

# **Prosiding Seminar Nasional Fisika**

**Aula Pascasarjana UNSRI, 4 Juli 2012**

*Energi, Lingkungan, dan Teknologi Masa Depan:  
Tantangan dan Peluang Ilmu Fisika*

Editor:  
Assaidah  
Erni  
Supardi

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2012**

# PENGARUH NANOPARTIKEL TITANIUM DIOKSIDA (TiO<sub>2</sub>) YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN METODA SIMPLE HEATING TERHADAP KANDUNGAN BESI (Fe) DAN TEMBAGA (Cu) DI DALAM AIR RAWA

Fitri Suryani Arsyad<sup>1\*</sup>, Tuty Emilia Agustina<sup>2</sup>, Novi Yulianti<sup>1</sup>, Firmansyah<sup>1</sup>,  
Devi Anggraeni<sup>1</sup>, Retno Susanti<sup>1</sup> dan Mikrajuddin Abdullah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

<sup>3</sup>Laboratorium Fisika Material Elektronik, ITB

\* Email: fitri\_sa@yahoo.com

## Abstrak

Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) ukuran *bulk* telah berhasil diaplikasikan sebagai fotokatalisis untuk mendekomposisi polutan organik air rawa. Terjadi penurunan kandungan Fe dan Cu dalam air rawa ketika diberi TiO<sub>2</sub> *bulk* dengan konsentrasi 0,1 g dan dijemur selama 3 jam. Kandungan Fe menurun dari 2,67 mg/l menjadi 0,21 mg/l, sedangkan kandungan Cu menurun menjadi 0,1 mg/l dari 0,24 mg/l. Dari hasil ini terlihat bahwa TiO<sub>2</sub> sangat potensial untuk menurunkan kandungan logam-logam berbahaya dalam air rawa. Keunggulan ini akan bertambah jika TiO<sub>2</sub> *bulk* dibuat dalam ukuran nano. Permukaan nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang lebih luas dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub> *bulk* akan menyebabkan partikel TiO<sub>2</sub> menjadi sangat transparan sehingga meningkatkan sifat fotokatalisisnya. Oleh karena itu dalam penelitian ini kami mensintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub> menggunakan metode *simple heating*. Sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub> dilakukan dengan mengoptimasi jumlah polietilen glikol (PEG 200) dan temperatur *annealing*. Optimasi PEG 200 dilakukan dengan memvariasikan jumlah PEG 200 masing-masing sebesar 6 ml, 12 ml, dan 18 ml. Sedangkan optimasi temperatur *annealing* dilakukan pada temperatur 600°C, 650°C, dan 700°C. Dari pola XRD dan foto SEM diperoleh ukuran butir terkecil nanopartikel TiO<sub>2</sub> adalah sebesar 29 nm yang disintesa dengan jumlah PEG sebanyak 12 ml dan temperatur *annealing* sebesar 600°C. Nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang telah disintesis kemudian digunakan untuk mendekomposisi logam-logam Fe dan Cu di dalam air rawa. Dari hasil aplikasi nanopartikel TiO<sub>2</sub> pada air rawa ini diperoleh kandungan Fe menurun dari 0,21 mg/l menjadi 0,15 mg/l, dan kandungan Cu menurun dari 0,1 mg/l menjadi 0,013 mg/l.

Kata kunci : air rawa, Cu, Fe, fotokatalisis, nanopartikel TiO<sub>2</sub>, *simple heating*

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lahan rawa yang cukup luas yaitu sekitar 33,4 juta ha. Sekitar 60% atau 20 juta ha diantaranya merupakan lahan rawa pasang surut dan 40% selebihnya atau sekitar 13,4 juta ha merupakan lahan rawa non pasang surut. Sampai saat ini sekitar 3,9 juta ha dari lahan rawa dengan lokasi yang sebagian besar tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua, telah direklamasi, utamanya untuk pengembangan lahan pertanian. Sumatera Selatan misalnya, sebagian besar wilayahnya di kelilingi oleh daerah rawa yang luasnya lebih dari 1,3 juta hektar (Pusdatarawa, 2012).

