



PRARANCANGAN PABRIK PARAXYLENE DARI TOLUENA DENGAN PROSES DISPROPORSIONASI KAPASITAS 4000 TON/TAHUN

Hayrannisa Hardin ^{1*}, Fitra Ramadani ², Rismawati Rasyid ³, Fitra Jaya ⁴
^{1,2,3,4}, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia
 E-mail: hayrannisahardin@gmail.com, fitraramadaniarsyad14@gmail.com,

ABSTRACT

Paraxylene is made by the disproportionation process of toluene using toluene and hydrogen as raw materials, the reactor used is a fix bed multitube reactor in which the reaction takes place at a temperature of 250°C and pressure of 30 atm with the help of ZSM-5 Catalyst. The paraxylene production capacity is designed for 4.000 tons/year, requiring 2,918 kg/hour of toluene as raw material and 5.836 kg/hour of hydrogen. Electricity utilities of 38,34 kWh, steam 1.081,3 kg/hour, fuel in the form of diesel 695 liters/hour. Pre-Design This cyclohexane plant is planned to be established in the Cilegon industrial area, West Jawa. The form of the company is a Limited Liability Company (PT) with a line and staff system requiring a workforce of 124 people. Based on the calculation of the economic evaluation for the establishment of the cyclohexane plant above, fixed capital of Rp 13 billion is needed, working capital of Rp 5 billion and manufacturing costs of Rp 509 billion, production selling price of Rp 618 billion with profits before tax and after tax of Rp 38 billion and Rp2 6 billion respectively. Profitability includes the rate of Investment (ROI) before and after tax of 55,91% and 38,59% respectively. Pay of Time (POT) before and after tax 2.04 years and 2,68 years. Break event Point (BEP) of 42,01% and Shut Down Point (SDP) of 21,47%. Based on technical considerations and the results of the economic analysis calculations above, the cyclohexane plant with a capacity of 4,000 tons/year is feasible to be continued to the next stage.

Keywords: Toluene, hydrogen, paraxylene

ABSTRAK

Paraxylene dibuat dengan proses disproporsinasi toluena dengan menggunakan bahan baku toluena dan hidrogen, reaktor yang digunakan adalah reaktor *Fixed Bed Multitube* didalam reaktor berlangsung reaksi

Article History

Received: Juli 2025
 Reviewed: Juli 2025
 Published: Juli 2025

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :
[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author
 Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



dengan suhu 250°C dan tekanan 30 atm dengan bantuan katalis ZSM-5. Kapasitas produksi paraxylene dirancang 4.000 ton/tahun, membutuhkan bahan baku toluena sebesar 2.918 kg/jam dan 5.836 kg/jam hidrogen. Utilitas listrik sebesar 38,34 kWh, steam 1.081,3 kg/jam, bahan bakar berupa solar sebesar 695 L/Jam. Prarancangan Pabrik Paraxylene ini direncanakan didirikan di daerah kawasan Cilegon, Banten. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem garis dan staff membutuhkan tenaga kerja sebanyak 124 orang. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi untuk pendirian pabrik paraxylene untuk pendirian pabrik paraxylene diatas dibutuhkan modal tetap sebesar Rp 13 Milyar modal kerja sebesar Rp 5 Milyar dan *manufacturing cost* sebesar Rp 509 Milyar harga jual produksi sebesar Rp 618 Milyar dengan keuntungan sebelum pajak dan sesudah pajak berturut-turut sebesar Rp 38 Milyar dan Rp 26 Milyar. Profitabilitas meliputi *Rate of Investment* (ROI) sebelum dan sesudah pajak berturut-turut sebesar 55,91 % dan 38,59%. *Pay of time* (POT) sebelum dan sesudah pajak 2,04 tahun dan 2,68 tahun. *Break Event Point* (BEP) sebesar 42,01% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 21,47%. Berdasarkan pertimbangan teknik dan hasil perhitungan analisis ekonomi di atas, maka pabrik paraxylene berkapasitas 4.000 ton/ tahun layak untuk diteruskan ke tahap selanjutnya.

