

## PRARANCANGAN PABRIK ANILIN DENGAN PROSES HIDROGENASI NITROBENZENA FASE UAP KAPASITAS 1.120 TON/TAHUN

Miftahur Rohmah Fadiyah<sup>1</sup>, Dita Shofia Khoirunissa<sup>1</sup>, Salsabila Amania Ramadhani<sup>1</sup>, Ditta Kharisma Yolanda Putri<sup>1</sup>, Bekti Palupi<sup>1</sup>, Helda Wika Amini<sup>1</sup>, Meta Fitri Rizkiana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Kalimantan Tegalboto No. 37, Krajan Timur, Kecamatan Summersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121

\*Corresponding Author: miftahfadiyah77@gmail.com

### Abstract

*Currently, the industrial sector plays a crucial role in boosting a country's economy, particularly within the manufacturing industry. One sector with significant potential to drive economic growth in Indonesia is aniline production. Aniline is an organic compound with the chemical formula  $C_6H_5NH_2$ . It is a colorless oily liquid with a distinctive odor, commonly used in pesticides, rubber, pharmaceuticals, and dyes. Up to now, Indonesia has been importing aniline from abroad, despite many domestic industries requiring it as a raw material. Therefore, this research discusses the design of an aniline plant with a capacity of 1,120 tons per year and an operational period of 330 days. The process stages include raw material preparation, aniline synthesis, and purification. The raw materials used are nitrobenzene and hydrogen, with annual quantities of 1,900.467 tons/years and 5,701.4020 tons/years, respectively. The process employed is vapor-phase hydrogenation with a yield of 99%. The proposed plant location is in Tanara District, Serang Regency, Banten. The planned business entity is a limited liability company (PT) with a total workforce of 202 employees. The feasibility of establishing the plant is based on an economic analysis that considers several financial parameters. According to the economic evaluation, the time required to recover the initial investment, or Pay-Out Time (POT), is 4.51 years; the Rate of Return on Investment (ROI) is 79.74%; and the Break-Even Point (BEP) is 53.04%.*

*Keywords: Industrial, Aniline, Hydrogenation.*

### 1. Pendahuluan

Sektor di Indonesia yang perlu ditingkatkan adalah sektor perekonomian dengan memajukan sistem industrialisasi. Industri kimia di Indonesia menunjukkan potensi yang besar berkat pertumbuhan industri manufaktur yang pesat, serta meningkatnya gaya hidup konsumtif (Steven, 2019). Hingga saat ini Indonesia masih mengalami ketergantungan terhadap impor produk industri kimia yang menyebabkan besarnya pengeluaran devisa negara, sehingga perlu adanya perhatian khusus terhadap industri kimia. Salah satu industri kimia yang produksinya tiap tahun selalu dibutuhkan adalah anilin. Anilin adalah senyawa organik yang berfungsi sebagai bahan baku utama dalam produksi urethane, bahan intermediet untuk herbisida dan pestisida, serta digunakan dalam pembuatan pewarna dan farmasi. Anilin juga berfungsi sebagai bahan pembuatan

phenylenediamine dan diphenylamine sebagai bahan adiktif pembuatan karet (Anjalin, et al, 2020).

Aniline, aminobenzene, benzenamine, aminophen memiliki rumus molekul ( $C_6H_5NH_2$ ) merupakan salah satu senyawa organik dimana cincin fenil ( $C_6H_5$ ) terikat pada gugus amino ( $NH_2$ ) (Anjalin, et al, 2020). Anilin merupakan cairan minyak yang tidak memiliki warna, lebih berat dari air, dan memiliki titik didih dan titik leleh masing-masing 184°C dan 6°C. Anilin memiliki sifat basa lemah sehingga direaksikan dengan asam kuat. Anilin tidak mudah larut dalam air sehingga mudah terakumulasi dan banyak ditemukan di limbah industri pestisida, karet, obat-obatan, dan zat warna (Alfiyani, et al, 2022). Dalam bidang obat-obatan, anilin digunakan sebagai pengobatan penyakit alergi, dalam industri pewarna dan pigmen senyawa anilin digunakan



sebagai prekursor dalam sintesis berbagai jenis warna, termasuk pewarna tekstil, dan pewarna makanan. Anilin memiliki stabilitas kimia yang baik, sehingga senyawa tersebut dapat bertahan dalam formulasi pestisida tanpa mengalami degradasi yang signifikan, sehingga dapat menjaga kualitas dan efektivitas pestisida. Selain itu, anilin pada industri pestisida dapat dicampur dengan berbagai bahan lainnya (Finlayson et al., 2016).

