

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Provinsi Jambi, yang terletak di Pulau Sumatra, didominasi oleh kawasan hutan dan perkebunan. Kelapa sawit menjadi komoditas unggulan dalam sektor perkebunan, memainkan peran krusial dalam perekonomian masyarakat Jambi. Daerah dengan luas areal dan tingkat produksi kelapa sawit tertinggi di provinsi ini meliputi Kabupaten Muaro Jambi, Tanjung Jabung Barat, dan Merangin. Sektor perkebunan sawit di Jambi menjadi salah satu bagian ekonomi yang sangat vital di Provinsi Jambi. Komoditas sawit menempati posisi utama dengan luas areal dan produksi yang terus bertambah. Pada tahun 2023, luas lahan perkebunan sawit di wilayah ini hampir mencapai 1,2 juta hektar, dengan produksi lebih dari 2,7 juta ton minyak kelapa sawit (CPO). Di Provinsi Jambi terdapat lebih dari 271 ribu unit usaha pertanian perorangan yang membudidayakan sawit. Sawit menjadi sumber penghasilan utama bagi petani di Jambi (Badan Pusat Statistik Provinsi Jambi, 2024).

Menurut Haryanti dkk, (2014) seiring dengan meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun, volume limbah yang dihasilkan juga mengalami peningkatan. Limbah padat yang dihasilkan oleh industri kelapa sawit pada umumnya mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi, sehingga berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan apabila tidak dikelola secara memadai. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengolah limbah ini serta meningkatkan nilai ekonominya. Limbah kelapa sawit didefinisikan sebagai residu tanaman yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil samping dari proses pengolahan kelapa sawit, baik dalam bentuk padat maupun cair. Limbah padat yang umumnya dihasilkan meliputi tandan kosong, cangkang, dan serabut (*fiber*). Dari setiap 1 ton kelapa sawit yang diolah, menghasilkan berbagai jenis limbah dengan persentase tertentu, yaitu tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebanyak 23% atau sekitar 230 kg, cangkang (*shell*) sebesar 6,5% atau 65 kg, padatan *decanter* basah (lumpur sawit) sebesar 4% atau 40 kg, serabut (*fiber*) sebanyak 13% atau 130 kg, serta limbah cair yang mencapai sekitar 50% dari total berat bahan baku. Salah satu limbah yang dihasilkan dari perkebunan kelapa sawit adalah cangkang sawit, yaitu produk samping dari pengolahan kelapa sawit yang menyumbang sekitar 60% dari total produksi minyak.

Pada penelitian Widyastuti dkk (2013) karbon aktif yang berasal dari cangkang sawit diaktivasi menggunakan larutan H_3PO_4 dengan konsentrasi 10%. Pemilihan H_3PO_4 didasarkan pada stabilitas termalnya yang tinggi serta karakteristik kovalen yang kuat, sehingga diharapkan dapat meningkatkan

kapasitas adsorpsi dan memaksimalkan efektivitas karbon aktif sebagai adsorben gas. Senyawa H_3PO_4 berfungsi sebagai agen pengaktif yang mampu menghilangkan senyawa pengotor non-karbon, sehingga struktur pori pada karbon terbuka lebih optimal. Melalui proses aktivasi kimia, karbon hasil karbonisasi mengalami peningkatan daya serap, yang sebelumnya rendah menjadi lebih tinggi. Selain itu, aktivasi kimia juga berperan dalam mengurangi ukuran rata-rata pori, meningkatkan luas permukaan spesifik, serta menghasilkan material karbon dengan struktur berpori yang lebih berkembang.

Cangkang sawit memiliki kandungan bahan seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang berpotensi dimanfaatkan dalam produksi arang aktif sebagai adsorben (Susanto dkk., 2017). Penelitian sebelumnya telah banyak dilakukan mengenai pembuatan karbon aktif dari berbagai bahan, seperti yang tercatat dalam Penelitian Lestari dkk, (2021) melakukan uji karakteristik karbon aktif dari cangkang sawit yang telah menunjukkan bahwa karbon aktif berbasis magnetit- Fe_3O_4 efektif digunakan sebagai adsorben untuk zat warna Remazol Yellow. Dalam penelitian ini, karbon aktif yang berasal dari cangkang kelapa sawit dikompositkan dengan magnetit Fe_3O_4 menggunakan metode kopresipitasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimal untuk adsorpsi tercapai pada pH 2 dengan efisiensi penyerapan sebesar 84,613%, waktu kontak optimal 45 menit dengan efisiensi 71,79%, dan konsentrasi optimal pada 45 mg/L dengan efisiensi penyerapan mencapai 80,82%. Penelitian ini memberikan dasar bagi pengembangan metode pengolahan limbah pewarna menggunakan adsorben karbon aktif.