Kata Kunci: Toluena, hidrogen, paraxylene

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dan pertumbuhan industri adalah bagian dari usaha pembangunan ekonomi jangka panjang yang bertujuan untuk menciptakan struktur ekonomi yang kuat dan seimbang, pembangunan di bidang industri kimia semakin pesat perkembangannya. Hal ini dibuktikan dengan didirikannya beberapa pabrik kimia di Indonesia. kegiatan pengembangan industri kimia di Indonesia diarahkan untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri akan bahan kimia dan juga sekaligus ikut memecahkan masalah ketenagakerjaan

Salah satu jenis indutri kimia yang sangat besar pengaruhnya terhadap industri kimia lainnya di Indonesia adalah *paraxylene*. Paraxylene atau yang disebut 1,4 dimethylbenzene adalah senyawa aromatis hidrokarbon yang mudah terbakar, tidak berwarna, dan berwujud cair pada temperatur dan tekanan *ambient*. Paraxylene adalah salah satu isomer dari senyawa xylene yang sangat penting karena dapat dikonversi menjadi *purified terephthalic acid* (PTA) dan *dimethyl terephthalate* yang akhirnya digunakan



untuk memproduksi *polyethylene terephthalate* (PET). Paraxylene juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan fiber, pelapis cat, *emulsifier*, bahan penggosok, pewarna, film, resin, dan lain-lain [25].

Saat ini perkembangan industri paraxylene di Indonesia sangat pesat, dimana di Indonesia sendiri penghasil senyawa paraxylene terdapat pada 2 industri yaitu PT. PERTAMINA RU IV Cilacap dengan kapasitas 270.000 ton/tahun dan PT. Trans Pasific Petrochemical Indonesia Tuban dengan kapasitas 780.000 ton/tahun. Untuk kebutuhan paraxylene di Indonesia mencapai 1,3 juta ton/tahun sedangkan pemenuhan dari dalam negeri hanya dapat dari kedua pabrik tersebut [3]. Dengan demikian, pabrik yang sudah beroperasi saat ini masih belum mampu memenuhi kebutuhan paraxylene di Indonesia.

Oleh karena itu, berdasarkan uraian diatas, produk paraxylene dalam negeri sangat perlu untuk memenuhi kebutuhan paraxylene di dalam negeri sehingga secara otomatis dapat mengurangi kebutuhan impor paraxylene di Indonesia, menunjang pertumbuhan dan perkembangan industri di Indonesia.

Pada prinsipnya proses disproporsionasi toluene merupakan gugus metil dari suatu molekul toluene ke molekul lainnya. proses ini juga sering disebut dengan transalkilasi. disproporsionasi toluene merupakan pembuatan paraxylene dengan transalkilasi katalik, dimana toluene akan dikonversikan menjadi benzene sebagai produk samping dan xylene. Pada metode ini reaksi bersifat endotermis dan menggunakan fix bed reactor xylene yang terbentuk adalah mixed xylene dan benzene. para selectivity adalah jumlah proporsi paraxylene dalam total campuran xylene. dari percobaan yang dilakukan oleh Young Butter and Kaeding (1982). proses disproporsionasi toluene ini dikembangkan oleh beberapa perusahaan, yaitu perusahaan mobile di Enichen Refinery dengan nama MSTDP dan perusahaan Exxon Mobile yang diberi nama PxMax [28].

2. Uraian Proses

Bahan baku yang digunakan pada produksi paraxylene dengan proses disproporsionasi toluene adalah toluene dan hydrogen. Toluene sebagai bahan baku diperoleh dari PT. Chandra Asri, Cilegon. Untuk gas hydrogen didapat dari PT. Air Liquide, Cilegon.

