

SINTESIS DAN KARAKTERISASI FOTOKATALIS TiO_2/Cu MENGUNAKAN LAMPU UV

M Ichlas Syawal & Okta Suryani

Universitas Negeri Padang

ikhlassyawal19@gmail.com

Abstract

Most of the energy consumed comes from non-renewable fossil fuel resources. Burning fossil fuels has been found to be a major cause of environmental pollution and greenhouse gas emissions, making it the most common energy source. Therefore, renewable and environmentally friendly energy resources are needed, namely sunlight. One way to utilize sunlight is to store it into hydrogen compounds. Hydrogen comes from water through a process of breaking down its molecules which is called water decomposition. Water decomposition uses sunlight and a semiconductor photocatalyst, such as TiO_2 . In this research, TiO_2 doped with Cu metal has been synthesized using UV lamp irradiation. TiO_2 has been successfully synthesized. XRD characterization to determine the structure of TiO_2 . TiO_2 has an anatase crystal structure. Then XRF characterization is done to see the percentage of Cu that has been successfully doped. When exposed to a UV lamp for 1 hour, 0.347% Cu was successfully doped. When exposed to a UV lamp for 5 hours, 1.28% Cu was successfully doped.

Keywords : TiO_2 , Cu, photocatalyst

Abstrak : Sebagian besar energi yang dikonsumsi berasal dari sumber daya bahan bakar fosil yang tidak terbarukan. Pembakaran bahan bakar fosil telah ditemukan sebagai penyebab utama pencemaran lingkungan dan emisi gas rumah kaca, menjadikannya sumber energi yang paling umum. Oleh karena itu diperlukan sumber daya energi terbarukan dan ramah lingkungan yaitu cahaya matahari. Salah satu cara memanfaatkan cahaya matahari adalah dengan menyimpannya menjadi senyawa hydrogen. Hydrogen tersebut berasal dari air melalui proses pemecahan molekulnya yang disebut dekomposisi air. Dekomposisi air menggunakan sinar matahari dan fotokatalis semikonduktor, seperti yang sering digunakan yaitu TiO_2 . Pada penelitian ini telah disintesis TiO_2 yang didoping dengan logam Cu menggunakan penyinaran lampu UV. TiO_2 telah berhasil disintesis. Karakterisasi XRD untuk mengetahui struktur TiO_2 . TiO_2 memiliki struktur kristal anatase. Kemudian karakterisasi XRF untuk melihat perentase Cu yang berhasil terdoping. Saat disinari lampu UV selama 1 jam, Cu yang berhasil terdoping sebesar 0,347 %. Saat disinari lampu UV selama 5 jam, Cu yang berhasil terdoping sebesar 1,28 %.

Kata Kunci : HPT, Cu, fotokatalis

PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya populasi penduduk di dunia, kebutuhan akan energi bahan bakar pun semakin meningkat. Hampir seluruh aspek dalam kehidupan manusia membutuhkan energi bahan bakar, dari sektor industri hingga sektor rumah tangga. Namun, yang menjadi permasalahan adalah bahwa mayoritas kebutuhan energi bahan bakar sangat bergantung kepada minyak bumi yang merupakan sumber energi tidak ramah lingkungan dan tidak terbarukan, dimana suatu saat akan habis.

Dari aspek konsumsi menunjukkan bahwa konsumsi energi Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pada periode 2015-2019, konsumsi energi akhir Indonesia sebesar 46% untuk bidang industri, konstruksi, dan pertambangan, 18% bidang transportasi, 29% rumah tangga, dan 7% bidang lainnya. Akibat penggunaan energi yang terus meningkat itu, menjadi ancaman untuk perkembangan perekonomian Indonesia. Sehubungan dengan hal tersebut di atas, upaya dilakukan dengan maksud untuk meningkatkan efisiensi energi melalui perolehan energi bahan bakar fosil berintensitas tinggi dan penambahan energi alternatif yang bersifat terbarukan dan ramah lingkungan (Pahrudin et al., 2022).

