



Electric Field Enhancement Effect dalam TiO₂ Fotoelektrokatalisis: Prinsip Kerja, Konsekuensi Desain Reaktor, dan Usulan Novel Photoelectrocatalytic Reactor

Jarnuzi Gunlazuardi ^{*)}, ¹⁾ Hedi Surahman¹⁾, dan Slamet²⁾

¹⁾ Departemen Kimia, FMIPA-UI, Depok 16424, Indonesia

²⁾ Departemen Teknis Gas dan Petrokimia, FT- UI, Depok 16424, Indonesia



I. Latar Belakang:

- Meskipun transport masa maksimal dapat diperoleh pada reaktor sistem suspensi, namun menyisakan problem besar yakni pemisahan ("retrieving") fotokatalis dari air olahan.
- Reaktor dengan sistem katalis terimobilisasi tidak memerlukan langkah "retrieving" katalis, sayangnya menghasilkan transport masa yang "inferior"
- Konfigurasi reaktor kedua sistem umumnya mengatur arah penyinaran fotokatalis harus melewati air yang diolah, sehingga rentan terhadap gangguan kontinuitas iluminasi oleh spesi pengabsorpsi atau partikel tersuspensi dalam air.

II. Tujuan:

Pengembangan reaktor dengan katalis terimobilisasi yang mampu mengakomodasi peningkatan transport massa, meningkatkan ketersediaan spesi pengoksidasi (h^+) dan kontinuitas penyinaran.

III. Metodologi:

- Imobilisasi lapisan tipis katalis pada dinding bagian dalam kolom gelas (mengatasi problem "retrieving") dan kombinasi optimum antara laju alir dan diameter kolom untuk menghasilkan arus turbulen yang sangat meningkatkan transport massa.
- Arah penyinaran foton dari dinding luar kolom untuk menghasilkan kontinuitas penyinaran yang tidak terganggu oleh spesi pengabsorpsi dalam air yang diolah.
- Menyisipkan lapisan tipis material transparan dan penghantar diantara dinding dalam kolom gelas dan lapisan TiO₂ serta kawat platina ditengah kolom gelas yang dilewati air, sehingga memungkinkan pemberian medan listrik disepanjang permukaan lapisan TiO₂. Keadaan ini akan meningkatkan ketersediaan h^+ .

IV. Hasil dan Pembahasan:

IV.1. Inner Wall Glass Column Tube Coated with TiO₂ Film (IWGCT-TiO₂):

- Telah dibuat lapisan tipis TiO₂ pada dinding bagian dalam kolom gelas (ketebalan ~ 1,5 μm).
- Gambaran konseptual bagaimana IWGCT-TiO₂ berfungsi diperlihatkan pada Gambar 1. IWGCT-TiO₂ menerima foton dari arah luar menembus dinding gelas dan lapisan tipis TiO₂ pada dinding bagian dalam. TiO₂ yang teriluminasi menghasilkan pasangan elektron dan hole positif, h^+ , selanjutnya menghasilkan radikal hidroksil yang akan mengoksidasi zat organik didalam air yang mengalir dalam kolom gelas tersebut.
- Gambar 2 menunjukkan pengurangan konsentrasi 4-klorofenol (10 ppm, V= 1L), terbentuknya beberapa intermediet sebelum mineralisasi sempurna menjadi CO₂, H₂O, dan Cl⁻. Percobaan dilakukan menggunakan reaktor IWGCT-TiO₂ yang dirangkai seperti pada Gambar 3.

IV.2. Reaktor Fotoelektrokatalisis:

- Harper (J.C. Harper *et al.*, 2001) melaporkan bahwa pemberian medan listrik pada lapisan tipis TiO₂ (Gambar 4.) mampu meningkatkan ketersediaan radikal hidroksi, $\cdot OH$, yang diindikasikan dengan meningkatnya "photocurrent" (Gambar 5) dan kemampuan mematikan mikroorganisme didalam air yang diolah (Gambar 6).
- Efek ini dinamakan *Electric Field Enhancement (EFE) Effect*. Medan listrik menyebabkan "bending" pita konduksi maupun pita valensi. Keadaan ini menyebabkan kecenderungan e^- jatuh ke "bulk" atau "back contact" dan dipindahkan melalui sirkuit luar ke "counter electrode" kemudian ditangkap oleh O₂ menjadi O₂⁻. Sementara h^+ bergerak kepermukaan katalis sepanjang pita deplesi. Dengan cara ini ketersediaan spesi pengoksidasi dipermukaan katalis dapat ditingkatkan.

IV.3. Novel Photoelectrocatalytic Reactor:

- Dengan mengeksploitasi "advantage" reaktor IWGCT-TiO₂ dan efek EFE maka diusulkan reaktor baru dimana (Gambar 7.):
- Pada kolom IWGCT-TiO₂, diantara lapisan tipis TiO₂ dan gelas penunjang disisipkan "transparent and conducting material, T&C", misalnya SnO₂;
 - Ditengah kolom tempat jalannya air dipasang "counter electrode" berupa kawat platina silindris;
 - "Counter elektrode" dan lapisan bahan T&C (sebagai "back contact") dihubungkan ke potentiostat.
 - Pemberian medan listrik tertentu akan menjadikan lapisan TiO₂ bersifat anodik dan akan menghasilkan lebih banyak spesi pengoksidasi.

V. Ucapan Terimakasih:

Penulis mengucapkan terimakasih kepada (1) Osaka Gas Foundation for International Cultural Exchange (OGFICE) yang mendanai sebagian penelitian ini; (2) PPTMGB-LEMIGAS untuk urusan Paten salah satu aspek penelitian ini, (3) P.A Christensen, Univ. of Newcastle, Open Tyne, UK, for a mutual collaboration, dan (4) Departemen Kimia FMIPA-UI yang mendanai keikutsertaan dalam seminar ini.

VI. Daftar Pustaka:

- E. Suhardono; J.Gunlazuardi, M. Nasikin: "Reaktor kolom berbahan dasar gelas kuarsa untuk mendestruksi senyawa organik dan mematikan mikroorganisme dalam air". didaftarkan pada Dirjen HAKI Dep. Kehakiman dan HAM RI dengan nomor permohonan P00200100864]
- G. Waldner, J. Krysa, J. Jrvovsky, and G. Grabner: Photoelectrochemical properties of sol-gel and particulate TiO₂ layers" *International Journal of Photoenergy*, vol. 5, Issue 3, 115-129, [2003]
- H. Surahman, R. Sihombing and J. Gunlazuardi: "Development of photocatalytic reactor employing titania film coated on to inner wall column tube: Degradation of 4-chlorophenol and its intermediate products" *Proceeding RCYC, Penang, Malaysia*, volume 4, page 129. [2003]
- J.C. Harper, P.A. Christensen, T.A. Egerton, T.P. Curtis and J. Gunlazuardi: "Effect of catalyst type on the kinetics of the photoelectrochemical disinfection of water inoculated with *E. coli*" *Journal of Applied Electrochemistry* 31:623- 628, [2001]
- J.Gunlazuardi and Winarti A Lindu: "Photocatalytic degradation of pentachlorophenol in aqueous solution employing immobilised TiO₂ supported on titanium metal" *Journal of Photochemistry and PhotoBiology A: Chemistry*, Volume 173, Issue 1, 51-55, (2005)