Proses pembuatan Paraxylene dilakukan dengan tahapan yaitu [28]

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

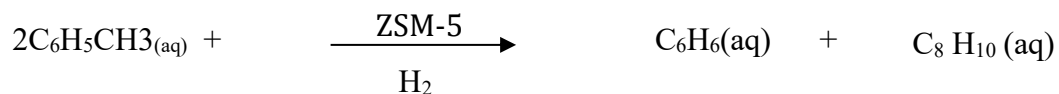
Pada tahap persiapan bahan baku, disimpan dalam tangki penyimpanan pada temperatur 30 °C dan tekanan 1 atm sedangkan gas Hidrogen (H₂) dialirkan secara *inline*. Fresh Toluena dicampur dengan recycle toluena dari kolom distilasi masuk ke vaporizer pada suhu 120 °C untuk mengubah fasa liquid menjadi gas. Campuran toluena fresh dan recycle toluena pada



suhu 120°C dialirkan ke kompresor untuk dinaikkan tekanannya menjadi 30atm. Feed reaktor ini terlebih dahulu dipanaskan dengan Heater sehingga menjadi 250°C dan tekanan 30 atm. Kemudian gas Hidrogen (H₂) diumpankan ke dalam reaktor.

b. Tahap Reaksi

Tahap pembentukan produk terjadi di dalam reaktor. Reaktor yang digunakan adalah reaktor *fixed bed multitube* (R-01) dengan katalis padat Zeolite ZSM-5. Reaksi yang terjadi dalam reaktor :



Bahan baku dimasukkan ke dalam reaktor secara non-isothermal non-adiabatis dengan suhu 250°C dan tekanan 30 atm. Gas Hidrogen dan Toluena dimasukkan secara bersamaan ke bagian tube reaktor. Di dalam reaktor terjadi pembentukan xylene dan benzena. Reaksi yang terjadi adalah reaksi endotermis, sehingga melepaskan panas yang dapat menaikkan suhu dalam reaktor. Panas yang dihasilkan oleh reaktor dapat diserap oleh cooling water yang dialirkan oleh jaket reaktor. Produk keluaran reaktor berupa benzena, hidrogen dan xylene.

c. Tahap pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk yang keluar dari reaktor berupa fasa gas selanjutnya suhunya akan diturunkan terlebih dahulu menggunakan Heat Exchanger. Kemudian tekanannya diturunkan menjadi 6 atm pada suhu 75°C menggunakan Expander. Untuk proses pemisahan antara fraksi gas hidrokarbon dengan fraksi cairan berupa benzena, toluena, xylene, maka produk dialirkan ke flash tank dengan penurunan tekanan secara mendadak. Gas Hidrogen dari flash tank merupakan produk atas dan direcycle sebagai bahan baku, sedangkan produk bawah akan dilakukan proses pemurnian dan pemisahan produk.

Fraksi cairan berupa benzena, toluena dan xylene dari produk bawah flash tank dipompa ke heater (E) untuk dinaikkan suhunya menjadi 105°C dan tekanan 1 atm. Kemudian fraksi cairan benzena, toluena, dan xylene dialirkan ke dalam kolom benzena (D-01) untuk memisahkan benzena dan campurannya. Hasil atas berupa destilat benzena dan hasil bawah berupa campuran xylene dan toluena. Benzena yang diperoleh sebagai hasil atas akan dipompa menuju tangki penyimpan benzena (F-01). Hasil bawah kolom benzena dengan suhu 111°C dan tekanan 1 atm lalu dimasukkan ke dalam kolom Toluena (D-02) untuk memisahkan toluena dari campuran xylene. Diperoleh hasil atas berupa destilat toluena dan



hasil bawah berupa cairan xylene dengan suhu 144°C dan 1 atm. sehingga diperoleh p-xylene dalam fasa cair dengan kemurnian 99,9% wt dan didinginkan menggunakan heat exchanger dan disimpan dalam tangki penyimpanan paraxylene.

