

INTISARI

Pada penelitian ini dilakukan sintesis dan modifikasi karbon dot (carbon dot/CD) dari plastik *high density polyethylene* (HDPE) dengan gugus heteroatom sebagai sensor Fe³⁺, serta modifikasi CD dengan magnetit (Fe₃O₄) dan polipirrol (PPy) sebagai fotokatalis oksidasi benzil alkohol menjadi benzaldehid. Beberapa optimasi dilakukan pada pembuatan CD seperti konsentrasi oksidator H₂O₂, metode pirolisis-hidrotermal (PH), dan pirolisis-sonikasi-hidrotermal (PSH). Metode PH juga digunakan untuk pembuatan CD termodifikasi gugus heteroatom meliputi sulfur (S-CD), nitrogen-sulfur (N-S-CD), dan nitrogen (N-CD). Gugus sulfur, nitrogen-sulfur, dan nitrogen diperoleh dengan penambahan natrium tiosianat, tiourea, dan urea secara berurutan. Modifikasi CD dengan Fe₃O₄ dan PPy dilakukan dalam beberapa tahapan. Tahap pertama dilakukan sintesis Fe₃O₄ menggunakan metode presipitasi antara besi (III) klorida dengan besi (II) sulfat dan amonium hidroksida. Pada tahap kedua dilakukan optimasi sintesis Fe₃O₄/CD dengan pencampuran Fe₃O₄ dan CD pada temperatur 60 °C. Tahap ketiga, Fe₃O₄/CD ditambahkan dengan campuran larutan pirol dan asam klorida, kemudian diaduk pada temperatur ruang serta penambahan H₂O₂ untuk memperoleh Fe₃O₄/CD/PPy. Karakterisasi sifat optik dari CD dan CD termodifikasi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dan fluoresensi, sedangkan struktur dan komposisi menggunakan spektroskopi Raman, IR, XRD, TEM, SAED, EDS, zetasizer, *elemental analyzer*, dan XPS. Selain itu, sifat kemagnetan, luas permukaan, dan termal dari CD termodifikasi Fe₃O₄ dan PPy dianalisis menggunakan VSM, SSA, dan TG-DTA. Potensi CD dan CD termodifikasi sebagai sensor Fe³⁺ dan fotokatalis reaksi oksidasi benzil alkohol menjadi benzaldehid, masing-masing diuji menggunakan spektrofotometer fluoresensi dan GC.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi PH dan PSH dapat menghasilkan CD dari plastik HDPE dengan waktu sintesis yang lebih singkat (< 12 jam) yaitu masing-masing 10 (PH6j) dan 9 jam (PS1H4). Selain itu, adanya modifikasi CD dengan nitrogen dan nitrogen-sulfur dapat meningkatkan QY dari 10,04 (CD PH) menjadi 16,20% (N-S-CD), dan 20,03% (N-CD). Analisis sensor menunjukkan CD PH, CD PSH, dan N-S-CD bersifat selektif untuk deteksi Fe³⁺, namun N-CD tidak selektif mendeteksi ion Fe³⁺. CD PSH memiliki LOD paling rendah (6,78 µM) dibandingkan CD PH (9,50 µM) dan N-S-CD (33,16 µM), namun N-S-CD memiliki rentang linearitas lebih luas yaitu 0–600 µM dibandingkan CD PH (0–100 µM) dan CD PSH (0–60 µM). Selain itu, CD PSH telah berhasil digunakan sebagai sensor Fe³⁺ pada air keran dengan %Recovery 88,25–95,33% dan %RSD yang kurang dari 5%.

Dalam pembuatan nanokomposit Fe₃O₄/CD, massa Fe₃O₄ dan volume CD untuk menghasilkan nanokomposit dengan sifat optik paling optimal dilihat dari energi celah pita langsung dan tidak langsung paling rendah (2,44 eV dan 2,25 eV) yaitu masing-masing 100 mg dan 60 mL (Fe₃O₄ 100/CD 60). Konsentrasi PPy untuk menghasilkan nanokomposit Fe₃O₄/CD/PPy yang memiliki sifat optik paling optimal dilihat dari energi celah pita langsung dan tidak langsung paling rendah (2,34 eV dan 1,88 eV) yaitu 100 mM (Fe₃O₄ 100/CD 60/PPy 100). CD dan CD termodifikasi telah digunakan sebagai fotokatalis reaksi oksidasi benzil alkohol dan

diketahui bahwa N-CD dapat menghasilkan rendemen benzaldehida lebih besar (24%) dibandingkan CD (13%) dengan selektivitas 100%. Nanokomposit Fe₃O₄ 100/CD 60/PPy 100 juga telah diuji sebagai fotokatalis oksidasi benzil alkohol dan diketahui dapat menghasilkan produk benzaldehida dengan rendemen mencapai 60% serta selektivitas 100%, namun penggunaan Fe₃O₄/N-CD/PPy diketahui menghasilkan rendemen benzaldehida lebih rendah (35%).