Pembakaran bahan bakar fosil telah ditemukan sebagai penyebab utama pencemaran lingkungan dan emisi gas rumah kaca, menjadikannya sumber energi yang paling umum (Gonuguntla et al., 2020). Pengembangan sistem energi bersih yang mudah tersedia sangat penting untuk solusi masalah energi dan lingkungan. Karena merupakan proses ramah lingkungan yang memanfaatkan sumber daya melimpah seperti air dan energi matahari, produksi hidrogen dari pemisahan air di bawah penyinaran matahari mendapat perhatian paling besar. Sejak Fujishima dan Honda pertama kali mendemonstrasikan bahwa pemisahan air secara keseluruhan dapat dicapai dengan sel fotoelektrokimia (PEC), teknologi pemisahan air fotokatalitik berbasis semikonduktor untuk menghasilkan hidrogen menggunakan energi matahari telah dikembangkan. TiO_2 telah terbukti menjadi salah satu fotokatalis semikonduktor yang paling menjanjikan karena sifatnya yang sangat baik, ketersediaan yang luas, non-toksitas, biaya rendah, stabilitas jangka panjang terhadap korosi foto dan kimia, dan sifat daya oksidasi dan reduksi yang kuat dan karena itu adalah salah satu fotokatalis semikonduktor yang telah diselidiki (Wang et al., 2015).

Kesenjangan pita lebar TiO_2 dan rekombinasi cepat dari pasangan lubang elektron yang diinduksi foto disebabkan oleh kepadatan tinggi dari keadaan perangkap, bagaimanapun, membatasi kemanjuran fotokatalitiknya (Wang et al., 2015). TiO_2 dengan

celahnya yang lebar (3,2 eV) biasanya hanya menangkap 5% cahaya matahari merupakan kelemahan yang signifikan. Variasi morfologi dan modifikasi doping dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas penyerapan foton nanopartikel TiO_2 dengan cara yang praktis. Karena sifat fotofisiknya yang menarik, NP TiO_2 kristal berpori telah menjadi subjek penelitian baru-baru ini dengan keberhasilan luar biasa. Sifat-sifat ini dapat lebih ditingkatkan dengan membuat fotokatalis heterojunction dengan menggabungkan dua atau lebih bahan pada ujung skala nano. Diketahui dengan baik bahwa bahan semikonduktor dengan morfologi berpori hierarkis dan mesopori lubang cacing lebih cenderung memiliki tingkat reduksi air yang tinggi karena luas permukaannya yang lebih besar, difusi lubang elektron yang ditingkatkan, dan panjang jalur yang lebih pendek (Gonuguntla et al., 2021).

Memanfaatkan berbagai teknik rekayasa pita yang efektif untuk menutup celah pita, banyak penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan spektrum kerja fotokatalis berbasis TiO_2 . Secara umum, dua pendekatan telah diambil : Penambahan ion bukan logam atau ion logam adalah salah satu metode doping unsur; self-doping dengan spesies massal Ti^{3+} adalah hal lain. Namun, ada contoh di mana dopan yang diperkenalkan, yang berfungsi sebagai pusat rekombinasi pembawa muatan, menimbulkan masalah yang signifikan dan mengurangi efisiensi fotokatalitik. Selain itu, ada kasus dimana metode self-doping memerlukan kondisi sintetik yang keras atau fasilitas mahal yang memerlukan tekanan dan suhu tinggi (Wang et al., 2015).

Strategi baru-baru ini menarik didasarkan pada rekayasa struktur dan morfologi TiO_2 untuk meningkatkan fotokatalitik kinerja aktivitas telah menerima banyak perhatian. Chen dkk. mensintesis arsitektur TiO_2 seperti bunga hierarkis dengan morfologi yang dapat dikontrol, menunjukkan produksi hidrogen fotokatalitik yang lebih tinggi di bawah iradiasi ultraviolet. Zhang dkk. berhasil menyiapkan mikrosfer TiO_2 nanorod rutil ukuran-tunable, yang diterapkan pada DSSC memimpin peningkatan efisiensi yang luar biasa sebesar 17,4%. Sampai saat ini, bagaimanapun, tidak ada laporan, tentang rekayasa struktur dan morfologi TiO_2 murni untuk mendapatkan efisiensi pemisahan air fotokatalitik yang bagus di bawah sinar UV-tampak (Wang et al., 2015). Aktivitas TiO_2 yang dikombinasikan dengan struktur lubang cacing hirarkis dan mesopori menghasilkan difusi elektron lubang dari permukaan dengan meningkatkan panjang jalur difusi dan meningkatkan efisiensi produksi H_2 dari air. Produksi hidrogen meliputi partikel organik, logam fotosensitizer, dan logam lengkap lainnya (Gonuguntla et al., 2020).

