

BAB XII

KESIMPULAN DAN SARAN

XII.1. Diskusi

PT Probromindo Petroraya merupakan perusahaan yang bergerak dalam industri petrokimia penghasil propilena (C_3H_6) dengan bahan baku utama propana (C_3H_8) dan bromin (Br_2). Proses pembuatan propilena dilakukan dengan metode *bromine-mediated oxidative dehydrogenation* (Br-ODH) melalui tahapan brominasi, hidrogenasi, dan dehidrobrominasi dengan kapasitas produksi sebesar 128.000 ton/tahun. Pendirian pabrik ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor propilena yang hingga tahun 2030 diproyeksikan masih mengalami kekurangan pasokan. Selain itu, pendirian pabrik ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan propilena dalam negeri yang terus meningkat seiring berkembangnya industri petrokimia, khususnya untuk produksi polipropilena, akrilonitril, dan propilen oksida. Kelayakan pabrik propilena dapat ditinjau dari beberapa faktor sebagai berikut:

1. Bahan baku

Ketersediaan bahan baku utama berupa propana di Indonesia masih sangat memadai karena berasal dari gas alam domestik yang jumlahnya cukup besar hingga tahun 2030. Propana dipilih karena mudah diperoleh dan memiliki potensi tinggi untuk dikonversi menjadi propilena bernilai ekonomi tinggi. Sementara itu, bahan baku bromin masih bergantung pada impor dengan China sebagai pemasok utama. Ketergantungan terhadap bahan baku impor ini dapat menjadi tantangan karena adanya risiko fluktuasi harga global, perubahan kebijakan ekspor negara pemasok, serta potensi gangguan rantai pasok internasional yang dapat memengaruhi kontinuitas produksi pabrik. Namun, berdasarkan hasil forecast, ketersediaan bromin global hingga tahun 2030 masih menunjukkan tren peningkatan sehingga kebutuhan bahan baku pabrik masih dapat terpenuhi.

2. Proses dan produk yang dihasilkan

Proses pembuatan propilena yang dipilih adalah metode Br-ODH yang terdiri dari tiga tahap utama yaitu brominasi propana menjadi mono-bromopropana dan 1,2-dibromopropana, hidrogenasi 1,2-dibromopropana menjadi mono-bromopropana, serta dehidrobrominasi mono-bromopropana menjadi propilena. Metode ini dipilih karena memiliki keunggulan berupa yield tinggi 99,58%, selektivitas yang baik dan minim

pembentukan *coke*. Produk utama yang dihasilkan adalah propilena dengan kemurnian tinggi sebesar 99,58%. Selain itu, dihasilkan pula produk samping bernilai ekonomi seperti HBr dan mono-bromopropana.

3. Lokasi

Lokasi pendirian pabrik dipilih di kawasan industri Kalimantan Timur dengan mempertimbangkan kedekatan terhadap sumber bahan baku propana, akses transportasi, ketersediaan utilitas, serta kemudahan distribusi produk ke pasar domestik maupun ekspor. Lokasi ini dinilai strategis karena memiliki infrastruktur pendukung yang memadai seperti jaringan pipa gas dan fasilitas pelabuhan yang mendukung operasional pabrik.

4. Ekonomi

Kelayakan pabrik ini dari segi ekonomi ditinjau berdasarkan pada analisa ekonomi sebagai berikut.

- Laju pengembalian modal atau Rate of Return Investment (ROI) sesudah pajak diatas bunga bank ($>11\%$) yaitu sebesar 14,89%
 - Waktu pengembalian modal (Pay Out Time) setelah pajak yaitu 5 tahun 8 bulan
 - Titik impas (*Break Even Point*) mendekati BEP ideal antara 40-60%, yaitu 40,24%
- Berdasarkan penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa Prarencana Pabrik Propilena dari Propana dan Bromin ini layak untuk dilanjutkan ke tahap perencanaan, baik dari segi teknik maupun ekonomis.

XII.2. Kesimpulan

Nama perusahaan = PT Probromindo Petroraya

Produk utama = Propilena

Kapasitas = 128.000 ton/tahun

Bahan baku utama = Propana dan Bromin

Jenis operasi = Kontinyu

Utilitas

- Air = 1.780.76 m³/hari
- *Dowtherm A* = 71.284 kg/hari
- Listrik = 4.194.46 kW
- Bahan bakar IDO = 93,59 m³/hari
- Bahan bakar LNG = 40.292 kg/hari

Jumlah tenaga kerja = 468 orang

Lokasi pabrik = Jl. Ampera, Kec Palaran, Kota Samarinda, Kalimantan Timur

Luas pabrik = 127.314,8 m²

Hasil ekonomi

1. Fixed Capital Investment (FCI) = Rp 3.897.646.716.432,09

2. Working Capital Investment (WCI) = Rp 25.836.773.941.393,30

3. Total Production Cost (TPC) = Rp 27.536.748.820.680,40

4. Penjualan per tahun = Rp 35.749.521.167.656,10

Analisa ekonomi dengan metode *discounted cash flow*:

