

**PEMBENTUKAN HIDROGEN DARI AIR SECARA FOTOKATALITIK
OLEH SERBUK TiO_2 YANG DI DOPING N DALAM ADANYA ETANOL,
FORMALDEHID SEBAGAI SACRIFICIAL AGENT**

OLEH

LILY HARYANI

09 212 070 007



**PROGRAM STUDI KIMIA
PASCASARJANA UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

**PEMBENTUKAN HIDROGEN DARI AIR SECARA FOTOKATALITIK
OLEH SERBUK TiO₂ YANG DI DOPING N DALAM ADANYA
ETANOL, FORMALDEHID SEBAGAI SACRIFICIAL AGENT**

Oleh : Lily Haryani

(Dibawah bimbingan Prof. Dr. Hermansyah Aziz dan Prof. Dr. Admin Alif)

RINGKASAN

Pemanfaatan fotokatalis TiO₂ doping N dalam pembentukan gas H₂ dari air menggunakan etanol dan formaldehid sebagai sacrificial agent. Katalis TiO₂ merupakan salah satu katalis yang telah banyak diaplikasikan karena beberapa keunggulan yang dimilikinya yaitu bersifat non toksik, waktu hidup panjang, dapat menggunakan matahari sebagai sumber energi disamping lampu artifisial, dapat dipakai ulang, metode penggunaannya dapat disederhanakan (Hirotaka *et al*, 2007). Kazumoto *et al*, (2007) menjelaskan bahwa reaksi fotokatalitik TiO₂ anatase yang memiliki band gap 3,2 eV memungkinkan penyerapan sinar UV dengan panjang gelombang $\lambda < 387$ nm. Hal ini menunjukkan TiO₂ tidak cukup efisien untuk aplikasi praktis yang berarti hanya sekitar 3 % dari energi matahari yang masuk di permukaan bumi yang dapat dimanfaatkan. Untuk memperluas fotosensitifitas dari fotokatalis TiO₂ berbasis ke daerah cahaya tampak adalah memperkecil energi gap dengan doping. TiO₂ yang didoping N memberikan efek menurunkan energi gap menjadi 2,58 eV berdampak terhadap pergeseran pita serapan sinar ke daerah panjang gelombang yang relatif lebih lebar.

Didasari dari uraian diatas dan ketertarikan terhadap pengembangan teknologi dan aplikasi fotokatalis TiO₂ doping N terhadap pembentukan gas

hidrogen, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mempelajari aktifitas fotokatalis TiO_2/N pada berbagai rasio TiO_2/N dimana kondisi optimum di karakterisasi dengan XRD, SEM dan EDX serta mempelajari pengaruh dalam adanya etanol dan formaldehid sebagai sacrificial agent. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi aktifitas fotokatalitik TiO_2/N pada berbagai rasio TiO_2/N dan dalam adanya etanol dan formaldehid sebagai sacrificial agent.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fotoelektrokimia Jurusan Kimia, FMIPA, Unand Padang mulai bulan Agustus hingga Desember 2010 dan karakterisasi XRD, SEM dan EDX dilakukan di BATAN, Serpong Tangerang.

Pertama-tama dilakukan persiapan bubuk TiO_2 doping N dari urea dengan berbagai rasio 10:0, 8:2, 6:4, 5:5, 4:6, 2:8 dicampurkan dan digiling di dalam mortar, dikalsinasi dalam furnace suhu 400°C selama 3 jam, bubuk dicuci dengan aquabides lalu dikeringkan. Untuk mempelajari aktifitas fotokatalitik TiO_2 pada berbagai rasio TiO_2/N , sebanyak 0,1 g TiO_2 , TiO_2/N dari berbagai rasio disuspensikan ke dalam 250 mL aquabides. Dilakukan pengenceran sebanyak 5 kali. Terhadap 25 mL suspensi sampel dilakukan penyinaran selama 3 jam, diperoleh kondisi optimum gas yang dihasilkan. Terhadap 25 mL suspensi kondisi optimum yang telah diencerkan 5 kali ditambahkan etanol dan formaldehid sebagai sacrificial agent dengan volume 1, 2, 3, 4, 5 mL (tambahkan air sehingga volume menjadi 30 mL). Selama penyinaran volume gas yang diukur berdasarkan pergerakan gelembung sabun. Dari data diperoleh gas yang dihasilkan dari fotolisis air 0,7 mL relatif sedikit dibandingkan dengan menggunakan TiO_2 2,4 mL, kondisi optimum 4:6 menghasilkan gas 2,2 mL dan 1,6 mL pada kondisi minimum 8:2, selanjutnya dilakukan karakterisasi XRD

untuk membuktikan struktur kristal adalah anatase dengan intensitas 2θ : $24,99^\circ$ dan $47,75^\circ$, SEM memperlihatkan morfologi yang merata serta EDX menunjukkan bahwa TiO_2 telah terdoping N dengan komposisi Ti 35,47 % : O 24,52 % : N 14,19 % . Penggunaan sacrificial agent menghasilkan optimum gas 2 mL untuk etanol dan 1,8 mL untuk formaldehid, fakta ini dijelaskan Hirotsuka *et al*, (2007) bahwa sacrificial agent berperan dalam mereduksi produksi gas O_2 . Secara kasad mata adanya gas hidrogen melalui fotolisis dibuktikan dengan nyala lilin relatif besar dibanding sebelum fotolisis .

