

**PENINGKATAN EFISIENSI PRODUKSI HIDROGEN HIJAU
MELALUI PROSES PEMISAHAN AIR MENGGUNAKAN
NANOPARTIKEL TiO_2 YANG DIDOPING Ni-Cu**

TESIS



Noni Novianti

2520441001

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG

2025

Desember, 2025

PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH

Saya yang bertanda-tangan di bawah ini:

Nama :Noni Novianti

NIM :2520441001

Departemen/Program Studi:Fisika

Fakultas : MIPA

dengan ini menyatakan bahwa naskah tesis yang berjudul Peningkatan Efisiensi Produksi Hidrogen Hijau Melalui Proses Pemisahan Air Menggunakan Nanopartikel TiO_2 yang Didoping Ni-Cu merupakan hasil pemikiran dan karya saya sendiri, bebas dari plagiat terhadap karya orang lain.

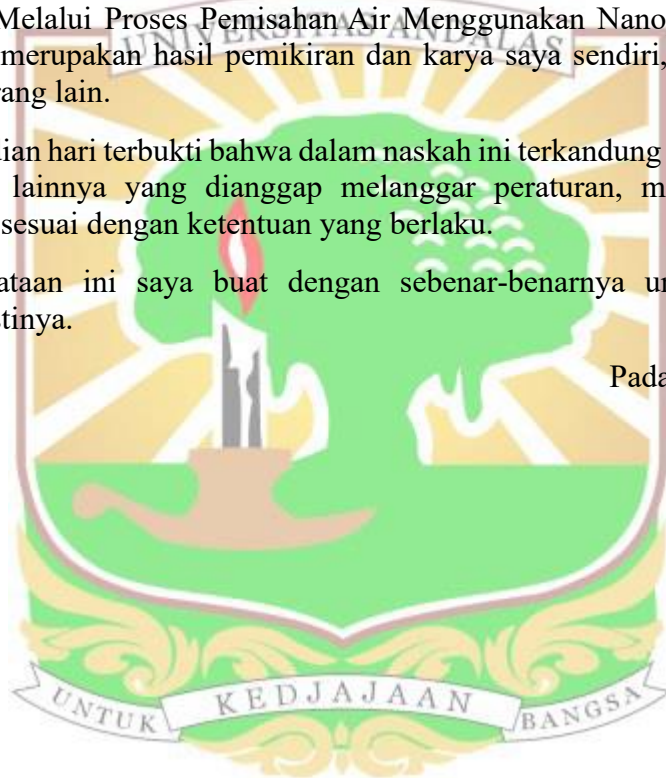
Apabila di kemudian hari terbukti bahwa dalam naskah ini terkandung plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lainnya yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Padang, 30 – 12 – 2025



(Noni Novianti)



TESIS

**PENINGKATAN EFISIENSI PRODUKSI HIDROGEN HIJAU
MELALUI PROSES PEMISAHAN AIR MENGGUNAKAN
NANOPARTIKEL TiO_2 YANG DIDOPING Ni-Cu**

Disusun Oleh:

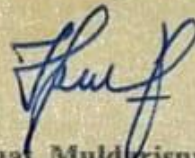
NONI NOVIANTI

2520441001

**Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 14 Januari 2026**

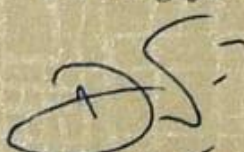
Tim Penguji

Pembimbing Utama



Dr. rer.nat. Mulderisnur, M.Si
NIP:198103292008011014

Penguji I



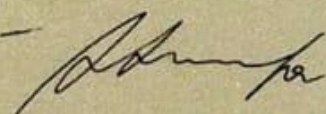
Prof. Dr. Dahyunir Dahlan
NIP:196811281995121002

Penguji II



Dr. Alimin Mahyudin, M.Si
NIP:196106031989011001

Penguji III



Dr. Imam Taufiq, M.Si
NIP:196904231997021001

PENINGKATAN EFISIENSI PRODUKSI HIDROGEN HIJAU MELALUI PROSES PEMISAHAN AIR MENGGUNAKAN NANOPARTIKEL TiO_2 YANG DIDOPING Ni-Cu

