan di Kelurahan Jenggot.

## 1.6 Kerangka Penelitian



**Gambar 1. Bagan Alir Kerangka Pemikiran**

Kerangka Pemikiran pada gambar 1 mendeskripsikan alur pemikiran yang berfokus pada pengolahan air limbah batik printing dengan teknologi *EAOPs* sebagai salah satu alternatif teknologi yang mudah dan ramah lingkungan. Air limbah batik yang bersifat toksik, karsinogenik dan mutagenik apabila dibuang ke badan air permukaan tanpa pengolahan, akan berdampak pada penurunan kualitas air dan komponen biotik ekosistem perairan. Dampak tersebut perlu dibuktikan

dengan pengambilan data baik secara fisika kimia pada air limbah maupun biologi pada air sungai Setu. Sampel air limbah yang telah diambil untuk selanjutnya dilakukan pengolahan dengan teknologi *EAOPs* untuk mendegradasi polutan. Penerapan teknologi *EAOPs* dalam penelitian ini meliputi komparasi jenis elektroda (berbasis logam dan karbon) dan variasi parameter proses, yang terdiri dari pH larutan, potensial listrik, jenis dan konsentrasi elektrolit, serta jenis dan konsentrasi katalis  $\text{FeSO}_4$ . Efisiensi proses *EAOPs* dianalisis melalui komparasi tekno-ekonomi untuk menilai kelayakan aplikasi teknologi dari segi biaya investasi dan biaya operasional. Hasil penelitian diharapkan diperoleh konfigurasi elektroda dan kondisi proses dengan biaya rendah (*low cost*) serta *unsacrificial*, sehingga lebih aplikatif untuk skala IKM batik *printing* yang pada akhirnya akan berkontribusi pada peningkatan kualitas air Sungai Setu. Sedangkan pada aspek biologis dilakukan pengambilan sampel biota air, kemudian dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman hayati plankton dan bentos. Analisis ini bertujuan untuk mengkaji dampak buangan air limbah batik terhadap kondisi ekologi badan air penerima Sungai Setu.



Sekolah Pascasarjana