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan penduduk, kebutuhan energi meningkat secara eksponensial. Dengan makin melambungnya harga minyak bumi seperti yang dirasakan sekarang ini, beban ekonomi negara menjadi sangat berat. Selama ini kita masih bergantung pada ketersediaan bahan bakar fosil, penggunaan bahan bakar ini menyisakan sejumlah persoalan lainnya yang lebih serius terhadap perubahan iklim global, kerusakan lingkungan, dan masalah kesehatan. Untuk antisipasi kedepan dalam memenuhi pasokan akan kebutuhan energi maka salah satu tantangan adalah mencari alternatif energi terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satu sumber energi alternatif yang sampai saat ini belum mendapat perhatian khususnya di Indonesia adalah hidrogen.

Menurut Bycong *et al.* (2009) hidrogen merupakan sumber energi yang telah dikenal luas sebagai sumber energi yang ramah lingkungan dan efisien. Karena dari proses pembakaran tersebut di udara hanya menyisakan uap air dan energi panas, tidak disertai karbon dioksida maupun karbon monoksida disamping kalor pembakarannya (122 MJ/kg) yang lebih tinggi dari minyak bumi (40 MJ/kg). Secara gravimetri, H₂ memiliki densitas energi tertinggi dari semua jenis bahan bakar yang pernah di kenal, satu-satunya bahan bakar yang tidak terikat secara kimia dengan karbon. Dengan demikian, pembakaran H₂ tidak akan menimbulkan efek rumah kaca, penipisan lapisan ozon atau hujan asam, sehingga hidrogen dianggap sebagai bahan bakar yang ideal untuk masa depan.

Pemanfaatan fotokatalis semikonduktor untuk pembentukan hidrogen sebagai sumber energi alternatif merupakan suatu kajian yang menarik. Menurut Kazuhito *et al.* (2007), hal ini disebabkan beberapa keunggulan yang dimilikinya yaitu; relatif murah, bersifat non toksik, waktu hidup panjang, dapat menggunakan matahari sebagai sumber energi disamping lampu artifisial, dapat dipakai ulang dan metode penggunaannya dapat disederhanakan. Dijelaskan juga oleh Kazuhito *et al.* (2007) bahwa semikonduktor titania (TiO_2) adalah pilihan terbaik diantara berbagai jenis semikonduktor yang ada (seperti ZnO , WO_3 , SrTiO_3 , Fe_2O_3 , CdS dan ZnS) dalam aplikasinya sebagai fotokatalitik. Sebagai alasannya adalah karena TiO_2 mempunyai sifat inert baik secara kimia maupun biologi, stabil terhadap fotokorosi dan korosi kimia, memiliki energi celah yang relatif rendah ($E_g = 3,2 \text{ eV}$) serta relatif murah.

Hirotaka *et al.*, (2007) menerangkan bahwa perkembangan selanjutnya titania yang digunakan tidak hanya senyawa murninya saja tetapi akhir-akhir ini telah banyak berkembang pesat penggunaan titania yang sudah dimodifikasi untuk meningkatkan sifat fotokatalitiknya. Salah satu cara modifikasi permukaan titania yang marak digunakan adalah dengan penambahan unsur tertentu ke dalam molekul TiO_2 atau yang lebih dikenal dengan doping yaitu menambahkan unsur tertentu baik kation atau anion dalam jumlah kecil yang mampu merubah sifat material akhir. Dengan adanya logam doping, non logam doping mampu merubah mikrostruktur, luas area permukaan, ukuran partikel dan sifat material itu sendiri. Perkembangan modifikasi titania ini sudah dimulai dari tahun 1990-an dan sampai sekarang masih mencari beberapa unsur yang mampu meningkatkan sifat umum dari titania. Beberapa penelitian tentang doping titania sudah pernah dilakukan

sebagai logam doping antara lain Fe^{+3} (Zhang *et al.*,1998),Ag (Xin *et al.*, 2005), Cu, Ni, La (Nair *et al.* 1999) dan Zn (Kobasa *et al.*,2004) dan non logam doping seperti N dan S (Kazumoto *et al.*, 2007), C (Lettmann *et al.*, 2000) baik dalam bentuk powder atau bentuk lapisan tipis. Dengan adanya doping logam, doping non logam ini energi gap menjadi kecil sehingga membantu aktifitas fotokatalitik semikonduktor TiO_2 dimana proses penyerapan (adsorpsi) oksigen dan senyawa sasaran akan lebih mudah dilaksanakan . Dalam hal ini logam doping, non logam doping berperan untuk membantu penyerapan spesi reduktor dan oksidator dan media bagi transfer elektron dari dan ke fotokatalis semikonduktor.