3. Analisa Ekonomi

Suatu rancangan pabrik dianggap layak didirikan bila dapat beroperasi dalam kondisi yang memberikan keuntungan. Berbagai parameter ekonomi digunakan sebagai pedoman untuk menentukan layak tidaknya suatu pabrik didirikan dan besarnya tingkat pendapatan yang dapat diterima dari segi ekonomi. Parameter-parameter tersebut antara lain:

1. *Shut Down Point* (SDP)
2. Titik Impas/*Break Even Point* (BEP)
3. Laju Pengembalian Modal/*Return On Investment* (ROI)
4. Waktu Pengembalian Modal/*Pay Out Time* (POT)
5. Laju Pengembalian Internal/*Internal Rate of Return* (IRR)

3.1 Modal Investasi

Modal investasi adalah seluruh modal untuk mendirikan pabrik dan mulai menjalankan usaha sampai mampu menarik hasil penjualan. Modal investasi terdiri dari:

1. Modal investasi tetap = Rp13.698.718.558,56
2. Modal kerja = Rp5.870.879.382,24

3.2 Biaya Produksi Total (BPT)/ Total Cost (TC)

Biaya produksi total merupakan semua biaya yang digunakan selama pabrik beroperasi. Biaya produksi total meliputi:

- a) Biaya Tetap/ Fixed Cost (FC) = Rp. 2.317.040.396,19
- b) Biaya Variabel/ Variable Cost (VC) = Rp. 466.735.751.654,26

3.3 Total Penjualan (Total Sales)

Penjualan diperoleh dari hasil penjualan produk adalah sebesar Rp.618.910.605.467,01

3.4 Perkiraan Rugi/Laba Usaha

Dari hasil perhitungan pada Lampiran D diperoleh:

1. Laba sebelum pajak (bruto) = Rp 38.295.997.118,54
2. Laba setelah pajak (netto) = Rp 26.433.596.567,74

3.5 Analisa Aspek Ekonomi

a. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah suatu titik atau saat penentuan aktivitas produksi dihentikan, dari perhitungan Lampiran D diperoleh SDP 21,47%.

b. Break Even Point (BEP)

Break Even Point adalah keadaan kapasitas produksi pabrik pada saat hasil penjualan hanya dapat menutupi biaya produksi, dari hasil perhitungan lampiran D, maka *Break Even Point* sebesar 42,01%, BEP masih berada pada rentang persyaratan BEP yaitu berkisar 40-60%.

c. Return on Investment (ROI)

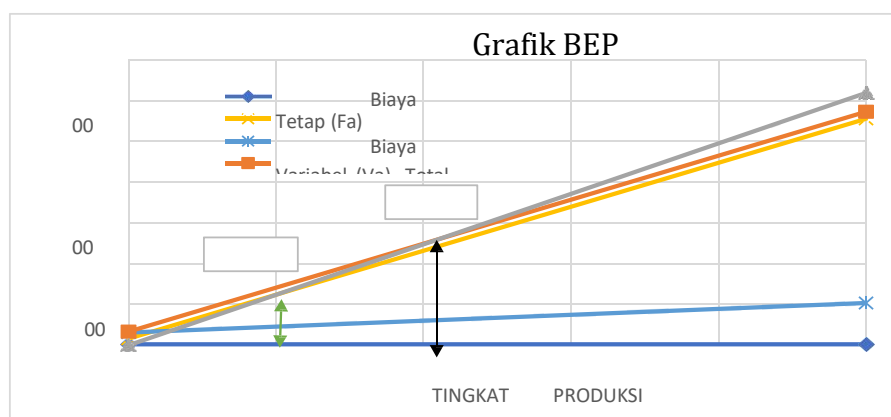
Return on Investment adalah besarnya persentase pengembalian modal tiap tahun dari penghasilan bersih, diperoleh ROI sebesar 38,59%, sehingga pabrik yang akan didirikan ini termasuk resiko laju pengembalian modal rata-rata karena berada pada kisaran 15-45%.

d. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai, didapatkan POT sebelum pajak 1,73 tahun dan setelah pajam 2,46 tahun.

e. Internal Rate of Return (IRR)

Internal rate of return berdasarkan *discounted cash flow* adalah suatu tingkat bunga tertentu dimana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh jumlah pengeluaran modal, dari perhitungan Lampiran D diperoleh IRR = 74,22%, sehingga pabrik akan menguntungkan karena lebih besar dari bunga bank saat ini sebesar 14% (BRI, 2024).