Salah satu permasalahan lingkungan yang timbul adalah limbah cair dari proses produksi batik yang melibatkan penggunaan bahan kimia dan zat warna reaktif (Siswanti dkk.,2024). Pewarna yang digunakan dalam proses pewarnaan terdiri dari dua jenis, yaitu pewarna alami dan pewarna sintetis. Karena harga pewarna alami yang relatif tinggi, produsen atau pengrajin batik cenderung memilih pewarna sintetis atau buatan (Apriyani, 2018). Oleh karena itu, diperlukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair yang mengandung zat warna reaktif dan bersifat toksik. Salah satu zat warna yang terdapat dalam limbah batik adalah *Indigosol Blue*. Kandungan zat warna batik seperti *Indigosol Blue* dan senyawa organik lainnya semakin meningkat dalam limbah cair batik. Kondisi ini menyebabkan kebutuhan oksigen untuk menguraikan semua bahan organik dalam limbah tersebut semakin besar. Akibatnya, nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair batik juga mengalami peningkatan (Fitriana dan Maya, 2020).

Dalam kajian Herfiani dkk, (2017) *Indigosol Blue* 04-B merupakan salah satu zat warna sintetis yang sering digunakan karena mampu menghasilkan warna yang baik, namun sulit terurai. Kondisi ini dapat berdampak negatif, yakni menghasilkan limbah zat warna dari proses pewarnaan yang secara tidak langsung berpotensi menimbulkan masalah. Pada umumnya, limbah hasil pewarnaan tersebut sering kali dibuang ke selokan, sungai, atau perairan lain tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu (Enrico.,2019). *Indigosol Blue* merupakan pewarna sintetis dari golongan Antraquinon yang memiliki ikatan molekul -NH dan C=C. Pewarna ini sering digunakan dalam industri tekstil sebagai pewarna biru. Pewarna sintetis ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap degradasi kimia dan fotolitik. Akibatnya, ketika limbah tekstil yang mengandung pewarna ini dilepaskan ke lingkungan, pewarna tersebut dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama dan terakumulasi hingga mencapai konsentrasi tertentu, yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Limbah pewarna ini memiliki struktur ikatan kimia yang sangat stabil dan tergolong dalam kategori *non-biodegradable*. Selain itu, tingginya intensitas warna dapat memengaruhi estetika lingkungan dan berpotensi menimbulkan bau tidak sedap (Herfiani dkk., 2017).

Menurut penelitian yang dilakukan Lestari dkk, (2021) berbagai metode telah dikembangkan untuk mengatasi polutan dalam limbah pewarna, di antaranya adalah pengolahan biologis, koagulasi atau flokulasi, ozonisasi, filtrasi membran, pertukaran ion, degradasi fotokatalitik, dan adsorpsi. Teknologi adsorpsi berbasis non-kimia menunjukkan keunggulan signifikan dalam hal efisiensi ekonomi dan efektivitas operasional. Adsorben yang umum digunakan meliputi karbon aktif, zeolit, tanah liat, polimer biodegradable, dan sorben berbasis polimer sintetis. Namun, berbagai adsorben tersebut memiliki keterbatasan, seperti kapasitas adsorpsi yang relatif rendah dan tantangan dalam proses pemisahan dari larutan. Karbon aktif, meskipun berperan penting sebagai adsorben dalam pengolahan air, juga memiliki keterbatasan, terutama terkait kesulitan dalam proses pemisahan karbon dari air. Penggabungan nanopartikel magnetik oksida besi dengan karbon aktif menghasilkan bahan komposit baru yang memiliki kemampuan adsorpsi sekaligus merespons medan magnet eksternal. Sifat magnetik ini dimanfaatkan untuk memisahkan partikel adsorben dari cairan limbah yang telah menyerap kontaminan, menggunakan magnet permanen. Dengan demikian, proses penyaringan untuk memulihkan partikel karbon aktif dari cairan dapat dieliminasi (Fisli dkk., 2012).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, Penelitian ini bertujuan membuat suatu adsorben magnetik komposit karbon aktif-oksida besi yang akan