Masyarakat Sumatera Selatan yang tinggal di daerah pinggiran rawa pada umumnya memanfaatkan air rawa tersebut untuk kebutuhan sehari-hari mereka seperti mencuci pakaian, mencuci piring, mandi, dan lain sebagainya, padahal air rawa tersebut belum layak dikonsumsi. Air yang baik adalah air yang tidak mengandung bau, rasa, warna, logam-logam berat, dan konduktivitas listrik dalam batas standar. Masyarakat yang tinggal di daerah rawa menggunakan cara konvensional untuk mengolah air rawa yaitu dengan menggunakan pasir sebagai saringan. Cara tersebut kurang efektif karena hanya dapat menghilangkan bau, rasa dan warna tetapi tidak dapat mengurangi jumlah padatan terlarut seperti besi (Fe) dan tembaga (Cu) yang terdapat di dalam air rawa. Standar batas jumlah maksimum padatan terlarut Fe dan Cu dalam air yang ditetapkan departemen kesehatan

masing-masing adalah 0,1-1,0 mg/l dan 0,05-1,5 mg/l. Sedangkan jumlah padatan terlarut Fe dan Cu dalam air rawa masing-masing berkisar antara 2,67 mg/l dan 0,24 mg/l (Retno dkk, 2011). Oleh karena itu, jika air rawa tersebut dikonsumsi langsung, akan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

Dalam penelitian ini, kami mengembangkan metode pengolahan air rawa menggunakan nanopartikel TiO<sub>2</sub>. Metode ini sangat mudah dan murah karena tidak membutuhkan energi yang mahal kecuali energi matahari. Tujuan penelitian ini adalah menurunkan jumlah logam-logam berbahaya yang terlarut di dalam air seperti Fe dan Cu. Studi yang dilakukan adalah sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub> menggunakan metode *simple heating* dengan mengoptimasi parameter sintesis guna mendapatkan nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang berkualitas baik, dan studi pengaruh nanopartikel TiO<sub>2</sub> terhadap kandungan Fe dan Cu dalam air rawa. Melalui penelitian ini diperoleh bahwa nanopartikel TiO<sub>2</sub> sangat efektif dan efisien dalam menurunkan kandungan Fe dan Cu dalam air rawa.

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, kami mensintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub> menggunakan metode *simple heating*. Sintesis dilakukan dengan mengoptimasi jumlah PEG200 sebesar 6 ml – 18 ml dan temperatur *annealing* dari 600°C sampai 700°C.

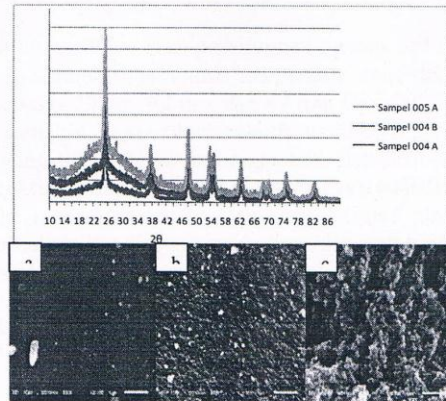
Titanium (IV) chloride tetrahidrofuran (Ti(CIH)<sub>4</sub>) dengan jumlah molaritas yang sesuai, dilarutkan kedalam deionized water. Polyethylene glycol (PEG 200) dalam jumlah sebesar 6 ml, 12 ml, dan 18 ml ditambahkan kedalam larutan disertai pengadukan hingga diperoleh larutan jernih. Larutan kemudian dipanaskan pada suhu di atas 100°C hingga menjadi kental yang kemudian dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu diatas suhu dekomposisi PEG beberapa puluh menit di dalam oven dengan temperatur berkisar 600-700°C sehingga dihasilkan partikel dengan ukuran beberapa puluh nanometer hingga beberapa ratus nanometer. Ukuran partikel dikontrol dengan mengatur jumlah PEG 200, mengatur suhu pemanasan, dan mengatur berapa lama waktu pemanasan dalam oven. Nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang sudah terbentuk kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM untuk mengamati morfologinya, dan XRD untuk mengetahui struktur kristal dan ukuran butirnya. Nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang telah disintesis kemudian diaplikasikan pada air rawa untuk melihat pengaruhnya terhadap jumlah kandungan Fe dan Cu yang terkandung dalam air.