KESIMPULAN

Prarancangan pabrik pembuatan paraxylene dari toluena dengan kapasitas 4000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di Kawasan Cilegon, Banten. Sesuai dengan perhitungan analisa ekonomi dapat diketahui keuntungan yang diperoleh sebelum pajak adalah Rp. 38 Milyar dan sesudah Rp 26 Milyar pajak. Return on Investment (ROI) untuk pabrik ini sebesar 55,91% dan 38,59%, sehingga pabrik yang akan didirikan termasuk resiko laju pengambilan modal rata-rata karena berada pada kisaran 15-45%. Pay Out Time (POT) untuk pabrik ini adalah sebelum pajak dan setelah pajak yaitu 2,04 tahun dan 2,68 tahun. Break Event Point (BEP) adalah 42,01%. BEP ini masih berada pada rentang persyaratan BEP yaitu berkisar 40-60%. Shut Down Point (SDP) adalah 21,47%. Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi diatas, dapat disimpulkan bahwa pembuatan paraxylene dengan menggunakan bahan baku toluena dengan kapasitas pabrik 4.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Agra, S.W., 1987, *Reaktor Kimia*, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- [2]Aneke, L. E. (1976). *Kinetics Of the Vapour-Phase Catalytic Disproportionation of Toluene*.
- [3]Badan Pusat Statistik Republik Indonesia “www.bps.go.id” 2024. [online]. Available: www.bps.go.id . [Accesed : Okt, 14, 2024].
- [4]Brown.G.George., 1956, *Unit Operation 6^{ed}*, Wiley&Sons, USA.
- [5]Brownell.L.E. and Young.E.H., 1959, *Process Equipment Design*, John Wiley & Sons, New York.
- [6]Chauvel, A., & Lefebvre, G. (1989). *Petrochemical Processes*.
- [7]Chen, C.-Y., Liang, A. J.-B., Miller, S. J., & Ziemer, J. N. (2013). *Process for The Production of Paraxylene*.
- [8]Coulson.J.M. and Ricardson.J.F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.



- [9]Geankoplis.Christie.J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3th^{ed}*, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- [10]Himmeblau.David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- [11]Holman, J.P., *Heat Transfer 8th Edition*, Mc Graw Hill Companies Inc., USA
- [12]Kent S. Knaebel, 2006. *How To Guide For Adsorber Design*, Adsorption Research, Inc. Dublin, Ohio 43016.
- [13]Kern.D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- [14]Kirk.R.E.and Othmer.D.F., 1993, *Encyclopedia of Chemical Technology 18^{ed}*, John Wiley&Sons, New York.
- [15]Levenspiel.O., 1972, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- [16]Matar, S. and Hatch, F.L, 2000, *Chemistry of Petrochemical Processes*, Gulf Publishing Company, Texas
- [17]Mc. Cabe.W.L. and Smith.J.C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- [18]Megyesy, E.F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.
- [19]Meyers, Robert A., 2004, *Handbook of Petroleum and Refinery Process*, McGraw-Hill Book Company (Digital Engineering Series), New York.
- [20]Minceva, M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth-Heinemann Inc., New York.
- [21]Oxtoby, Gillis, & Butler. (1999). *Principles of Modern Chemistry, 8th Edition*.
- [22]Perry.R.H. and Green.D., 1997, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7th^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- [23]Peter.M.S. and Timmerhause.K.D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3^{ed}*, McGraww-Hill Book Company, New York.
- [24]Rase, H.F. and Barrow, M.H., 1957, *"Chemical Reactor Design for Process Plant", vol. I&II*, John Willey and Sons, New York.



- [25]Setiawan, M. F., & Fitriani. (2018). Pra-Rancangan Pabrik Paraxilen dari Toulén dengan Proses Disproporsionasi Toluén Kapasitas Produksi 110.000 Ton/Tahun (pp. 25–30).
- [26]Smith.J.M. and Van Ness.H.C., 1975, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 3^{ed}*, McGraw-Hill Inc, New York.
- [27]Treyball.R.E., 1981, *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- [28]Ulman's, 1987, *Encyclopedia of Industrial Chemistry vol VI*, New York.
- [29]Ulrich.G.D., 1982, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- [30]Wallas. S.M., 1959, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.