digunakan menyerap zat warna dalam larutan. Maka penulis ingin melakukan suatu penelitian dengan judul **"Karakterisasi Material Komposit Karbon Aktif/ Fe_3O_4 Dari Cangkang Sawit (*Elaeis guineensis*) Yang Diaktivasi H_3PO_4 Sebagai Adsorben Zat Warna Indigosol Blue**". Pada penelitian ini dilakukan sintesis Karbon aktif Magnetit- Fe_3O_4 yang berasal dari cangkang kelapa sawit. Hasil sintesis kemudian dikarakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis dan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk melihat energi gap serta gugus fungsi dari Karbon aktif Magnetit- Fe_3O_4 . Sebelumnya Karbon aktif yang berasal dari cangkang kelapa sawit juga diuji kualitasnya. Kemampuan sampel dalam mengadsorpsi senyawa target kemudian dilakukan dengan uji adsorpsi terhadap zat warna *Indigole blue*.

1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Industri pengolahan minyak sawit menghasilkan limbah padat dan cair yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu limbah yang berpotensi dimanfaatkan adalah cangkang sawit, yang dapat dikembangkan sebagai bioadsorben. Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses pembuatan komposit karbon aktif / Fe_3O_4 dari cangkang sawit menggunakan aktivator H_3PO_4 ?
2. Bagaimana karakteristik komposit karbon aktif / Fe_3O_4 yang dihasilkan, berdasarkan analisis menggunakan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), Spektrofotometer UV-VIS, UV-Vis DRS dan *Fourier transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)?
3. Bagaimana efektivitas komposit karbon aktif / Fe_3O_4 dalam mengadsorpsi zat warna *Indigosol Blue*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk mengkaji proses pembuatan komposit karbon aktif / Fe_3O_4 dari cangkang sawit melalui aktivasi dengan H_3PO_4 .
2. Untuk menganalisis karakteristik komposit karbon aktif / Fe_3O_4 yang dihasilkan, berdasarkan analisis menggunakan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), Spektrofotometer UV-VIS, UV-Vis DRS dan *Fourier transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).
3. Untuk mengevaluasi efektivitas komposit karbon aktif / Fe_3O_4 yang diaktivasi dengan H_3PO_4 dalam adsorpsi zat warna *Indigosol Blue*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian adalah :

1. Melalui penelitian ini, penulis akan memperoleh pengetahuan mendalam tentang proses karakterisasi karbon aktif berlapis magnetit Fe_3O_4 dari cangkang sawit (*Elaeis guineensis*) yang diaktivasi menggunakan H_3PO_4 . Selain itu, penulis akan memahami mekanisme adsorpsi dan penerapan karbon aktif ini dalam pengolahan limbah zat warna *Indigosol Blue*. Penulis juga akan mendapatkan pengalaman praktis dalam eksperimen laboratorium, analisis data, dan karakterisasi material, yang penting untuk pengembangan karier akademik atau profesional di bidang material dan lingkungan.
2. Bagi industri batik, pemanfaatan komposit karbon aktif / Fe_3O_4 yang berasal dari cangkang sawit sebagai adsorben untuk pengolahan limbah zat warna *Indigosol Blue* berpotensi menjadi solusi yang efektif dan ekonomis dalam upaya pengurangan pencemaran lingkungan, sehingga mendukung peningkatan keberlanjutan operasional industri tersebut.
3. Penelitian mengenai karakterisasi komposit karbon aktif / Fe_3O_4 dari cangkang sawit (*Elaeis guineensis*) yang diaktivasi menggunakan H_3PO_4 sebagai adsorben untuk zat warna *Indigosol blue* berpotensi meningkatkan reputasi universitas sebagai institusi yang aktif dalam penelitian berkelanjutan dan inovatif, terutama di bidang pengelolaan limbah industri dan pengembangan material ramah lingkungan. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan kurikulum dan materi ajar yang lebih relevan dan terkini di bidang fisika material, teknik lingkungan, dan ilmu material. Selain itu, penelitian ini membuka peluang kolaborasi dengan industri dan lembaga penelitian lainnya, memperkuat hubungan antara universitas dan sektor-sektor yang membutuhkan solusi material untuk aplikasi pengolahan limbah berkelanjutan.
4. Penelitian ini menawarkan pendekatan baru bagi industri kelapa sawit dalam memanfaatkan limbah cangkang sawit yang umumnya kurang bernilai menjadi produk komposit karbon aktif / Fe_3O_4 dengan potensi aplikasi sebagai adsorben zat warna *Indigosol Blue*. Inovasi ini tidak hanya meningkatkan nilai tambah dari produk samping industri kelapa sawit tetapi juga membuka peluang bisnis baru dalam produksi material adsorben yang ramah lingkungan.