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk meningkatkan efisiensi produksi hidrogen hijau melalui proses pemisahan air menggunakan nanopartikel TiO_2 yang didoping dengan nikel dan tembaga. Nanopartikel TiO_2 , TiO_2/Ni , TiO_2/Cu , dan $\text{TiO}_2/\text{Ni-Cu}$ disintesis menggunakan metode sol-gel dengan variasi volume dopan 1 mL, 2 mL, dan 3 mL. Nanopartikel yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM), Transmission Electron Microscopy (TEM), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) dan Ultraviolet-Visible Spectroscopy (UV-Vis) untuk mengetahui struktur kristal, morfologi, ukuran partikel, gugus fungsi dan sifat optiknya. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa seluruh sampel memiliki fase anatase dominan dengan puncak utama pada bidang (101), ukuran kristal berada pada skala nanometer, serta jarak antar bidang (d_{hkl}) sebesar 0,366 nm. Hasil SEM dan TEM memperlihatkan morfologi partikel yang cenderung hampir sferis dengan distribusi dopan yang relatif merata pada permukaan TiO_2 . Spektrum FTIR menunjukkan keberhasilan doping melalui munculnya pita serapan karakteristik ikatan logam-oksigen (Ti-O, Ni-O, dan Cu-O) serta peningkatan intensitas gugus -OH pada permukaan TiO_2 , terutama pada sistem $\text{TiO}_2/\text{Ni-Cu}$. Uji UV-Vis menunjukkan bahwa pendopingan Ni dan Cu mampu menurunkan energi celah pita (band gap) dan meningkatkan serapan cahaya tampak, dengan nilai band gap terendah diperoleh pada sistem $\text{TiO}_2/\text{Ni-Cu}$. Evaluasi aktivitas fotokatalitik menunjukkan bahwa produksi gelembung hidrogen meningkat signifikan setelah dilakukan doping, dengan hasil tertinggi diperoleh pada $\text{TiO}_2/\text{Ni-Cu}$ dengan volume dopan 3 mL. Laju produksi hidrogen pada sistem $\text{TiO}_2/\text{Ni-Cu}$ hampir 4 kali lebih tinggi dibandingkan TiO_2 murni, sedangkan TiO_2/Ni dan TiO_2/Cu masing-masing menunjukkan peningkatan sekitar 2,5 kali dan 2 kali. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendopingan ganda Ni-Cu efektif meningkatkan aktivitas fotokatalitik TiO_2 melalui efek sinergis dalam pemisahan pasangan electron-hole, sehingga berpotensi digunakan sebagai fotokatalis untuk produksi hidrogen hijau.

Kata kunci: TiO_2 doping Ni-Cu, H_2O , fotokatalis, sol gel, hidrogen.

INCREASING THE EFFICIENCY OF GREEN HYDROGEN PRODUCTION THROUGH A WATER SPLITTING PROCESS USING Ni-Cu DOPED TiO₂ NANOPARTICLES

ABSTRACT

This study was conducted to improve the efficiency of green hydrogen production through water splitting using TiO₂ nanoparticles doped with nickel and copper. TiO₂, TiO₂/Ni, TiO₂/Cu, and TiO₂/Ni-Cu nanoparticles were synthesized via the sol-gel method with dopant volume variations of 1 mL, 2 mL, and 3 mL. The synthesized materials were characterized using X-ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), Transmission Electron Microscopy (TEM), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and Ultraviolet-Visible Spectroscopy (UV-Vis) to investigate their crystal structure, morphology, particle size, functional groups, and optical properties.

XRD results indicated that all samples exhibited a dominant anatase phase with a main diffraction peak corresponding to the (101) plane, nanometer scale crystallite sizes, and an interplanar spacing (d_{hkl}) of 0.366 nm. SEM and TEM analyses revealed nearly spherical particle morphology with relatively uniform dopant distribution on the TiO₂ surface. FTIR spectra confirmed successful doping through the appearance of characteristic metal-oxygen vibration bands (Ti-O, Ni-O, and Cu-O) and an increased intensity of surface-OH groups, particularly in the TiO₂/Ni-Cu system. UV-Vis analysis demonstrated that Ni and Cu doping effectively reduced the band gap energy and enhanced visible-light absorption, with the lowest band gap observed for TiO₂/Ni-Cu.

Photocatalytic activity evaluation showed a significant enhancement in hydrogen bubble production after doping, with the highest performance achieved by TiO₂/Ni-Cu at a dopant volume of 3 mL. The hydrogen production rate of the TiO₂/Ni-Cu system was nearly 4 times higher than that of pristine TiO₂, while TiO₂/Ni and TiO₂/Cu exhibited increases of approximately 2.5 times and 2 times, respectively. These results indicate that dual Ni-Cu doping effectively enhances the photocatalytic activity of TiO₂ through a synergistic effect in promoting electron-hole pair separation, suggesting its strong potential as a photocatalyst for green hydrogen production.

Keywords: TiO₂ doped Ni-Cu, H₂O, photocatalyst, sol gel, hydrogen.