

Reduksi CO₂ secara fotokatalitik dengan katalis titania dan tembaga-titania

Slamet, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20288434&lokasi=lokal>

Abstrak

ABSTRAK

Salah satu aplikasi yang cukup potensial dari fenomena fotokatalisis adalah untuk mengkonversi karbon pada senyawa anorganik seperti CO₂ menjadi senyawa-senyawa organik yang lebih berguna. Disamping diperolehnya produk senyawa organik yang dapat digunakan untuk keperluan tertentu, transformasi CO₂ tersebut dalam kurun waktu tertentu dapat mengurangi laju emisi CO₂ di atmosfer, yang akhir-akhir ini menjadi isu lingkungan global karena dipercaya dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap timbulnya efek rumah kaca (greenhouse effect). Efisiensi reduksi CO₂ sangat tergantung pada fotokatalis yang digunakan. Beberapa peneliti telah membuktikan bahwa CO₂ dapat direduksi secara fotokatalitik dalam uap air atau larutan dengan TiO₂, akan tetapi efisiensinya masih sangat rendah. Studi ini difokuskan pada pengembangan fotokatalis yang efektif untuk proses reduksi CO₂ menjadi metanol.

Fotokatalis TiO₂ serbuk dengan berbagai komposisi kristal anatase dan rutil dibuat dengan cara menghidrolisis TiCl₄ yang dilanjutkan dengan kalsinasi pada berbagai temperatur. Modifikasi katalis TiO₂ film dilakukan dengan menambahkan polyethylene glycol atau silika, menggunakan metode sol-gel dan dip-coating. Fotokatalis tembaga-titania dibuat dengan metode impregnasi-termodifikasi menggunakan TiO₂ Degussa P25 dan larutan tembaga nitrat, serta metode pencampuran fisik menggunakan serbuk TiO₂ Degussa P25, CuO, Cu₂O, dan Cu. Katalis-katalis yang telah dibuat kemudian dikarakterisasi dengan XRD, DRX, SEM/EDX/Mapping, AAS, dan BET. Uji kinerja katalis yang dilakukan meliputi uji aktivitas fasa cair dan gas, uji kinetika, dan uji mekanisme reaksi dengan metode in-situ FTIR.

Hasil penelitian membuktikan bahwa dengan bantuan fotokatalis titania dan tembaga-titania, karbon dioksida dapat direduksi oleh air baik dalam sistem cair-padat maupun gas-padat, menghasilkan produk utama metanol. Metana, etanol, propanol, dan aseton adalah senyawa-senyawa lain yang juga terbentuk, meskipun dalam jumlah yang relatif lebih sedikit. Aktivitas reduksi fotokatalisis CO₂ pada larutan 1 M KHCO₃ paling optimal diamati terjadi ketika keasaman larutan diatur pada pH 4. Katalis TiO₂ serbuk dengan komposisi kristal anatase yg tinggi, ukuran kristal kecil, dan luas permukaan besar, mempunyai efisiensi fotoreduksi CO₂ yang tinggi. Penambahan dopan PEG atau SiO₂ sampai pada tingkat loading tertentu dapat meningkatkan porositas fotokatalis TiO₂ film, sehingga kinerjanya menjadi lebih baik.

Katalis tembaga/TiO₂ dengan loading tertentu menunjukkan kinerja fotokatalisis yang sangat efisien untuk reduksi CO₂, baik pada sistem cair-padat maupun gas-padat. Hasil investigasi menunjukkan bahwa Cu₁₁O adalah spesi dopan yang paling signifikan dalam meningkatkan kinerja TiO₂ pada reduksi CO₂ menjadi metanol. Loading optimal yang diperoleh pada katalis CuO/TiO₂ hasil impregnasi adalah 3% berat Cu, sedangkan pada katalis yang dibuat dengan pencampuran fisik adalah 5% berat untuk dopan Cu₂O dan 1%

berat untuk dopan CuO.

Peningkatan efisiensi reduksi CO₂ menjadi metanol yang signifikan oleh dopan tembaga (terutama dalam bentuk metal oksida) pada fotokatalis TiO₂ diduga karena adanya peran ganda yang sinergis dari dopan tembaga tersebut, yaitu sebagai electron trapper pada proses fotokatalisis dan sebagai inti aktif pada proses katalisis. Sebagai electron trapper~ dopan tembaga secara efektif dapat menghambat laju rekombinasi pasangan elektron-hole sehingga secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi reduksi CO₂. Sebagai inti aktif pada proses katalisis, dopan tembaga diperkirakan dapat meningkatkan selektivitas produk metanol, dengan mekanisme melalui pembentukan intermediate formal dan metoksida.

Uji kinetika yang dilakukan pada rentang temperatur 43 -100 °C menunjukkan bahwa dopan CuO dapat meningkatkan laju reaksi, sehingga secara signifikan dapat meningkatkan photoefficiency dari katalis TiO₂. Nilai energi aktivasi teramati (E_a) yang diperoleh untuk katalis 3% CuO/TiO₂ adalah sebesar + 12 kJ/mol, yang mengindikasikan bahwa desorpsi produk adalah merupakan tahap penentu laju reaksi pada pembentukan metanol dari CO₂ dan H₂O dengan katalis 3%CuO/TiO₂.