

Pengembangan fotokatalis bermagnet ( $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ ) untuk eliminasi zat organik metilen biru dan paraquat dalam air =  
Development of magnetic photocatalysts ( $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ ) for elimination of organic compounds methylene blue and paraquat in water

Adel Fisli, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20390483&lokasi=lokal>

---

Abstrak

Fotokatalis bermagnet  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$  telah dibuat dengan cara heteroaglomerasi. Fotokatalis bermagnet ini diterapkan dalam reaktor sistem slurry untuk eliminasi zat organik (metilen biru dan paraquat) dalam air. Dan juga, fotokatalis bermagnet ini memberi kemudahan untuk dikumpulkan kembali dengan bantuan medan magnet luar sehingga fotokatalis bekas pakai ini dapat digunakan kembali secara berulang-ulang. Sintesis fotokatalis bermagnet  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$  diawali dengan membuat nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan cara presipitasi menggunakan campuran  $\text{Fe(III)/Fe(II)}$  (rasio mol 2:1) dalam larutan amonia dan kemudian dilapisi dengan  $\text{SiO}_2$  dengan cara hidrolisis ion silikat.  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  yang terbentuk dicampurkan dengan  $\text{TiO}_2$  dengan cara hetero-aglomerasi, untuk memperoleh fotokatalis bermagnet  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ . Dalam penelitian ini, ada dua jenis  $\text{TiO}_2$  komersial yang digunakan, yaitu nanopartikel  $\text{TiO}_2$  Aldrich dan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  P25 Evonik. Fotokatalis bermagnet yang telah dibuat dikarakterisasi dengan berbagai teknik, di antaranya, difraksi sinar-x (XRD) untuk menentukan fasa kristal, zeta potensial meter untuk menentukan muatan permukaan partikel, VSM untuk menentukan sifat kemagnetan, spektrometer FTIR dan Raman untuk identifikasi gugus fungsi dan ikatan logam-okrida, EDS untuk menentukan komposisi unsur permukaan, TEM untuk mengetahui morfologi dan adsorpsi- $\text{N}_2$  untuk menentukan luas permukaan. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa  $\text{TiO}_2$ -Aldrich mengandung fasa anatase 55% dan rutil 45% sedangkan  $\text{TiO}_2$ -P25 Evonik mengandung fasa anatase 86% dan rutil 14%. Fasa magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ),  $\text{TiO}_2$  anatase dan rutil dipertahankan dalam fotokatalis bermagnet yang terbentuk. Dalam tahapan pembentukan bahan, ke dua jenis  $\text{TiO}_2$  telah berhasil menempel secara permanen pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  melalui interaksi elektrostatis gugus hidroksil permukaan masing-masing oksida. Spektrometri FTIR mengamati ikatan Si-O-Ti yang terbentuk, hasil interaksi elektrostatis  $\text{TiO}_2$  dengan  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ , selanjutnya dinotasikan sebagai  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ -Ald dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ -P25. Kedua jenis bahan mempunyai sedikit perbedaan sifat fisika-kimia dan morfologi. Semakin banyak fraksi  $\text{TiO}_2$  dalam bahan maka luas permukaannya semakin turun. Fotokatalis bermagnet yang diperoleh mempunyai sifat magnet cukup baik dan nilai remanent magnetization dan coercivity yang rendah, artinya bahan ini dapat dengan mudah dikumpulkan kembali dari cairan dengan bantuan medan magnet luar dan tanpa medan magnet dapat terdispersi kembali dengan baik dalam air.

$\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ -Ald dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ -P25 yang telah dibuat mampu mengeliminasi metilen biru dan paraquat dalam air melalui proses fotokatalitik, namun demikian aktivitasnya dianggap masih rendah. Diduga terjadi pelemahan aktivitas  $\text{TiO}_2$  yang ada dalam fotokatalis bermagnet akibat dari efek fotodisolusi. Adanya barrier  $\text{SiO}_2$  di antara  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{TiO}_2$ , metilen biru yang terdegradasi meningkat dari 44,2% menjadi 52,3% oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ -Ald dan paraquat yang terdegradasi meningkat dari 16,3% menjadi 45,8% oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ -P25. Aktivitas kedua fotokatalis bermagnet yang punya barrier  $\text{SiO}_2$  ini setara dengan aktivitas rasio fraksi aktif  $\text{TiO}_2$  terhadap  $\text{TiO}_2$  murninya.