Pendirian pabrik anilin di Indonesia akan memberikan manfaat yang banyak terutama dalam pertumbuhan ekonominya, sedangkan di Indonesia sendiri belum ada pabrik penghasil anilin. Diharapkan pendirian pabrik anilin ini dapat mendukung program roadmap making Indonesia 4.0 yang bertujuan memperkuat pengembangan industri di berbagai sektor, termasuk industri kimia yang menjadi salah satu sektor prioritas. Produk yang dihasilkan akan digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai produk lainnya. Permintaan pasar akan anilin terutama di dalam negeri terus mengalami peningkatan. Hal tersebut dibuktikan dengan data BPS dari tahun 2014 kebutuhan impornya mencapai 123 juta kg/tahun hingga tahun 2019 mencapai 158 juta kg/tahun. Pada tahun 2020 impor anilin mengalami penurunan, kebutuhan impor hanya mencapai 177 juta kg/tahun, namun tetap mengalami kenaikan hingga tahun 2022 mencapai 120 juta kg/tahun. Anilin didapatkan dengan mereaksikan 2 senyawa yaitu hidrogen dan nitrobenzena. Salah satu bahan baku pembuatan anilin yakni hidrogen berasal dari PT. Air Liquide yang berada di daerah Cilegon, Banten. Bahan baku nitrobenzena di impor dari China dari PT. Wanhua. Berdasarkan angka pertumbuhan kebutuhan anilin di Indonesia, kapasitas produksi yang direncanakan pada pabrik anilin adalah 1.120 ton/tahun.

## 2. Deskripsi Proses

Terdapat 4 jenis proses pada pembuatan anilin, yakni proses menggunakan hidrogenasi nitrobenzen fase uap, hidrogenasi nitrobenzen fase cair, menggunakan reduksi nitrobenzena, dan Menggunakan Aminasi Klorobenzene. Proses hidrogenasi nitrobenzen fase uap merupakan hasil dari nitrobenzene uap yang dihidrogenasi. Pada proses ini yield yang dapat dihasilkan mencapai 99%. Kondisi pada proses ini digunakan suhu 200°C hingga 300°C dan tekanan 1 sampai 7 atm. Untuk mempercepat proses ini, digunakan katalis tembaga atau paladium yang berfungsi untuk pengubah atau promotor pencapaian proses. Proses Pembuatan Anilin Menggunakan Hidrogenasi Nitrobenzene Fase

Cair hampir sama dengan proses hidrogenasi fase uap, perbedaan terletak pada nitrobenzen yang digunakan dalam proses ini berbentuk cair. Hasil produk anilin dari proses ini mencapai 98% hingga 99%. Kondisi yang terjadi pada proses ini adalah suhu 90°C hingga 200°C dan tekanan hingga 12 atm. Dalam proses ini salah satu katalis yang digunakan adalah nikel. Namun terdapat juga modifikasi katalis yang menghasilkan aktivitas yang baik yaitu menggunakan platinum-paladium. Proses Pembuatan Anilin Menggunakan Reduksi Nitrobenzene merupakan reaksi antara nitrobenzene cair dan air yang dilarutkan dalam asam klorida. Kondisi proses ini terjadi pada suhu 100°C. Yield yang dihasilkan pada proses ini mencapai 98%. Proses Pembuatan Anilin Menggunakan Aminasi Klorobenzene merupakan hasil dari reaksi klorobenzene dan ammonia cair. Katalis yang digunakan dalam proses ini adalah tembaga oxide. Yield yang didapatkan dalam proses ini adalah 85 – 90% anilin. Kondisi yang digunakan untuk proses ini yaitu pada suhu 200°C hingga 300°C pada tekanan 200 atm.

