UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Dampak Lingkungan dan Tekno-Ekonomi pada Transisi Hidrogen Hijau pada Industri Energi di Indonesia
Ardiputranto Widhinugroho Nurwaskito, Dr. Ir. Wangi Pandan Sari, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Pemerintah Indonesia berkomitmen mencapai target Net Zero Emission (NZE) pada tahun 2060 melalui dekarbonisasi sektor energi. Salah satu strategi utama yang dikembangkan adalah pemanfaatan hidrogen hijau sebagai bahan bakar pendamping (*co-firing*) pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak lingkungan dan kelayakan tekno-ekonomi dari transisi *co-firing* hidrogen hijau pada PLTGU.

Evaluasi dampak lingkungan dilakukan menggunakan metode Life Cycle Assessment (LCA) pendekatan *cradle-to-gate* dengan unit fungsional 1 kWh listrik dan metode ReCiPe 2016 Midpoint (H). Analisis tekno-ekonomi dihitung berdasarkan Net Present Cost (NPC), Levelized Cost of Energy (LCOE), dan Cost of Hydrogen (COH) selama 25 tahun masa operasional. Penelitian ini mengevaluasi tiga skenario utama: Skenario 1 (100% gas alam), Skenario 2 (co-firing hidrogen 8,15% berbasis kapasitas EBT terpasang), dan Skenario 3 (co-firing hidrogen 16,31% berbasis rencana ekspansi PLTA).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *co-firing* hidrogen hijau 16,31% menurunkan emisi karbon sebesar 7,7% dan menghemat energi fosil sebesar 16,22%. Dari sisi tekno-ekonomi, integrasi hidrogen meningkatkan nilai NPC dari $1,107 miliar menjadi $2,433 miliar dan LCOE dari $0,08/kWh menjadi $0,14/kWh akibat tingginya investasi elektroliser PEM. Meskipun demikian, peningkatan skala produksi pada Skenario 3 berhasil menekan COH dari $6,05/kg H_2 menjadi $5,91/kg H_2 melalui efisiensi skala ekonomi.

Penelitian ini merekomendasikan memperluas batasan penelitian, analisis diversifikasi sumber EBT hulu, serta penambahan analisis kelayakan ekonomi.

Kata kunci: Hidrogen Hijau, *Co-Firing*, *Life Cycle Assessment* (LCA), *Levelized Cost of Energy* (LCOE), PLTGU, Dekarbonisasi Energi.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Dampak Lingkungan dan Tekno-Ekonomi pada Transisi Hidrogen Hijau pada Industri Energi di Indonesia
Ardiputranto Widhinugroho Nurwaskito, Dr. Ir. Wangi Pandan Sari, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The Indonesian government is committed to achieving the Net Zero Emission (NZE) target by 2060 through energy sector decarbonization. One of the key strategies being developed is the utilization of green hydrogen as a co-firing fuel in Combined Cycle Gas Turbine (CCGT) power plants. This study aims to analyse the environmental impacts and techno-economic feasibility of the transition to green hydrogen co-firing in CCGT plants.

Environmental evaluation was conducted using the Life Cycle Assessment (LCA) method with a cradle-to-gate approach, a functional unit of 1 kWh of electricity, and the ReCiPe 2016 Midpoint (H) method. Techno-economic performance was evaluated based on Net Present Cost (NPC), Levelized Cost of Energy (LCOE), and Cost of Hydrogen (COH) over a 25-year operational period. This research evaluates three main scenarios: Scenario 1 (100% natural gas), Scenario 2 (8.15% hydrogen co-firing based on installed renewable energy capacity), and Scenario 3 (16.31% hydrogen co-firing based on planned hydropower expansion).

The results show that 16.31% green hydrogen co-firing reduced direct carbon emissions by 7.7% and saved fossil energy usage by 16.22%. Techno-economically, hydrogen integration increased the NPC from $1.107 billion to $2.433 billion and the LCOE from $0.08/kWh to $0.14/kWh due to the high capital cost of PEM electrolyzers. Nevertheless, scaling up production in Scenario 3 successfully reduced the COH from $6.05/kg H_2 to $5.91/kg H_2 owing to economies of scale.

This study recommends expanding research system boundaries, analysing the diversification of upstream renewable energy sources, and incorporating detailed financial feasibility analyses.

***Keywords**: Green Hydrogen, Co-Firing, Life Cycle Assessment (LCA), Levelized Cost of Energy (LCOE), Combined Cycle Gas Turbine (CCGT), Energy Decarbonization.*