Dalam penelitian ini, selain menggunakan nanopartikel TiO<sub>2</sub>, proses dekomposisi air rawa juga dilakukan dengan menggunakan TiO<sub>2</sub> *bulk*. Tujuannya adalah untuk membandingkan dan melihat pengaruh ukuran butir TiO<sub>2</sub> terhadap penurunan kadar Fe dan Cu di dalam air rawa. Proses dekomposisi air rawa dilakukan dengan variasi konsentrasi sebanyak 0,1 gr, 0,3 gr, dan 0,5 gr baik untuk TiO<sub>2</sub> *bulk* maupun TiO<sub>2</sub> nano. Air rawa yang sudah dicampur dengan partikel TiO<sub>2</sub> kemudian dijemur selama 3 jam penyinaran dibawah sinar matahari. Untuk melihat pengaruh ukuran butir TiO<sub>2</sub> terhadap perubahan kadar Fe dan Cu, air rawa yang telah didekomposisi kemudian dikarakterisasi menggunakan spektroskopik termoelektrik 3D+.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

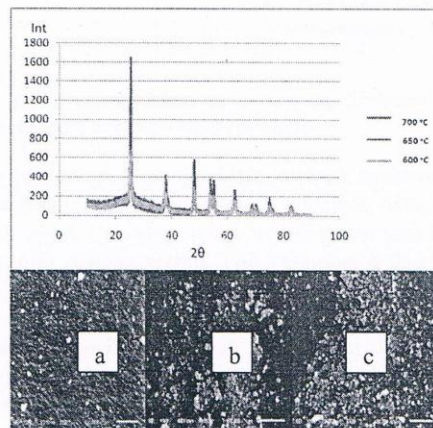
### 1. SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL TiO<sub>2</sub> MENGGUNAKAN METODE SIMPLE HEATING

Gambar 1 adalah gambar pola XRD dan foto SEM sampel nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang disintesa dengan optimasi jumlah PEG 200 masing-masing sebanyak 6 ml (04A), 12 ml (04B), dan 18 ml (05A).



GAMBAR 1. XRD dan Foto SEM nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dengan jumlah PEG200 a) 6 ml (sampel 4A), b) 12 ml (sampel 04B), dan c) 18 ml (sampel 05A).

Dari hasil XRD Gambar 1 terlihat bahwa dengan bertambahnya jumlah PEG200 yang diberikan, intensitas puncak difraksi yang dihasilkan semakin tinggi dan FWHM-nya semakin lebar. Hal ini disebabkan karena semakin banyak rantai PEG, maka semakin merata distribusinya melapisi butiran-butiran atom  $\text{TiO}_2$ . Distribusi PEG yang merata menutupi permukaan atom-atom  $\text{TiO}_2$  akan menghalangi terjadinya aglomerasi atom-atom  $\text{TiO}_2$ , sehingga memperkecil ukuran butirnya (SEM 1a dan 1b). Ukuran butir yang mengecil akan memperlebar FWHM pada pola difraksi sinar-X yang dihasilkan (Linerlinah, 2009). Dari hasil perhitungan ukuran butir dengan metoda *Scherrer* diperoleh nanopartikel yang disintesa dengan jumlah PEG200 sebanyak 6 ml, 12 ml, dan 18 ml, masing-masing memiliki ukuran butir rata-rata sebesar 31 nm, 29 nm, dan 26 nm. Meskipun ukuran butir nanopartikel  $\text{TiO}_2$  yang disintesa dengan jumlah PEG200 sebanyak 18 ml memiliki ukuran butir paling kecil, namun berdasarkan hasil foto SEM (1c) teramati adanya penggumpalan partikel. Hal ini menunjukkan bahwa ada batas optimum jumlah PEG200 yang dibutuhkan untuk melapisi atom-atom  $\text{TiO}_2$  secara sempurna. Karena jika terlalu banyak, maka PEG akan menutupi seluruh permukaan atom dan menghalangi terbentuknya butiran-butiran nano  $\text{TiO}_2$ , seperti terlihat pada Gambar 1c. Oleh karena itu dalam penelitian ini, optimasi temperatur *annealing* dilakukan pada jumlah PEG200 sebanyak 12 ml.