Berdasarkan tabel 1 proses paling optimal yang dipilih untuk produksi aniline untuk pabrik yang akan dirancang adalah proses hidrogenasi nitrobenzen fase uap. Hidrogenasi nitrobenzena fase uap memiliki keunggulan dimana panas reaksi yang dapat dimanfaatkan sebagai produksi. uap, tidak adanya pemisahan antara produk dengan katalis, serta katalis yang dapat bertahan lebih lama, lalu jumlah untuk impuritas dan produk samping berupa air. Selain itu kebutuhan bahan baku juga berpengaruh pada pemilihan proses hidrogenasi nitrobenzena fase uap.

Pabrik anilin ini terbuat dari hidrogen ( $H_2$ ) dan nitrobenzen ( $C_6H_5NH_2$ ). Pabrik tersebut dirancang dengan kapasitas 1.120 ton/tahun, dan beroperasi selama 24 jam sehari, 330 hari dalam satu tahun. Nitrobenzen cair dari tangki (F-120) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dialirkan dengan menggunakan pompa (L-121) menuju *vaporizer* (V-124) untuk diuapkan sebelum masuk reaktor. Sebelum masuk *vaporizer* (V-124) nitrobenzen cair dari tangki (F-120) bertemu dengan arus *recycle* dari dekanter (H-320) pada *mix point* (M122) yaitu arus 13. Selanjutnya, dialirkan ke dalam *vaporizer* (V-124) diuapkan. Hidrogen dari tangki (F-110) pada suhu 30°C dan tekanan 2 atm dengan kemurnian 99,5% dinaikkan menjadi 2,7 atm menggunakan kompresor (G-111). Aliran ini bercampur dengan hidrogen *recycle* dari separator (H-310). Kemudian dialirkan menuju heater (E-113) untuk dipanaskan menjadi 225°C dan tekanan 2,7 atm.



**Tabel 1** Perbandingan Proses Produksi

| No. | Parameter                 | Hidrogenasi Nitrobenzena  |                           | Reduksi                    | Amilasi                 | Aminasi Fenol    |
|-----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------|
|     |                           | Fase Uap                  | Fase cair                 | Nitrobenzena               | Klorobenzena            |                  |
| 1   | Bahan Baku                | Nitrobenzena dan Hidrogen | Nitrobenzena dan Hidrogen | Nitrobenzena, besi dan air | Klorobenzena dan amonia | Amonia dan fenol |
| 2   | Tekanan                   | 1 – 7 atm                 | 12 atm                    | -                          | 200 atm                 | 16,7 atm         |
| 3   | Suhu                      | 200 – 300 °C              | 90 – 200 °C               | 100 °C                     | 200 – 300 °C            | 370 °C           |
| 4   | Yield                     | 99%                       | 98-99%                    | 98%                        | 85 – 90%                | 80 – 96%         |
| 5   | Katalis                   | Tembaga                   | Nikel                     | HCl                        | Tembaga Oksida          | Silika/Alumina   |
| 6   | Total Harga bahan baku/kg | Rp 416,180                | Rp 415.174                | Rp 238.895                 | Rp 2.340.707            | Rp 240.414       |
| 7   | Harga katalis/kg          | Rp 35.867                 | Rp 78.900                 | Rp 50.000                  | Rp 315.609              | Rp 100.000       |

Nitrobenzen gas dan gas hidrogen masuk reaktor (R-210) *fixed bed multi tube*. Sehingga reaktor ini bekerja mereaksikan dua fase gas. Reaktor beroperasi isothermal 225°C dan tekanan 2,7 atm dan katalis yang digunakan Cu (Tembaga). Suhu reaksi maksimal 300°C yang dapat bekerja dengan katalis yang digunakan. Katalis ini bertujuan untuk mempercepat reaksi kimia, mereduksi biaya produksi, dan menghemat energi. Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, sehingga untuk separator (H-310) untuk memisahkan hidrogen dengan anilin. Hidrogen akan bertemu mixing point sehingga diolah kembali. Anilin yang telah brada pada fase cair dialirkan kedalam menggunakan bantuan pompa (L-312). Kemudian, anilin dipanaskan kembali untuk dipisahkan kandungan nitrobenzen yang tersisa menggunakan heater (E-313) dan pemisahan mempertahankan kondisi isothermal, perlu dilakukan peredaman panas yang keluar menuju lingkungan. Panas yang dihasilkan dari reaksi diserap oleh media pendingin. Reaksi yang terjadi pada reaktor merupakan reaksi *irreversible*.

