

ABSTRAK

Pencemaran lingkungan akibat limbah industri, terutama zat pewarna organik seperti rhodamin B, menjadi masalah serius yang mengancam ekosistem air. Zat ini banyak digunakan dalam industri tekstil, kertas, dan kosmetik, sulit terurai secara alami dan bersifat karsinogenik. Adsorpsi merupakan metode yang efektif untuk menghilangkan zat warna ini. Silika gel dari abu ampas tebu yang kaya akan silika telah disintesis dengan menggunakan metode sol-gel. Untuk meningkatkan kemampuan menghilangkan polutan Rhodamin B, silika digabungkan dengan titanium dioksida (TiO_2) menjadi komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ melalui teknik impregnasi. Komposit ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi fotodegradasi, yaitu proses penguraian senyawa organik menggunakan sinar UV, sehingga dapat menjadi solusi yang lebih efektif dan ramah lingkungan dalam membersihkan air limbah dari rhodamin B. Penelitian ini bertujuan menghasilkan silika gel dan komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ berbasis abu ampas tebu, menentukan karakteristik material yang dihasilkan, dan mengevaluasi kemampuan fotokatalitik keduanya dalam mendegradasi rhodamin B pada variasi waktu tertentu.

Proses penelitian dimulai dengan mempersiapkan abu ampas tebu melalui pemanasan pada suhu 600°C selama 6 jam. Abu ampas tebu kemudian dihaluskan, dicuci, dan dikeringkan. Silika gel disintesis dari abu ampas tebu menggunakan metode sol-gel dengan penambahan NaOH untuk menghasilkan natrium silikat. Natrium silikat kemudian dicampur dengan HCl hingga membentuk gel, yang kemudian dikeringkan untuk mendapatkan silika. Untuk meningkatkan kinerjanya, silika digabungkan dengan TiO_2 menggunakan metode impregnasi. Silika gel dan komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ yang dihasilkan diuji karakteristiknya menggunakan FTIR, GSA, SEM-EDX, XRD, dan UV-Vis DRS. Terakhir, uji fotodegradasi dilakukan untuk melihat efektivitas silika gel dan komposit dalam mengurai zat pewarna rhodamin B.

Penelitian menunjukkan bahwa komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ berhasil mendegradasi rhodamin B dengan efisiensi lebih tinggi dibandingkan silika gel. Karakterisasi material menggunakan FTIR mengidentifikasi keberadaan gugus Si-OH dan Si-O-Si pada silika gel, serta Ti-O-Si pada komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$. Analisis GSA mengungkapkan bahwa silika gel memiliki luas permukaan dan volume pori yang lebih besar. SEM-EDX menunjukkan permukaan komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ yang lebih halus dengan distribusi partikel yang merata. Data XRD mengindikasikan bahwa TiO_2 dalam komposit sebagian besar berada dalam fase anatase, sedangkan silika gel bersifat amorf. Spektrum UV-Vis DRS menunjukkan penurunan energi celah pita pada komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, yang meningkatkan penyerapan cahaya UV dan efisiensi fotokatalitik. Uji fotokatalitik menunjukkan bahwa komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ mampu mendegradasi rhodamin B dengan efisiensi 84,70% setelah 70 menit paparan UV, jauh lebih tinggi dibandingkan silika gel yang hanya mencapai 11,80%. Model kinetika *pseudo* orde kedua terbukti lebih sesuai untuk menggambarkan proses degradasi ini.

Kata kunci : silika gel, komposit $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, abu ampas tebu, adsorpsi, fotodegradasi, rhodamin B.

ABSTRACT

Environmental pollution caused by industrial waste, particularly organic dyes such as rhodamine B, poses a serious threat to aquatic ecosystems. This substance is widely used in the textile, paper, and cosmetics industries, is not easily biodegradable, and is carcinogenic. Adsorption is an effective method for removing this dye. Silica gel derived from sugarcane bagasse ash, rich in silica, has been synthesized using the sol-gel method. To enhance its ability to remove rhodamine B pollutants, silica was combined with titanium dioxide (TiO_2) to form a $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composite through the impregnation technique. This composite is expected to improve photodegradation efficiency, a process of breaking down organic compounds using UV light, providing a more effective and environmentally friendly solution for treating wastewater contaminated with rhodamine B. This study aims to produce silica gel and $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composites from sugarcane bagasse ash, determine the characteristics of the resulting materials, and evaluate their photocatalytic ability to degrade rhodamine B over varying time intervals.

The research process begins with preparing bagasse ash by heating it at 600°C for 6 hours. The bagasse ash is then ground, washed, and dried. Silica gel is synthesized from the bagasse ash using the sol-gel method, where the ash is mixed with NaOH to produce sodium silicate, which is then mixed with HCl to form a gel. This gel is subsequently dried to obtain silica. To improve its performance, the silica is combined with TiO_2 using the impregnation method. The resulting silica gel and $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composite are characterized using FTIR, GSA, SEM-EDX, XRD, and UV-Vis DRS techniques. Finally, a photodegradation test is conducted to assess the effectiveness of the silica gel and composite in degrading rhodamine B dye.

The results indicate that the $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composite effectively degrades rhodamine B with higher efficiency than the silica gel alone. Characterization using FTIR identifies the presence of Si–OH and Si–O–Si functional groups in the silica gel, as well as Ti–O–Si groups in the $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composite. GSA analysis reveals that the silica gel has a greater surface area and pore volume. SEM-EDX images show that the $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composite has a smoother surface and more evenly distributed particles. XRD data confirm that TiO_2 in the composite primarily exists in the anatase phase, while the silica gel remains amorphous. UV-Vis DRS spectra demonstrate a decrease in band gap energy for the $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composite, enhancing its ability to absorb UV light and improving its photocatalytic efficiency. In photocatalytic tests, the $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composite degrades 84.70% of rhodamine B after 70 minutes of UV exposure, significantly surpassing the 11.80% degradation achieved by silica gel alone. The pseudo-second-order kinetic model best describes this degradation process.

Keywords : silica gel, $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ composite, bagasse ash, adsorption, photodegradation, rhodamine B.