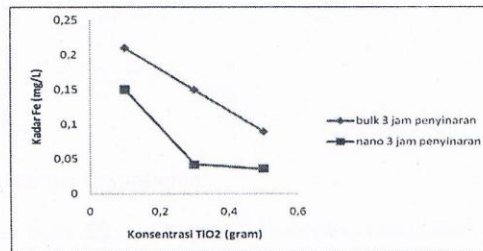


GAMBAR 2. XRD dan Foto SEM dari nanopartikel  $\text{TiO}_2$  yang disintesa dengan temperatur *annealing* masing-masing sebesar 600°C, 650°C, dan 700°C

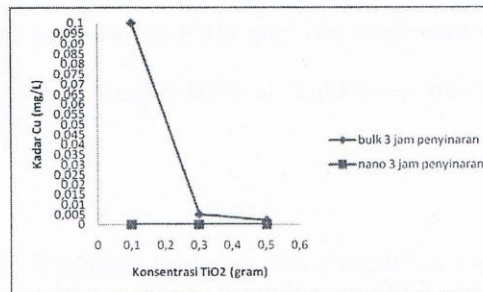
Gambar 2 adalah Pola difraksi sinar-X dan foto SEM nanopartikel  $\text{TiO}_2$  yang disintesa dengan temperatur *annealing* masing-masing sebesar 600°C, 650°C, dan 700°C. Dari hasil XRD terlihat bahwa, semakin besar temperatur *annealing*, semakin menurun intensitasnya puncak-puncak

difraksi yang dihasilkan. Dari perhitungan metode *Scherrer* berdasarkan data XRD tersebut diperoleh ukuran butir nanopartikel untuk temperatur *annealing* 600°C, 650°C, dan 700°C masing-masing diperoleh sebesar 29 nm, 42 nm, dan 47 nm. Dari foto SEM terlihat bahwa semakin tinggi temperatur *annealing* semakin besar ukuran butir nanopartikel TiO<sub>2</sub>. Hal ini disebabkan karena temperatur *annealing* yang tinggi dapat meningkatkan distribusi ion-ion PEG. Ion-ion PEG akan bermigrasi ke kisi-kisi struktur kristal sehingga menyebabkan terjadinya penggumpalan atom-atom titania, seperti terlihat pada Gambar 2b dan 2c. Dari hasil optimasi jumlah PEG dan temperatur *annealing* tersebut di atas terlihat bahwa kondisi optimum diperoleh untuk nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang disintesa dengan jumlah PEG sebesar 12 ml pada temperatur *annealing* 600°C.

## 2. APLIKASI NANOPARTIKEL TiO<sub>2</sub> UNTUK MENURUNKAN KANDUNGAN Fe DAN Cu DI DALAM AIR RAWA.



GAMBAR 3. Kadar Fe di dalam air rawa yang dicampur dengan TiO<sub>2</sub> *bulk* dan TiO<sub>2</sub> *nano* dengan lama penyinaran selama 3 jam di bawah sinar matahari.



GAMBAR 4. Kadar Cu di dalam air rawa yang dicampur dengan TiO<sub>2</sub> *bulk* dan TiO<sub>2</sub> *nano* dengan lama penyinaran selama 3 jam di bawah sinar matahari.

Hasil pengukuran menggunakan metode spektrometri termoelektrik 3D+, kadar besi (Fe) dan tembaga (Cu) di dalam air rawa sebelum ditambah dengan TiO<sub>2</sub> diperoleh sebesar 2,67 mg/L untuk Fe dan 0,24 mg/L untuk Cu. Akan tetapi terjadi penurunan kadar Fe dan Cu yang cukup signifikan ketika air rawa dicampur dengan serbuk TiO<sub>2</sub>. Gambar 4 dan 5 adalah perubahan kandungan Fe dan Cu di dalam air rawa yang dicampur dengan TiO<sub>2</sub> *bulk* dan TiO<sub>2</sub> *nano* dan dijemur selama 3 jam penyinaran di bawah sinar matahari. Dari terlihat bahwa, semakin besar konsentrasi titania (TiO<sub>2</sub>) *bulk* yang diberikan semakin kecil kandungan Fe dan Cu di dalam air rawa. Penurunan yang drastis terjadi ketika TiO<sub>2</sub> *nano* digunakan sebagai katalis. Persentase penurunan kadar besi dan tembaga ini sangat baik yaitu berkisar antara 58 - 99%.