Tahapan terakhir adalah proses pemurnian dan pemisahan yang bertujuan untuk memisahkan produk dari sisa reaktan dan berbagai impuritas lain sehingga dapat mencapai spesifikasi produk yang diharapkan. Setelah bereaksi dan didapatkan keluaran dalam fase gas pada suhu 270°C dengan tekanan 2,7 atm. Keluaran anilin yang terbentuk diturunkan suhunya dan tekanannya menjadi 40°C dengan menggunakan cooler (E- 212) dengan tekanan 1 atm menggunakan ekspander (G-211). Lalu dialirkan kedalam dilakukan menggunakan dekanter (H-320). Untuk mencapai kemurnian yang diinginkan yaitu 99%, dilakukan pemisahan distilasi untuk memisahkan anilin dengan kandungan air yang masih banyak. Produk atas yang berupa air yang akan dialirkan ke Unit Pengolahan

Limbah, sedangkan produk bawah berupa anilin murni akan masuk ke dalam tangki penyimpanan. Produk anilin yang memenuhi spesifikasi produk akan disimpan kedalam tangki penyimpanan (F410) dengan kondisi 30°C dan 1 atm.

### 3. Utilitas

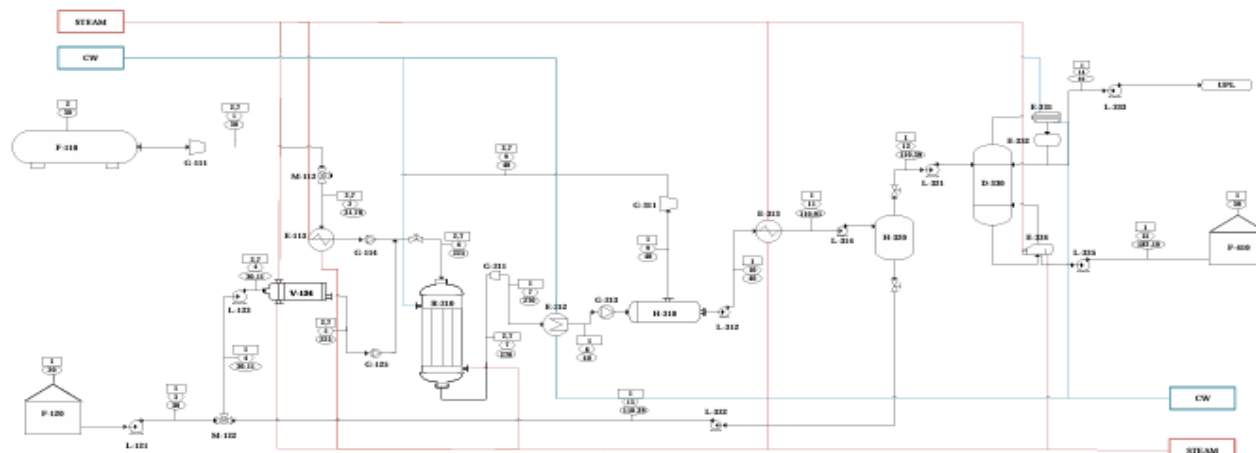
Unit utilitas merupakan unit yang diperlukan sebagai sarana penunjang dalam menjalankan suatu proses produksi. Unit utilitas salah satu unit yang sangat penting karena membantu pabrik beroperasi dengan baik, efektif dan efisien. Umumnya, unit utilitas yang digunakan pada pabrik, sebagai berikut:

1. Unit Pengadaan air
2. Unit Pengadaan Steam
3. Unit Pengadaan Tenaga Listrik
4. Unit Pengadaan Bahan Bakar

Kebutuhan air dalam pabrik didapatkan dari air Sungai Cidurian, Banten yang di proses terlebih dahulu hingga memiliki tingkat kelayakan yang baik. Beberapa jenis air yang dibutuhkan, yaitu air pendingin, air boiler, dan air sanitasi dengan total kebutuhan air sebesar 15.646 L/jam. Total steam yang dibutuhkan pada alat proses, seperti heater 1, heater 2, vaporizer dan distilasi sebesar 1754,3976 kg/jam. Listrik digunakan untukmenghidupkan peralatan proses, peralatanelektronik, kantor dan lain sebagainya.Kebutuhan Listrik diperoleh dari PLTUJawa 9-10, Banten dengan kebutuhan sebesar 701,855 kW/jam. Bahan bakadigunakan untuk memenuhi kebutuhanbahan bakar boiler dan generator dengan total kebutuhan bahan bakar sebeas 2.331.962,526 liter/jam.