Tidak ada kehilangan aktivitas TiO<sub>2</sub> dalam fotokatalis bermagnet setelah diberi barrier SiO<sub>2</sub>. Adanya SiO<sub>2</sub> dalam fotokatalis bermagnet ini juga mampu mengeliminasi senyawa metilen biru dan paraquat melalui proses adsorpsi. Maka dari itu, lebih banyak lagi metilen biru dan paraquat tereliminasi melalui kedua proses. Secara total, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-Ald mampu mengeliminasi metilen biru 87,3% dan paraquat 71,5%. Sedangkan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-P25 mampu mengeliminasi paraquat 82,6%. Kapasitas adsorpsi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-Ald lebih rendah dari kapasitas adsorpsi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-P25, tetapi aktivitas fotokatalitik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-Ald lebih tinggi dari aktivitas fotokatalitik Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-P25. Fotokatalis bermagnet yang dikembangkan menunjukkan kestabilan fotokatalitik paling tidak sampai empat kali pemakaian berulang dan juga masih dapat dikumpulkan kembali dengan mudah dengan bantuan medan magnet luar.

.....

Magnetic photocatalysts of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> have been prepared using heteroagglomeration method. The magnetic photocatalysts were applied in slurry reactor system for elimination of organic compounds (methylene blue and paraquat) in water. In addition, the magnetic photocatalysts are able to be recollected easily with the assistance of an external magnetic field so that the spent composite can be used repeatedly. Synthesis of magnetic photocatalysts of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> were preceded by preparing Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles through precipitation method using mixture of Fe(III)/Fe(II) (2:1 mole ratio) in ammonia solution and further coating with SiO<sub>2</sub> through hydrolysis of silicate ion. The formed Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub> were mixed with TiO<sub>2</sub> in hetero-agglomeration manner, to obtain Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> magnetic photocatalysts. In this study, two type of commercial TiO<sub>2</sub> nanoparticles were used, namely; TiO<sub>2</sub> Aldrich and TiO<sub>2</sub>-P25 Evonik. The prepared magnetic photocatalysts were characterized with various techniques, i.e, x-ray diffraction (XRD) to determine the crystal phase, zeta potensial meter to determine the surface charge of particles, VSM to determine the magnetic properties, FTIR and Raman spectrometer to identify the functional groups and metal-oxide bond, EDS to determine the surface chemical composition, TEM for morphological examination and N<sub>2</sub>-adsorption to determine surface area.

The results of XRD characterization showed that TiO<sub>2</sub>-Aldrich contains 55% of anatase and 45% of rutile, while TiO<sub>2</sub>-P25 Evonik contains 86% of anatase and 14% of rutile. Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), anatase and rutile phase of TiO<sub>2</sub> were retained in the formed composites. In the stage of composite formation, both TiO<sub>2</sub> types have been successfully attached to Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub> via electrostatic interaction of surface hydroxyl group of oxides. FTIR spectrometry analysis revealed the formed Si-O-Ti bond, resulting of electrostatic interaction both TiO<sub>2</sub> and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>. Hence, they were denoted as Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-Ald dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-P25. The both magnetic photocatalysts have a slight different physico-chemical properties and morphology. The more the fraction of TiO<sub>2</sub> in magnetic photocatalysts, the lower its surface area. The obtained magnetic photocatalysts have high saturation magnetization and low coercivity and remanent magnetization value. It means that the magnetic photocatalysts can be still recollected from water with assistance of external magnetic field. In a non-magnetic field, magnetic photocatalyst can be well dispersed in water again. The formed Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub>-Ald and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub>-P25 was able to eliminate methylene blue and paraquat in water by photocatalytic process, nevertheless its activities was low. Allegedly it occurs weakening of TiO<sub>2</sub> activity in magnetic photocatalyst caused by photodissolution effects. The presence of SiO<sub>2</sub> barrier between Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and TiO<sub>2</sub>, the degraded methylene blue was increased from 44.2% to 52.3% by Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-Ald and the degraded paraquat was increased from 16.3% to 45.8% by Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-P25. The photocatalytic activity of the both magnetic photocatalysts which having SiO<sub>2</sub> barrier was equivalent to the

activity of fraction ratio of TiO<sub>2</sub> to its pure TiO<sub>2</sub>.

There was no loss of photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> in magnetic photocatalysts after SiO<sub>2</sub> barrier being introduced. The presence of SiO<sub>2</sub> on magnetic photocatalysts was also able to eliminate methylene blue and paraquat compounds through adsorption process. Therefore, more methylene blue and paraquat eliminated via both process. Totally, the Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-Ald was able to eliminate 87.3% of methylene blue and 71.5% of paraquat. Meanwhile Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-P25 was able to eliminate 82.6% of paraquat. Adsorption capacity of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-Ald was lower than that of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-P25, but photocatalytic activity of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-Ald was higher than that of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>-P25. The developed magnetic photocatalysts show its activity photocatalytic stability and still can be well magnetically separated after being repeatedly used for four times.