Penurunan kadar besi dan tembaga yang terkandung di dalam air rawa itu disebabkan karena adanya aktivitas TiO<sub>2</sub> yang mengalami reaksi fotodegradasi dengan adanya bantuan sinar UV yang berasal dari cahaya matahari. Permukaan TiO<sub>2</sub> mempunyai sifat yang unik (amphifilik, superhidrofilisitas), dimana pada awalnya (tanpa terkena cahaya UV) bersifat hidrofob. Sementara itu, permukaannya akan berubah menjadi bersifat hidrofil apabila dikenai cahaya UV, dan sifat ini bertahan beberapa saat meskipun sudah tidak terkena sinar UV dan sebelum akhirnya akan kembali bersifat hidrofob (Gunlazuardi, 2000). Sifat amphifilik superhidrofilisitas partikel TiO<sub>2</sub> akibat dari

aktivitas fotodegradasi tersebut akan semakin kuat jika luas permukaannya semakin besar. Oleh karena itu TiO<sub>2</sub> nano akan lebih efisien menurunkan kadar Fe dan Cu dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub> bulk.

Pada permukaan TiO<sub>2</sub> terdapat  $h^+$  merupakan spesi oksidator kuat, yang akan mengoksidasi spesi kimia lainnya yang mempunyai potensial redoks lebih kecil, termasuk dalam hal ini molekul air dan/atau gugus hidroksil yang menghasilkan radikal hidroksil (Gunlazuardi, 2000).

Radikal hidroksil (OH<sup>·</sup>) maupun superoksida (O<sub>2</sub><sup>·-</sup>) akan mengoksidasi polutan organik maupun anorganik dalam air dan terdegradasi menjadi zat yang tidak berbahaya. Radikal-radikal ini akan terus menerus terbentuk selama TiO<sub>2</sub> yang terdapat dalam air disinari oleh sinar UV. Dengan bertambahnya luas permukaan TiO<sub>2</sub> dan radiasi sinar UV yang diberikan, maka foton yang mengenai TiO<sub>2</sub> akan semakin banyak sehingga zat polutan yang terdegradasi akan semakin banyak pula (Wijaya, 2006).

## KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan:

1. Nanopartikel TiO<sub>2</sub> dengan ukuran butir 29 nm berhasil disintesis menggunakan metode *simple heating* dengan jumlah PEG 200 sebesar 12 ml dan temperatur *annealing* 600°C.
2. Nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang disintesis dengan metode *simple heating* tersebut berhasil menurunkan kadar Fe air rawa dari 2,67 mg/l menjadi 0,15 mg/l dan kadar Cu dari 0,24 mg/l menjadi 0,013 mg/l.
3. Kandungan Fe menurun dari 0,15 mg/l menjadi 0,036 mg/l jika konsentrasi nanopartikel TiO<sub>2</sub> meningkat dari 0,1 g menjadi 0,5 g.
4. Kandungan Cu menurun dari 0,013 mg/l menjadi 0,005 mg/l jika konsentrasi nanopartikel TiO<sub>2</sub> meningkat dari 0,1 g menjadi 0,5 g.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, melalui penelitian Hibah Bersaing 2011-2012.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Abdullah, M., (2008), "*Pengantar Nanosains*", Fakultas Matematika and Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung.
2. Arutanti, O. M., Abdullah. Khairurrijal. H., Mahfudz, Agustus (2009), *J. Nano Saintek*. Edisi Khusus
3. Gunzuluardi, J. (2001). *Fotokatalisis pada Permukaan TiO<sub>2</sub>: Aspek Fundamental dan Aplikasinya*, Seminar Nasional Kimia Fisika II, Kimia FMIPA UI, UI.
4. Retno Susanti, Devi Desu, (2012), "*Pengaruh Konsentrasi TiO<sub>2</sub> Bulk Terhadap kandungan Fe, Cu, dan konduktivitas listrik Air Rawa*", Laporan Kerja Praktek Mahasiswa.
5. T., E., Agustina, F., S., Arsyad, M., Abdullah, 2012, "*Pengaruh Jumlah Polyetilen Glycol (PEG) 200 dan Temperatur Annealing Terhadap Struktur dan Morfologi Nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang Disintesis dengan Menggunakan Metode Simple Heating*. Jurnal Purifikasi Teknik Lingkungan FTSP-ITS., (sedang proses)
6. Wijaya, Karna. (2006), *Sintesis TiO<sub>2</sub>/Zeolit sebagai fotokatalisis pada pengolahan limbah cair Industri Tapioka secara Adsorpsi Fotodegradasi*, ITB, Bandung