

INTISARI

Ciprofloxacin adalah antibiotik yang cukup penting dan banyak digunakan. *Ciprofloxacin* digolongkan sebagai senyawa yang cukup persisten. Proses metabolisme *ciprofloxacin* akan mengeluarkan *ciprofloxacin* dalam bentuk tidak berubah sebanyak 45-62% melalui urin. Hal ini dapat menyebabkan cemaran *ciprofloxacin* dalam air limbah dan air permukaan jika tidak diolah dengan baik. Cemaran dapat menimbulkan perhatian akan dampak bagi kesehatan maupun dampak lingkungan berupa timbulnya bakteri resisten. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi degradasi *ciprofloxacin* melalui jalur fotokatalisis menggunakan fotokatalis TiO₂@PANI beserta variabel-variabel yang berpengaruh terhadap jalannya fotokatalisis.

Fotokatalis TiO₂@PANI disintesis menggunakan anatase TiO₂ nanopartikel (<25 nm) yang dikompositkan dengan polianilin (PANI). Anilin dilapiskan di permukaan TiO₂ dan dipolimerisasi menggunakan oksidator amonium peroksidisulfat (APS) dan HBr sebagai *dopant*. *Loading* TiO₂ dalam komposit divariasikan mulai dari 0%-100%. Komposit selanjutnya dipirolisis pada berbagai suhu hingga 500°C. Material yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan *ash content analysis*, SEM-EDX, FTIR, *N₂ sorption analysis*, dan XRD. Fotokatalis yang didapatkan selanjutnya digunakan untuk mendegradasi air limbah model *ciprofloxacin* 10 ppm menggunakan proses degradasi 1 langkah. Variasi daya lampu dan *recyclability analysis* juga dilakukan. Enam model kinetika selanjutnya dibuat untuk mempelajari perilaku dari degradasi *ciprofloxacin* menggunakan fotokatalis TiO₂@PANI.

Hasil analisis kadar abu menunjukkan adanya pengaruh rasio antara TiO₂ dan anilin terhadap *loading* TiO₂. Hasil SEM-EDX menunjukkan keberhasilan *coating* PANI di permukaan TiO₂. Hasil dari analisis FTIR menunjukkan atom nitrogen tetap berada dalam *backbone* PANI dalam keadaan aromatik. Hasil *N₂ sorption analysis* menunjukkan luas permukaan terbesar dicapai pada suhu pirolisis 400°C. *Hysteresis* pada kurva *isotherm* mengkonfirmasi keberadaan mesopori. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa fase kristal TiO₂ tetap berada di anatase pada suhu pirolisis 500°C. Enam model kinetika degradasi disusun mencakup asumsi homogen dan heterogen, serta mencakup model empirik dan mekanistik. Model heterogen mekanistik, model heterogen orde 1 dan model pseudo-homogen orde 1 dapat memodelkan proses degradasi *ciprofloxacin* dengan baik. Analisis Vis-Spektrofotometri menunjukkan degradasi secara hampir sempurna telah terjadi. Suhu pirolisis 400°C memberikan performa degradasi yang paling baik dengan nilai *k_{app}* orde 1 mencapai 0,03489 /menit. Pengaruh *loading* TiO₂ dan daya lampu adalah berbanding lurus dengan performa degradasi *ciprofloxacin*. Pada *loading* TiO₂ 0%-100%, didapatkan nilai *k_{app}* orde 1 berkisar 0,00378-0,02476 /menit. Aktivasi dengan H₂O₂ memberikan perbaikan performa degradasi *ciprofloxacin* pada suhu pirolisis rendah. TiO₂@PANI memiliki *recyclability* yang lebih baik dibanding TiO₂. TiO₂@PANI juga bisa mendegradasi antibiotik pada *moiety* yang sama dan berbeda dengan *ciprofloxacin*. Hasil penelitian menunjukkan TiO₂@PANI adalah material fotokatalis yang cukup menjanjikan untuk dikembangkan untuk *advance wastewater treatment* pada limbah farmasetika.

Kata kunci: *Ciprofloxacin*, Fotokatalis, Komposit, TiO₂, PANI.

ABSTRACT

Ciprofloxacin is a significant and amongst most consumed antibiotic. Ciprofloxacin is classified as persistent antibiotic. Metabolism process of ciprofloxacin will excrete ciprofloxacin in unchanged form about 45-62% via urine. This phenomenon leads to ciprofloxacin contamination in environment. Ciprofloxacin contamination is raising concern for its impact on human health as well as to environment by the emergence of resistant bacterias. Current research is aimed to explore ciprofloxacin degradation via photocatalytic process by utilizing TiO₂@PANI as well as its contributing variables.

TiO₂@PANI photocatalyst was synthesized by nanoparticles TiO₂ (<25 nm) anatase which composited with polyaniline (PANI). Aniline is coated into TiO₂ surface prior to polymerization. Polymerization process utilize ammonium peroxydisulphate (APS) as oxidator and HBr as dopant. The loading of TiO₂ is varies from 0% to 100%. Composites then pyrolyzed in various temperature, start from unpyrolyzed to 500°C. Obtained photocatalyst material then characterized by ash content analysis, SEM-EDX, FTIR, N₂ sorption analysis, and XRD. Obtained photocatalyst then utilized to degrade model wastewater containing 10 ppm ciprofloxacin via one step degradation process. Variation of UV lamp power and recyclability analysis is conducted. Six kinetic models are developed in intended to get better understanding about photocatalytic process using TiO₂@PANI.

Ash content analysis result shows that ratio of TiO₂/ANI has positive impact to the value of TiO₂ loading. Result of SEM-EDX analysis shows the successful attempt to coat TiO₂ surface with PANI. The result of FTIR analysis shows that nitrogen atom is still attached into PANI backbone with aromatic manner after pyrolysis. N₂ sorption analysis shows that optimum surface area is reached at pyrolysis temperature 400°C. Hysteresis at isotherm curve confirmed the mesoporous manner of the pores. XRD analysis shows that crystal phase of TiO₂ is kept in anatase at pyrolysis temperature 500°C. Kinetic model development resulting 6 models, including homogenous and heterogenous model, as well as empiric and mechanistic model. Heterogenous mechanistic model, heterogenous 1st model and pseudo-homogenous 1st order model shows a good fit with experimental data. VIS-Spectrophotometric analysis shows that near complete ciprofloxacin degradation is obtained. Pyrolysis temperature 400°C gives best degradation performance with k_{app} for pseudo-1st order model is 0.03489 min⁻¹. The effect of TiO₂ and UV lamp power shows positive relation with ciprofloxacin degradation performance. For TiO₂ loading value 0%-100%, gives k_{app} for pseudo-1st order varies from 0.00378 to 0.02476 min⁻¹. Activation of photocatalyst with H₂O₂ gives performance improvement at low-temperature-pyrolyzed photocatalyst. TiO₂@PANI gives better recyclability properties than bare TiO₂. TiO₂@PANI also shows excellent performance to degrade another antibiotic with the same and different moiety. TiO₂@PANI is a promising material for advance wastewater treatment, especially for pharmaceutical wastewater to suppress its effect to environment.

Keywords: Ciprofloxacin, Photocatalyst, Composite, TiO₂, PANI