- Rate of Return Investment (ROI) sebelum pajak = 21,46%
- Rate of Return Investment (ROI) setelah pajak = 14,89%
- Rate of Equity Investment (ROE) sebelum pajak = 27,16%
- Rate of Equity Investment (ROE) setelah pajak = 16,43%
- Pay Out Time (POT) sebelum pajak = 4 tahun 8 bulan
- Pay Out Time (POT) setelah pajak = 5 tahun 8 bulan
- Break Even Point (BEP) = 40,24%

XII.3. Saran

Berdasarkan hasil analisa, terdapat beberapa saran untuk pengembangan pada tahap perencanaan selanjutnya. Perlu dilakukan analisa lebih dalam terkait optimasi kondisi operasi pada setiap unit proses agar diperoleh efisiensi yang lebih tinggi serta biaya operasional yang lebih ekonomis. Analisis terhadap aspek keselamatan proses juga perlu diperhatikan secara rinci, mengingat penggunaan bromin dan hidrogen yang bersifat korosif, toksik, serta mudah terbakar. Selain itu, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap pengadaan bahan baku bromin karena harganya relatif tinggi dan masih bergantung pada impor, sehingga berpotensi meningkatkan biaya produksi serta menimbulkan risiko fluktuasi harga dan gangguan pasokan. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengadaan bahan baku yang tepat, seperti kontrak jangka panjang dengan supplier atau diversifikasi pemasok.

DAFTAR PUSTAKA

- Airgas: an Air Liquide Company. (2022). *Safety Data Sheet Hydrogen Bromide*. <https://www.airgas.com/msds/001027.pdf>
- Al-Ghamdi, S. A., & de Lasa, H. I. (2014). Propylene production via propane oxidative dehydrogenation over VOx/ γ -Al₂O₃ catalyst. *Fuel*, 128, 120–140. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.02.033>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Data Ekspor Impor Nasional Propilena*. <https://www.bps.go.id/>
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Upah Minimum Kota Samarinda (UMK) dan Upah Minimum Provinsi Kalimantan Timur (UMP)*. <https://www.bps.go.id/>
- Branan, Carl. 2005. “*Rules of Thumb Chemical Engineers*”. United States. Elsevier Inc.
- Brownell, L.E and Young. E.H. 1959. *Process Equipment Design* 3ed. New York: John Wiley & Sons.
- “Chandra Asri Chemical Solution” [Online]. Available: <https://chandra-asri.com/>
- “Chemical Engineering Plant Cost Index” [Online]. Available: www.chemengonline.com
- Chengdu First Industrial Gas Co., Ltd. (2026). *Industrial Grade 99.9999% Purity Hydrogen H₂ Gas with 50L Cylinder*. [Online]. Available: <https://firstgas.en.made-in-china.com>
- Coulson, J., M and Richardson, J. F., 1989, *Chemical Engineering* vol. 6, Pergamon Press, Inc., New York
- Dang, H. T., Rajendiran, S., Kim, C.-U., Kim, Y., Kim, J.-C., & Kim, T.-W. (2024). A low-temperature regenerable catalyst for stable and selective propylene production from ethylene using Ni and P-supported SSZ-13 zeolite. *Applied Catalysis B: Environment and Energy*, 358, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2024.124421>
- Dalal, M. (2018). *A Textbook of Physical Chemistry* (Vol. 1). Dalal Institute.
- “Dowtherm A Heat Transfer Fluid” [Online]. Available: www.rodun-int.com
- “Fluid Flow Basics of Throttling Valve” [Online]. Available: www.cashco.com
- Gas Innovations. (2026). *High-Purity Propylene Gas Supplier (UN1077 Propylene Gas)*. [Online]. Available: <https://gasinnovations.com/products/propylene/>
- Geankoplis, C.J., 1983, “*Transport Processes and Unit Operations*”, 4th Edition, Prentice-Hall International Inc., New York.
- Go, K.-S., Chu, Y.-H., & McFarland, E. W. (2023). Techno-economic analysis of bromine mediated propane oxidative dehydrogenation to produce propylene. *Chemical Engineering Journal*, 473, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.145260>