Kata Kunci : Fe₃O₄, fotokatalis, karbon dot, oksidasi, PPy, *quantum yield*, sensor

ABSTRACT

In this research, the synthesis and modification of carbon dots (CD) from HDPE plastic with heteroatom groups as Fe³⁺ sensors were conducted, along with the modification of CD with magnetite (Fe₃O₄) and polypyrrole (PPy) as photocatalysts for the oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde. Several optimizations were carried out in the CD synthesis, including the concentration of H₂O₂ as oxidant, pyrolysis-hydrothermal (PH) and pyrolysis-sonication-hydrothermal (PSH) methods. The PH method was also used for the synthesis of CD modified heteroatom, including sulfur (S-CD), nitrogen-sulfur (N-S-CD), and nitrogen (N-CD). Sulfur, nitrogen-sulfur, and nitrogen groups were obtained by adding sodium thiocyanate, thiourea, and urea, respectively. The modification of CD with Fe₃O₄ and PPy was carried out in several stages. In the first stage, Fe₃O₄ synthesis was performed using the precipitation method between iron (III) chloride and iron (II) sulfate with ammonium hydroxide. In the second stage, the synthesis of Fe₃O₄/CD was optimized by mixing Fe₃O₄ and CD at 60 °C. In the third stage, Fe₃O₄/CD was added to a mixture of pyrrole solution and hydrochloric acid, followed by stirring at room temperature and the addition of H₂O₂ to obtain Fe₃O₄/CD/PPy. The optical properties of CD and modified CD were characterized using UV-Vis and fluorescence spectrophotometers, while the structure and composition were analyzed using Raman, IR, XRD, TEM, SAED, EDS, zetasizer, elemental analyzer, and XPS. Additionally, the magnetic, surface area, and thermal properties of modified CD with Fe₃O₄ and PPy were analyzed using VSM, SSA, and TG-DTA. The potential of CD and modified CD as Fe³⁺ sensors and photocatalysts for the oxidation of benzyl alcohol to benzaldehyde were tested using fluorescence spectrophotometry and GC, respectively.

The results indicate that the combination of PH and PSH can produce CD from HDPE plastic with a shorter synthesis time (<12 h), namely 10 h (PH6j) and 9 h (PS1H4). Furthermore, the modification of CD with nitrogen and nitrogen-sulfur can increase the quantum yield (QY) from 10.04% (CD PH) to 16.20% (N-S-CD) and 20.03% (N-CD). Sensor analysis shows that CD PH, CD PSH, and N-S-CD are selective for detecting Fe³⁺, while N-CD is not selective in detecting Fe³⁺ ions. CD PSH has the lowest limit of detection (LOD) (6.78 µM) compared to CD PH (9.50 µM) and N-S-CD (33.16 µM), but N-S-CD has a wider linear range of 0–600 µM compared to CD PH (0–100 µM) and CD PSH (0–60 µM). Moreover, CD PSH has been successfully used as a Fe³⁺ sensor in tap water with a %Recovery of 88.25–95.33% and %RSD less than 5%.

In the fabrication of Fe₃O₄/CD nanocomposites, the mass of Fe₃O₄ and the volume of CD to produce nanocomposites with the most optimal optical properties, as seen from the lowest direct and indirect band gap energies (2.44 eV and 2.25 eV), were 100 mg and 60 mL, respectively (Fe₃O₄ 100/CD 60). The concentration of PPy to produce Fe₃O₄/CD/PPy nanocomposites with the most optimal optical properties, as seen from the lowest direct and indirect band gap energies (2.34 eV and 1.88 eV), was 100 mM (Fe₃O₄ 100/CD 60/PPy 100). CD and modified CD were used as photocatalysts for the oxidation reaction of benzyl alcohol, and it was found that N-CD could produce a higher benzaldehyde yield (24%) compared to CD

(13%) with 100% selectivity. Fe₃O₄ 100/CD 60/PPy 100 nanocomposites were also tested as photocatalysts for the oxidation of benzyl alcohol, and they were found to produce benzaldehyde with a yield of up to 60% and 100% selectivity, but the use of Fe₃O₄/N-CD/PPy was found to yield a lower benzaldehyde yield (35%).

Keywords : Fe₃O₄, photocatalyst, carbon dot, oxidation, PPy, *quantum yield*