Sementara itu Kazumoto *et al.* (2007) telah melaporkan penelitian yang berkaitan dengan modifikasi TiO_2 dengan N doping terhadap pembentukan hidrogen secara fotokatalitik dari air sebagai bahan yang melimpah dengan menggunakan metode fotolisis. Menurut Kazumoto *et al.* (2007) aktifitas fotokatalitik titania yang di doping N meningkat seiring dengan produksi gas hidrogen. N doping pada permukaan semikonduktor tersebut dapat menghambat rekombinasi antara lubang dan elektron melalui peningkatan pemisahan muatan sehingga efisiensi fotokatalitik dapat lebih baik dimana energi gap titania yang didoping N turun menjadi 2,58 eV dibandingkan tanpa doping 3,2 eV. Doping juga berdampak terhadap peningkatan respon penyerapan panjang gelombang dan mengubah selektivitas atau produk reaksi. Sementara itu penggunaan sacrificial agent sebagai elektron donor juga memperlihatkan kecendrungan peningkatan produksi hidrogen karena senyawa tersebut dapat meminimalisir terbentuknya gas oksigen.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Produksi gas hidrogen menggunakan fotokatalis TiO_2 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa fotokatalis.
2. Produksi gas menggunakan berbagai rasio TiO_2/N ternyata relatif lebih rendah dari tanpa doping dengan kondisi optimum adalah 4:6. Hal ini disebabkan TiO_2 doping N mengalami pergeseran serapan sinar ke daerah panjang gelombang yang relatif lebih lebar, dan sekaligus membuktikan aktifitas fotokatalitik semikonduktor doping berkurang didaerah sinar UV.
3. Penggunaan etanol sebagai sacrificial agent mula-mula menurunkan laju pembentukan gas. Hal ini disebabkan berkurangnya produksi gas O_2 pada pita valensi (terjadi reaksi etanol dengan radikal $\text{OH}\cdot$). Kemudian bila konsentrasi etanol ditingkatkan maka pembentukan gas kembali naik yang menandakan etanol juga dapat secara langsung berinteraksi dengan hole dan menyebabkan rekombinasi elektron dengan hole menjadi terhalang dan hal ini dapat meningkatkan produksi H_2 . Namun bila jumlah etanol ditingkatkan lagi maka jumlah gas yang terbentuk akan menurun yang disebabkan terjadinya efek kulit sedangkan juga pada penggunaan formaldehid sebagai sacrificial agent terjadi hal yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz H., Alif A., Safni. 1991. *Proses Primer dalam Fotokimia.* FMIPA UNAND. Hal 43-55
- Atonio C. 2007. *Photoelectrochemical Water Spitting*, *Chimia* 61.pp 815-819
- Batrop. J.A., Coyle., 1978. *Principle of Photochemistry.*, Jhon willey & Sons. LTd., New York, pp 1-2, 8-13.
- Byeong S.K.,Jinho K.,Misook K. 2009. *Enhanced Hydrogen Production from Methanol/Water Photo-Splitting in TiO₂ Including Pd Component*. *Bull Korean Chem Soc*,vol. 30 No.5.pp 1047-1065
- Bandara C.P.K, Udawata, Rajapakse C.S.K. 2005. *Highly Stable CuO Incorporated TiO₂ catalyst for Photocatalytic Hydrogen production from H₂*, *Photochem Photobiol Sci No. 4*. pp 857-861
- Carronna T., Gambarotti C., Palmisano L., Punta, Recupero F. 2003. *Sunlight Induce Functionalisation of some Heterocyclic Bases in The Presence of Polycrystalline TiO₂*. *Chem Commun*. pp 2350-2359
- Chenxu H., Baozhu T., Jinglong Z. 2010. *N, b, Si- Tridoped mesoporous TiO₂ with High surface Area and Excellent Visible – Light Photocatalytic Activaty*. *Res Chem Intermed* 36 . pp 349-359
- Ernest M., Hotze, Jerome L., Pedro A., Mark R.W. 2008. *Mechanisms of Photochemistry and Reactive Oxygen Production by Fullerene Suspensions in Water*. *Environ Sci. Technol* 42. pp 4175-4180
- Emriadi. 2005. *Material Polimer*. Padang : Andalas University Press. Hal 26-29.
- Feng C., Wei-wei Z.,Wenwu Q., Jinlong Z. 2009. *Photocatalytic Performance of A Visible Light TiO₂ Photocatalyst Prepared By A Surface Chemical Modification Process*. *Catalysis Communication* 10. pp 1510-1513
- Gunlazuardi. J., 2001, *Fotokatalis Pada Permukaan TiO₂:Aspek Fundamental dan Aplikasinya*, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Indonesia Seminar Nasional Kimia Fisika II
- Hiroataka O., Shinji I., Masashi I. 2007. *Improved Visible-Light Responsive Photocatalytic Activity of N and Si co-doped Titanias*. *J Mater Sci No.42* .pp 4009-4017