- Hanwha TotalEnergies Petrochemical. (2022). *Safety Data Sheet Propylene*.
<https://www.hanwha.com/companies/hanwha-totalenergies-petrochemical.do>.
- Himmelblau, D. M. and Riggs, J. B. (2012). “*Basic principles and calculations in chemical engineering*”.
- “Hydrogen Bromide Market Growth Analysis – Market Size, Share, Forecast trends and Outlook Report (2025-2034)” [Online]. Available: www.researchandmarkets.com
- “IndexBox: Market Intelligence Platform” [Online]. Available: <https://www.indexbox.io/>.
- InvestingPoint. (2026). *Payback Period Calculator*. <https://www.investingpoint.com>
- Jinhong Gas. (2026). *Hydrogen Bromide*. [Online]. Available: <https://jh-gas.com/vi/gas/hydrogen-bromide/>
- Joshi, M.V. 1981. *Process Equipment Design*. New York : McGraw-Hill Indian Ltd.
- “Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral” [Online]. Available: <https://migas.esdm.go.id/>
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2009). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Kern, D. Q. (1950) *Process heat transfer*. New York: McGraw-Hill Book.
- Levenspiel, O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Muby Chemicals. (2026). *Bromine Manufacturers, with SDS GHS MSDS Sheet*. [Online]. Available: <https://mubychem.com/brominemanufacturers.html>
- Megyesy, Eugene, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc., Tulsa, 1983.
- “Mono-Bromopropane Global Market Insights 2025, Analysis and Forecast to 2030, by Manufacturers, Regions, Technology, Application” [Online]. Available: www.researchandmarkets.com
- Novodárszki, G., Szabó, B., Auer, R., Tóth, K., Leveles, L., Barthos, R., Turczel, G., Pászti, Z., Valyon, J., Mihályi, M. R., & Tuba, R. (2021). Propylene synthesis *via* isomerization–metathesis of 1-hexene and FCC olefins. *Catalysis Science & Technology*, 11(18), 6257–6270. <https://doi.org/10.1039/D1CY00269D>
- Perry’s, R. H. and Green, D. 1984, “*Chemical Engineers Handbook*”, 6th ed., Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- “Pertamina One Solution” [Online]. Available: <https://onesolution.pertamina.com/>

- “Pertamina Petrochemical Trading Olefin Propylene” [Online]. Available: <https://pertachem.com/propylene-id>
- Peter, M.S., Timmerhaus, K.D., 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed., McGraw-Hill Book Co., New York.
- “Product Palladium on Aluminium (Pd/Al₂O₃)” [Online]. Available: www.hnxintan.com
- “Product Silica Alumina SiO₂ & Al₂O₃” [Online]. Available: www.made'in-china.com
- “Product Calcium Hypochlorite” [Online]. Available: www.hoochemtec.com
- “Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional” [Online]. Available: <https://sippp.kemenperin.go.id/>
- Roohollahi, H., Hamidzadeh, M., Yaripour, F., & Shifteh, S. (2023). Seed-assisted H-[B]-ZSM-5 borosilicate: Investigating the effect of promoter level on catalytic production of propylene from methanol. *Catalysis Communications*, 183, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2023.106782>
- Sigma Aldrich. (2023a). *Safety Data Sheet Hydrogen*. <https://www.sigmaaldrich.com/ID/en/sds/aldrich/295396>
- Sigma Aldrich. (2023b). *Safety Data Sheet Propane*. <https://www.sigmaaldrich.com/ID/en/sds/aldrich/536172>
- Sigma Aldrich. (2024). *Safety Data Sheet Bromine*. <https://www.sigmaaldrich.com/ID/en/sds/aldrich/470864>.
- Sigma Aldrich. (2025). *Safety Data Sheet Mono-Bromopropane*. <https://www.sigmaaldrich.com/ID/en/sds/aldrich/b78106>
- Smith, J.M., H.C. Van Ness dan M.M. Abbott. (1996). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 8th Edition. New York: McGraw- Hill Book Company
- Song, C., Pan, W., Srimat, S. T., Zheng, J., Li, Y., Wang, Y.-H., Xu, B.-Q., & Zhu, Q.-M. (2004). Tri-reforming of Methane over Ni Catalysts for CO₂ Conversion to Syngas With Desired H₂/CO Ratios Using Flue Gas of Power Plants Without CO₂ Separation. *Studies in Surface Science and Catalysis*, 153, 315-322.
- Stanford Advanced Materials. (2021). *Safety Data Sheet Palladium on Alumina (Pd/Al₂O₃) Powder*. <https://www.samaterials.com/palladium/964-palladium-on-alumina-pdal2o3.html>
- The Chemours Company. (2015). *Freon 134a Automotive Refrigerant Product Information*. [Online]. Available: <https://www.freon.com/>
- “Thermodynamic Properties Refrigerant (R-134a)” [Online]. Available: www.freon.com

- Trindade, A. C. M., Enzweiler, H., & Salau, N. P. G. (2025). Optimizing propylene production via acetone hydrodeoxygenation: Insights from catalytic studies with Cu/ γ -Al₂O₃ and H β zeolite. *Catalysis Today*, 445, 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2024.115095>
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- U.S. Energy Information Administration. (2026). *Energy Kids: Propane*. [Online]. Available: <https://www.eia.gov/kids/energy-sources/propane/>
- Wings International. (2026). *N Propyl Bromide*. [Online]. Available: <https://www.wings-international.co.in/n-propyl-bromide.htm>
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*
- Yetan. (2026). *Palladium Catalyst*. [Online]. Available: <https://www.hnytcarbon.com/>
- Yetan. (2026). *Silica Catalyst*. [Online]. Available: <https://www.hnytcarbon.com/>