Beberapa fotokatalis nanokomposit berbasis TiO_2 telah dikembangkan dan menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang unggul. Sebagai contoh, nanokomposit $\text{TiO}_2/\text{CeO}_2$ menunjukkan aktivitas katalitik yang sangat ditingkatkan untuk oksidasi benzena fase gas di bawah iradiasi spektrum matahari penuh dan iradiasi inframerah-tampak, karena efek sinergis antara fotokatalisis pada TiO_2 dan termokatalisis pada CeO_2 . Strategi lain yang nyaman dan efisien untuk memperluas rentang respons spektrum serapan TiO_2 ke wilayah yang terlihat dan memfasilitasi pemisahan pasangan lubang elektron fotogenerasi adalah doping TiO_2 dengan elemen bukan logam dan logam. Sebagai contoh, lembaran nano TiO_2 anatase termodifikasi F atau F termodifikasi dengan sisi $\{0\ 0\ 1\}$ yang terbuka pada fotokatalisis telah dibuat dan hasil fotokatalisis menunjukkan bahwa aktivitas fotokatalitik yang terlihat untuk fotodegradasi VOC bervariasi dengan interaksi antara reaktan dan fotokatalis. Selain itu doping berbagai macam unsur logam (Fe, Co, Mn, Ni, Cu, Sn, V, Cr, dll) telah banyak dipelajari. Choi dkk. menyelidiki efek dari tiga belas dopan ion logam pada aktivitas fotokatalitik TiO_2 di bawah iradiasi cahaya tampak (Kerkez-Kuyumcu et al., 2015).

Penambahan dopan pada fotokatalis dasar TiO_2 menyebabkan peningkatan luas permukaan kecuali sampel Mn/ TiO_2 . Ukuran pori terendah diperoleh pada titania yang didoping Cu Sampel. Fotokatalis yang diselidiki memiliki distribusi ukuran pori yang luas di wilayah mesopori, mengungkapkan mesopori berukuran variabel dalam fotokatalis struktur. Sampel yang didoping Cu menunjukkan distribusi bimodal. Tingkat aktivitas yang berbeda dari katalis untuk kedua pewarna jelas menunjukkan bahwa aktivitas fotokatalitik sampel sangat bergantung pada dopan logam yang digunakan. Di antara semua katalis, sampel Cu/ TiO_2 menunjukkan aktivitas fotokatalitik tertinggi di bawah cahaya tampak untuk kedua pewarna karena energi celah pita rendah dan tertunda rekombinasi elektron-lubang. Untuk aktivitas katalitik Cu, Co dan Ni didoping dan sampel TiO_2 yang tidak didoping (Kerkez-Kuyumcu et al., 2015).

METODE

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain : gelas kimia, pipet takar, cawan penguap, batang pengaduk, pipet tetes, kertas saring, corong, erlemeyer, oven, lampu UV, *magneic stirrer*, *stirrer bar*, *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *X-ray fluorescence* (XRF).

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain : Aquades, Titanium (IV) isopropoxide / TTIP ($C_{12}H_{28}O_4Ti$), tembaga nitrat ($Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$), amoniak (NH_3), methanol (CH_3OH).

