

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Perbandingan rasio karbon aktif berpengaruh terhadap efektivitas penurunan parameter pencemar limbah batik. Variasi rasio karbon aktif menunjukkan kemampuan yang berbeda dalam menurunkan kadar warna dan COD limbah. Rasio karbon aktif 1:1 memberikan hasil paling optimal dibandingkan rasio 1:2 dan 2:1 karena menghasilkan keseimbangan yang baik antara kemampuan adsorpsi karbon aktif dan aktivitas fotokatalitik  $\text{TiO}_2$ . Pada kondisi tersebut, proses degradasi zat warna dan senyawa organik berlangsung lebih efektif sehingga menghasilkan penurunan parameter pencemar yang lebih besar.
2. Variasi massa karbon aktif yang dikompositkan dengan  $\text{TiO}_2$  juga mempengaruhi efektivitas pengolahan limbah batik. Semakin besar massa karbon aktif yang digunakan, maka luas permukaan adsorben dan jumlah situs aktif yang tersedia semakin meningkat. Variasi massa karbon aktif 3 gram memberikan hasil terbaik dibandingkan massa 2 gram dan 2,5 gram karena mampu menghasilkan penurunan warna dan COD paling tinggi serta meningkatkan nilai pH mendekati kondisi netral. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan massa karbon aktif mampu meningkatkan proses adsorpsi dan mendukung kinerja fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  secara lebih optimal.
3. Lama waktu penyinaran sinar UV-A berpengaruh terhadap kinerja fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -karbon aktif dalam menurunkan parameter pencemar limbah batik. Semakin lama waktu penyinaran, maka proses pembentukan radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ) oleh  $\text{TiO}_2$  berlangsung semakin optimal sehingga degradasi senyawa organik dan zat warna meningkat. Variasi waktu penyinaran 90 menit memberikan hasil paling efektif dibandingkan waktu 30 menit dan 60 menit. Kondisi optimum penelitian diperoleh pada rasio karbon aktif 1:1, massa

karbon aktif 3 gram, dan waktu penyinaran 90 menit karena menghasilkan penurunan warna dan COD terbesar serta kondisi pH yang lebih stabil mendekati netral. Secara statistik melalui uji korelasi *Spearman's rho* ( $p < 0,05$ ), seiring berjalannya waktu penyinaran terdapat hubungan positif yang sangat kuat dan searah antara penurunan kadar warna dengan penurunan COD pada kelompok variasi gabungan ( $r = 0,876$ ), yang terbukti jauh lebih stabil dan efektif secara simultan dibandingkan dengan kelompok kontrol bahan tunggal ( $r = 0,652$ ).

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan serta keterbatasan dalam pelaksanaannya, penulis menyadari bahwa masih terdapat ruang untuk pengembangan lebih lanjut guna memperoleh hasil yang lebih optimal dan aplikatif. Oleh karena itu, beberapa saran berikut diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan efektivitas fotokatalis komposit TiO<sub>2</sub>-Karbon Aktif.

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian parameter pencemar yang lebih lengkap, seperti BOD, TSS, dan kandungan logam berat, sehingga efektivitas komposit TiO<sub>2</sub>-karbon aktif dalam pengolahan limbah batik dapat diketahui secara lebih menyeluruh. Selain itu, pengujian karakterisasi tambahan seperti XRD, BET, dan UV-Vis DRS perlu dilakukan untuk mengetahui sifat kristalinitas, luas permukaan spesifik, dan kemampuan penyerapan cahaya dari komposit yang dihasilkan. Disarankan pula untuk melakukan pengujian SEM-EDX terhadap komposit yang telah diaplikasikan (setelah proses treatment) guna mengetahui perubahan morfologi permukaan serta mengidentifikasi elemen atau gugus polutan apa saja yang bertambah setelah material mengalami kontak langsung dengan air limbah.
2. Penelitian berikutnya disarankan menggunakan metode sintesis komposit yang lebih optimal agar distribusi partikel TiO<sub>2</sub> pada permukaan karbon aktif menjadi lebih homogen. Metode seperti sol-gel atau hydrothermal dapat digunakan

untuk meningkatkan interaksi antara  $\text{TiO}_2$  dan karbon aktif sehingga aktivitas fotokatalitik material menjadi lebih baik. Selain itu, perlu dilakukan pengujian penggunaan ulang (reusability) komposit guna mengetahui stabilitas dan ketahanan material setelah digunakan beberapa kali dalam proses pengolahan limbah.

3. Dalam pengembangan skala aplikasi, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan volume limbah yang lebih besar dan kondisi operasional yang mendekati kondisi industri sebenarnya. Penggunaan sumber cahaya alami seperti sinar matahari juga dapat dikaji sebagai alternatif pengganti lampu UV-A guna meningkatkan efisiensi energi dan menekan biaya operasional. Dengan demikian, komposit  $\text{TiO}_2$ –karbon aktif diharapkan dapat diaplikasikan secara lebih efektif sebagai teknologi pengolahan limbah batik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.