UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Prarancangan Pabrik Etilen Oksida dari Bioetanol dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun
Muhammad Raihan Daffa Alhafizh, Ir. Yuni Kusumastuti. S.T., M.Eng., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Ethylene oxide (EO) is an intermediate organic compound that holds a strategic role in the global chemical industry, wherein approximately 75.6% of its consumption is directed toward the production of ethylene glycol as a raw material for antifreeze, polyester fibers, and PET bottles, while the remainder is utilized in the manufacturing of surfactants, ethanolamines, detergents, and the sterilization of heat-sensitive medical equipment. In Indonesia, the market for ethylene oxide and its derivative products is projected to reach 666,000 tonnes by 2025, positioning it as one of the most promising markets in Southeast Asia, with growth sustained by the continued expansion of the chemical, detergent, cosmetics, and pharmaceutical industries.

Indonesia faces a substantial dependency on ethylene oxide imports, averaging 87,050 tonnes per year, while domestic production amounts to only 33,364.91 tonnes per year, thereby underscoring the urgent need to establish a manufacturing facility based on renewable feedstocks in alignment with the national net-zero emission target of 2060. This study presents the design of an ethylene oxide plant with a production capacity of 100,000 tonnes per year, utilizing 96% bioethanol as feedstock via an ethylene intermediate pathway, namely the catalytic dehydration of bioethanol employing gamma alumina (γ-Al_2O_3) as catalyst at temperatures ranging from 300–450°C, followed by the oxidation of ethylene using pure oxygen obtained from an Air Separation Unit (ASU) in the presence of a silver catalyst at temperatures of 200–240°C. The ethylene oxidation process employing pure oxygen was selected on account of its superior selectivity, reaching 85–95% compared to alternative processes, supported by the availability of bioethanol feedstock from PT Energi Agro Nusantara and the strategically located plant site at the JIIPE Industrial Estate, Gresik, East Java, which has been designated as a Special Economic Zone.

Based on the analyses and calculations conducted, a production capacity of 100,000 tonnes of ethylene oxide per year requires raw material consumption of 1.18 tonnes of bioethanol per tonne of ethylene oxide, electrical energy of 0.26 MWh per tonne of ethylene oxide, fresh water of 22.60 tonnes per tonne of ethylene oxide, and coal fuel of 1.71 tonnes per tonne of ethylene oxide. The plant is designed with an estimated fixed capital requirement of US$158.272.551,39, covering a land area of 266,112 m², alongside a working capital of US$88.912.956,60. The economic analysis reveals a net profit of US$9.701.927,76, a post-tax Return on Investment (ROI) of 6.31%, and a Pay Out Time (POT) of 7.34 years. Furthermore, the Break-Even Point (BEP) is recorded at 68.96%, the Shut Down Point (SDP) at 31.85%, and the Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) at 10.35%. Accordingly, this study concludes that the proposed ethylene oxide plant with a capacity of 100,000 tonnes per year is economically viable and merits further investigation.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Prarancangan Pabrik Etilen Oksida dari Bioetanol dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun
Muhammad Raihan Daffa Alhafizh, Ir. Yuni Kusumastuti. S.T., M.Eng., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Keywords: *air separation unit, bioethanol, catalytic dehydration, ethylene oxide, selective oxidation*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Prarancangan Pabrik Etilen Oksida dari Bioetanol dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun
Muhammad Raihan Daffa Alhafizh, Ir. Yuni Kusumastuti. S.T., M.Eng., D.Eng., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Etilen oksida (EO) merupakan senyawa organik intermediet yang memiliki peran strategis dalam industri kimia global, di mana sekitar 75,6% konsumsinya digunakan untuk memproduksi etilen glikol sebagai bahan baku *antifreeze*, serat poliester, dan botol PET, sementara sisanya dimanfaatkan untuk produksi surfaktan, etanolamina, deterjen, serta sterilisasi peralatan medis yang sensitif terhadap panas. Di Indonesia, pasar etilen oksida beserta produk turunannya diperkirakan mencapai 666.000 ton pada tahun 2025, menjadikannya sebagai salah satu pasar potensial di Asia Tenggara yang pertumbuhannya didukung oleh ekspansi industri kimia, deterjen, kosmetik, dan farmasi secara berkelanjutan.

Indonesia menghadapi ketergantungan impor etilen oksida yang signifikan dengan rata-rata 87.050 ton/tahun, sementara produksi domestik hanya mencapai 33.364,91 ton/tahun, mendorong perlunya pembangunan pabrik berbasis bahan baku terbarukan yang sejalan dengan target *net zero emission* 2060. Studi ini merancang pabrik etilen oksida berkapasitas 100.000 ton/tahun dari bioetanol 96% melalui jalur *intermediate* etilen, yakni dehidrasi katalitik bioetanol menggunakan katalis gamma alumina (γ-Al_2O_3) pada suhu 300-450°C, dilanjutkan dengan oksidasi etilen menggunakan oksigen murni, yang diperoleh dari proses *Air Separation Unit* (ASU), dan bantuan katalis perak pada suhu 200–240°C. Proses oksidasi etilen dengan oksigen dipilih karena selektivitas tertinggi mencapai 85–95% dibanding alternatif lain, dengan ketersediaan bahan baku bioetanol dari PT Energi Agro Nusantara dan lokasi pabrik yang strategis, yaitu Kawasan Industri JIIPE, Gresik, Jawa Timur yang telah berstatus Kawasan Ekonomi Khusus (KEK).

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, untuk kapasitas produksi 100.000 ton etilen oksida/tahun, proses produksi etilen oksida membutuhkan *raw material* sebanyak 1,18 ton bioetanol/ton etilen oksida, listrik sebanyak 0,26 MWh/ton etilen oksida, *fresh water* sebanyak 22,60 ton/ton etilen oksida, dan bahan bakar coal sebanyak 1,71 ton/ton etilen oksida. Pabrik dirancang dengan estimasi kebutuhan *fixed capital* sebesar US$ 158.272.551,39 dan dengan luas tanah sebesar 266.112 m² serta *working capital* sebesar US$ 88.912.956,60. Hasil analisis ekonomi menunjukkan profit bersih sebesar US$ 9.701.927,76 dengan ROI setelah pajak sebesar 6,31% dan *Pay Out Time* selama 7,34 tahun. Selain itu, nilai *Break Even Point* tercatat sebesar 68,96%, *Shut Down Point* sebesar 31,85%, dan DCFRR sebesar 10,35%. Oleh karena itu, kesimpulan yang diperoleh dalam tulisan ini adalah pabrik etilen oksida berkapasitas 100.000 ton/tahun layak secara ekonomi dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci: *air separation unit*, bioetanol, dehidrasi katalitik, etilen oksida, oksidasi selektif