**PROCESS FLOW DIAGRAM**  
**PRA-RANCANGAN PABRIK ANILIN DARI NITROBENZENA FASE**  
**UAP DENGAN KAPASITAS 1.120 TON/TAHUN**



| Nama Bahan                                                       | Unit   | Nomor Area |           |          |          |            |              |              |              |           |          |           |           |        |           |            |
|------------------------------------------------------------------|--------|------------|-----------|----------|----------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------|-----------|------------|
|                                                                  |        | 1          | 2         | 3        | 4        | 5          | 6            | 7            | 8            | 9         | 10       | 11        | 12        | 13     | 14        | 15         |
| Nitrobenzena<br>(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub> ) | Kg/jam |            |           | 239,4792 | 191,9403 | 190,5403   |              | 1,9194       | 1,9194       |           | 1,9194   | 1,9194    |           | 1,9970 |           |            |
| Air<br>(H <sub>2</sub> O)                                        | Kg/jam |            |           | 0,2469   | 0,2328   | 0,1620     |              | 0,1920       |              |           |          |           |           |        |           |            |
| Benzene<br>(C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )                      | Kg/jam |            |           | 0,2469   | 0,2394   | 0,2386     |              | 0,2394       | 0,2394       |           | 0,2394   | 0,2394    |           | 0,2394 |           |            |
| Hidrogen<br>(H <sub>2</sub> )                                    | Kg/jam | 719,8023   | 769,6432  |          |          |            | 790,6432     | 696,3726     | 691,3729     | 691,3729  |          |           |           |        |           |            |
| Metana<br>(CH <sub>4</sub> )                                     | Kg/jam | 0,6719     | 0,6590    |          |          |            | 0,6590       | 0,6590       | 0,6590       | 0,6590    |          |           |           |        |           |            |
| Anilin<br>(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub> )       | Kg/jam |            |           |          |          |            |              | 143,6743     | 143,6743     |           | 143,6743 | 143,6743  | 143,6854  |        | 0,4295    | 143,2496   |
| Air<br>(H <sub>2</sub> O)                                        | Kg/jam |            |           |          |          |            |              | 55,9159      | 55,8876      |           | 55,8876  | 57,8078   | 57,8262   |        | 57,7545   | 0,1738     |
| Total Massa                                                      |        | 719,8043   | 769,7022  | 239,6581 | 192,3717 | 192,3717   | 790,7022     | 893,8739     | 893,0739     | 696,4329  | 291,6419 | 291,6410  | 109,5936  | 2,8474 | 58,1795   | 143,4341   |
| Total Enthalphy                                                  |        | 41.440,27  | 68.439,43 | 1.489,82 | 1.548,58 | 123.437,38 | 2.852.950,74 | 2.624.884,86 | 2.589.887,92 | 26.987,35 | 9.440,69 | 50.715,49 | 59.419,62 | 296,87 | 18.476,56 | 116.629,83 |

|                                                                                                                                                                                                                |                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  <b>PROGRAM STUDI DI TEKNIK KIMIA</b><br><b>DIRIGEN TEKNIK MESIN</b><br><b>FAKULTAS TEKNIK</b><br><b>UNIVERSITAS JEMBER</b> |                                                                                      |
| <b>PRA-RANCANGAN PABRIK ANILIN DARI NITROBENZENA FASE UAP DENGAN KAPASITAS 1.120 TON/TAHUN</b>                                                                                                                 |                                                                                      |
| <b>Dosen Pembimbing Utama :</b><br><b>Miftakur Rahmatul Fathih</b><br><b>NIM. 201910081833</b>                                                                                                                 | <b>Dosen Pembimbing Anggota :</b><br><b>Dr. Dika Kusuma Yulanda Putri S.T., M.T.</b> |
| <b>Dikaji Mahasiswa :</b><br><b>Dika Shafa Khairunnisa</b><br><b>NIM. 201910081839</b>                                                                                                                         | <b>Dosen Pembimbing Anggota :</b><br><b>Dr. Rizki Pulagi S.T., M.Pag.</b>            |
| <b>Sekolah Asisten Humadani</b><br><b>NIM. 201910081839</b>                                                                                                                                                    |                                                                                      |