Prosedur Kerja

1. Sintesis TiO_2

TiO_2 disiapkan dengan menggunakan metode yang sama dengan yang telah dilaporkan sebelumnya oleh (Suryani dkk., 2019) pada penelitian yang telah dilakukannya. Prosedurnya dijelaskan sebagai berikut : 10 mL titanium isopropoksida (TTIP) ditambahkan tetes demi tetes ke dalam 100 mL larutan amonia 10% pada suhu kamar tanpa diaduk. Endapan putih terbentuk ketika tetesan TTIP bereaksi dengan larutan amonia. Setelah 30 menit, endapan disaring dan dicuci beberapa kali dengan aquades dan sampel dibiarkan kering di atas kertas saring selama 24 jam. Sampel dikalsinasi pada suhu $500^\circ C$ selama 4 jam di dalam furnace. Kemudian sampel dikarakterisasi dengan menggunakan XRD.

2. Sintesis TiO_2/Cu

Pada penelitian ini, TiO_2/Cu disintesis dengan metode adalah sebagai berikut. Padatan TiO_2 yang telah disintesis ditimbang sebanyak 500 mg, kemudian ditambahkan ke larutan $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ dengan konsentrasi 0,1 M (0,125 mL) dan metanol (12,5 mL). Kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer*, sambil disinari dengan lampu UV ($\lambda = 365$ nm) 6 W selama 40 menit, dan didapatkan padatan kecoklatan. Padatan tersebut dikumpulkan dengan penyaringan dan dikeringkan di bawah desikator. Kemudian sampel dikarakterisasi dengan menggunakan instrument XRF.

Teknik analisis data

1. XRD

Perhitungan pelebaran garis sinar-x digunakan untuk menentukan ukuran kristal suatu material menggunakan rumus Scherer yaitu :

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

Keterangan:

D = ukuran kristal

K = faktor bentuk

λ = panjang gelombang radiasi

θ = sudut refleksi

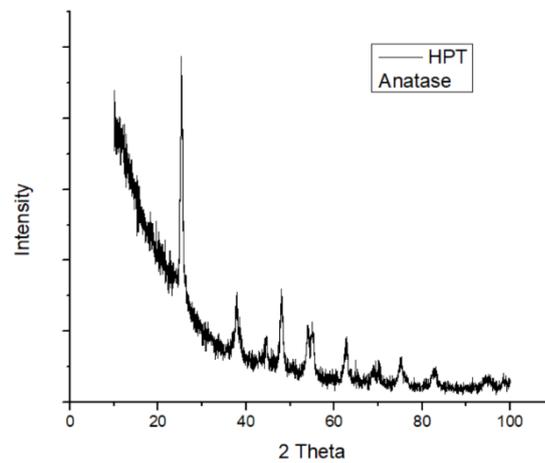
β = integrasi luas puncak refleksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis TiO_2

1. Karakterisasi dengan X-Ray Difraction

Karakterisasi XRD dilakukan untuk melihat dan mempelajari bentuk dari struktur kristal pada TiO_2 yang telah disintesis, selain itu karakterisasi XRD juga untuk menentukan ukuran partikel kristal dari TiO_2 .



Gambar 1. Pola difraksi sinar-x TiO_2

Dari gambar di atas terlihat puncak-puncak difraksi sinar-x dari TiO_2 yang telah disintesis. Puncak-puncak tersebut menunjukkan puncak kristalin yang terbentuk. Lalu fase kristal dari TiO_2 tersebut adalah fase *anatase* berdasarkan database hasil XRD TiO_2 .

Tabel 1. Puncak difraksi sinar-X Hierarchical Porous TiO_2 (HPT)

No.	Position [$^{\circ}$ 2 Theta]	Height [cts]
1.	25,2803	295,98
2.	37,8357	69,51
3.	44,5889	31,38
4.	48,0738	100,14
5.	54,0211	56,05

6.	55,1414	56,05
7.	62,9167	40,84
8.	68,8529	14,58
9.	70,0340	19,84
10.	75,2043	31,36
11.	83,0042	18,62

Sintesis TiO₂/Cu

Karakterisasi dengan XRF

Pada penentuan komposisi kimia fotokatalis TiO₂/Cu dilakukan dengan menggunakan *X-ray fluorescence* (XRF). Pengujian ini dilakukan untuk melihat persentase logam Cu yang berhasil masuk atau terdoping ke fotokatalis TiO₂/Cu yang telah disintesis. Komposisi kimia TiO₂ yang sudah didoping dengan logam Cu dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Hasil uji XRF TiO₂/ Cu.

