

Reduksi CO₂ secara fotokatalitik dengan katalis titania dan tembaga-titania

Slamet, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20277872&lokasi=lokal>

Abstrak

ABSTRAK

Salah satu aplikasi yang cukup potensial dari fenomena fotokatalisis adalah untuk mengkonversi karbon padu senyawa anorganik seperti CO₂ menjadi senyawa-senyawa organik yang lebih berguna. Selain 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 (green house 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, DRS, SEM/EDX/Mapping, ASS, 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 yang 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 TiO₃ dengan loading tertentu menunjukkan kinerja fotokatalisis yang sangat efisien untuk reduksi CO₂, baik pada sistem cair-padat maupun gas-padat.

Hasil investigasi menunjukkan bahwa Cu²⁺O adalah spesi dopan yang paling signifikan dalam meningkatkan

kinerja TiO_3 pada reduksi CO_2 menjadi metanol. Loading optimal yang diperoleh pada katalis CuO/TiO_3 hasil impregnasi adalah 3% berat Cu, sedangkan pada katalis yang dibuat dengan pencampuran fisik adalah 5% berat untuk dopan Cu_2O dan 1% berat untuk dopan CuO .

Peningkatan efisiensi reduksi CO_2 menjadi metanol yang signifikan oleh dopan tembaga (terutama dalam bentuk metal oksida) pada fotokatalis TiO_2 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 CO_2 . Sebagai inti aktif pada proses katalisis, dopan tembaga diperkirakan dapat meningkatkan selektivitas produk metanol, dengan mekanisme melalui pembentukan intermediate format dan metoksida.

Uji kinetika yang dilakukan pada rentang temperatur 43 - 100 derajat C menunjukkan bahwa dopan CuO dapat meningkatkan laju reaksi, sehingga secara signifikan dapat meningkatkan photoefficiency dari katalis TiO_2 . Nilai energi aktivasi teramati (E_a) yang diperoleh untuk katalis 3% CuO/TiO_2 adalah sebesar +12 kJ/mol, yang mengindikasikan bahwa desorpsi produk adalah merupakan tahap penentu laju reaksi pada pembentukan metanol dari CO_2 dan H_2O dengan katalis 3% CuO/TiO_2