No.	Komposisi	Persentase Cu (disinari UV 1 jam)	Persentase Cu (disinari UV 5 jam)
1	TiO ₂	97,109 %	97, 2 %
2	Cu	0,347 %	1,28 %

Pada penelitian ini telah dilakukan dua kali proses doping. Pada percobaan pertama, hasil yang didapatkan logam Cu yang berhasil masuk atau terdoping pada TiO₂-nya sangat sedikit yaitu hanya sebesar 0,347 %.

Lalu pada percobaan kedua peneliti mevariasikan waktu penyinaran dengan lampu UV (365 nm) 6W, yaitu selama 5 jam dengan harapan jumlah Cu yang berhasil terdoping lebih banyak. Hasilnya sedikit lebih banyak daripada percobaan pertama yang dilakukan penyinaran selama 1 jam. Logam Cu yang berhasil masuk atau terdoping hanya sebesar 1,28 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah didapatkan, dapat disimpulkan bahwa Fotokatalis TiO₂ telah disintesis menggunakan metode yang ramah lingkungan yang belum pernah dilaporkan sebelumnya, yaitu dengan penyinaran lampu UV untuk mereduksi ion Cu²⁺.

Hasil karakterisasi dari TiO₂/Cu yaitu memiliki struktur kristal anatase. Persentase Cu yang berhasil masuk atau terdoping ke fotokatalis TiO₂ bervariasi sesuai dengan lama waktu penyinaran lampu UV. Saat disinari lampu UV selama 1 jam, Cu yang berhasil terdoping sebesar 0,347 %. Saat disinari lampu UV selama 5 jam, Cu yang berhasil terdoping sebesar 1,28 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Gonuguntla, S., Tiwari, A., Madanaboina, S., Lingamallu, G., & Pal, U. (2020). Revealing high hydrogen evolution activity in zinc porphyrin sensitized hierarchical porous TiO₂ photocatalysts. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(13), 7508–7516. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.04.268>
- Gonuguntla *et al.* (2021). Regulating surface structures for efficient electron transfer across h-BN/TiO₂/g-C₃N₄ photocatalyst for remarkably enhanced hydrogen evolution,” *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, vol. 32, no. 9, pp. 12191–12207, 2021, doi: 10.1007/s10854-021-05848-z
- Kerkez-Kuyumcu, E. Kibar, K. Dayioğlu, F. Gedik, A. N. Akin, and S. Özkara Aydinoğlu, (2015). A comparative study for removal of different dyes over M/TiO₂(M = Cu, Ni, Co, Fe, Mn and Cr) photocatalysts under visible light irradiation,” *J. Photochem. Photobiol. A Chem.*, vol. 311, pp. 176–185, 2015, doi: 10.1016/j.jphotochem.2015.05.037.
- Pahrudin, S. Fadillah, and N. F. Mutmainah. (tt). Analisis Permintaan dan Penyediaan Energi Fosil dari berbagai Subsektor di Indonesia pada Masa Mendatang,” *J. Eng.*
- Suryani, Y. Higashino, H. Sato, and Y. Kubo. (2019). Visible-to-near-infrared light-driven photocatalytic hydrogen production using dibenzo-bodipy and phenothiazine conjugate as organic photosensitizer,” *ACS Appl. Energy Mater.*, vol. 2, no. 1, pp. 448–458, 2019, doi: 10.1021/acsaem.8b01474.
- Wang, W., Liu, Y., Qu, J., Chen, Y., Tadé, M. O., & Shao, Z. (2017). Synthesis of Hierarchical TiO₂-C₃N₄ Hybrid Microspheres with Enhanced Photocatalytic and Photovoltaic Activities by Maximizing the Synergistic Effect. *ChemPhotoChem*, 1(1), 35–45. <https://doi.org/10.1002/cptc.201600021>.