| KODE ALAT | NAMA ALAT                 |
|-----------|---------------------------|
| F-101     | Tangki Hidrogen           |
| G-101     | Kompresor                 |
| M-102     | Meling Point Hidrogen     |
| E-103     | Heater 1                  |
| G-104     | Blower Hidrogen           |
| F-105     | Tangki Nitrobenzena       |
| L-101     | Pompa Nitrobenzena        |
| M-102     | Meling Point Nitrobenzena |
| L-103     | Pompa Nitrobenzena        |
| V-104     | Vaporizer                 |
| G-105     | Blower Nitrobenzena       |
| E-106     | Heater                    |
| G-107     | Gas Expander              |
| E-108     | Cooler                    |
| E-109     | Blower Anilin             |
| M-110     | Separator                 |
| G-111     | Kompresor                 |
| L-112     | Pompa Anilin              |
| E-113     | Heater                    |
| L-114     | Pompa Anilin              |
| H-115     | Dikawatir                 |
| L-116     | Pompa Anilin              |
| L-117     | Pompa Nitrobenzena        |
| D-118     | Dikawatir                 |
| E-119     | Kondensor Utilitas        |
| E-120     | Tangki Akumulasi          |
| L-121     | Pompa Air                 |
| E-122     | Dikawatir                 |
| E-123     | Pompa Anilin              |
| P-124     | Tangki Anilin             |
| T-125     | Tekanan                   |
|           | Nomor area                |
|           | Salah                     |

**Gambar 1. Flow Diagram Process**

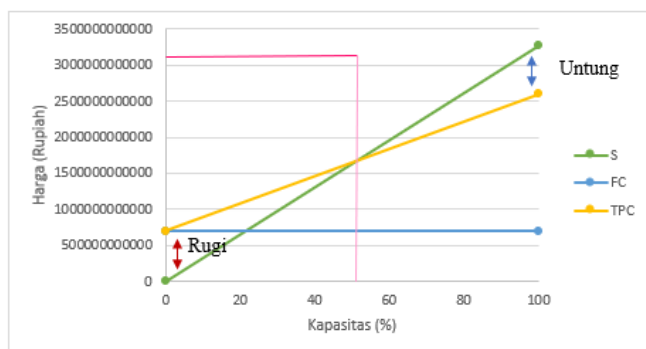
## 4. Analisis Ekonomi

Evaluasi atau penilaian investasi pada perancangan pabrik Anilin ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang ini menguntungkan dari segi ekonomi atau tidak. Selain itu, evaluasi ini dilakukan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tergolong kecil, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan. Keuntungan atau laba merupakan tujuan utama dari didirikannya suatu pabrik. Beberapa parameter yang digunakan untuk menganalisa keuntungan antara lain: laba dan pajak penghasilan, Rate of Investment (ROI), Pay Out Time (POT), dan Break Event Point (BEP). Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, Total Capital Investment (TCI) pabrik anilin sebesar Rp643.553.216.585,03 dengan Total Production Cost (TPC) sebesar Rp2.576.660.299.736,63 sehingga didapatkan laba bersih sebesar Rp513.192.786.960,11. Tabel 2 menunjukkan hasil evaluasi ekonomi yang telah dilakukan untuk perancangan pabrik anilin dengan kapasitas produksi 1.120 ton/tahun.

**Tabel 2** Evaluasi Ekonomi Pabrik Anilin Kapasitas 1.120 Ton/Tahun

| No. | Parameter                | Perancangan | Syarat      |
|-----|--------------------------|-------------|-------------|
| 1   | Rate of Investment (ROI) | 79,74 %     | > 11%       |
| 2   | Pay Out Time (POT)       | 4,51 Tahun  | 4 – 5 Tahun |
| 3   | Break Event Point (BEP)  | 53,04%      | 40 – 60%    |

Berdasarkan Tabel 2, pabrik anilin layak didirikan karena evaluasi ekonomi yang dilakukan memenuhi syarat dalam pendirian pabrik kimia. Gambar 1 merupakan analisis BEP secara grafis dan didapatkan hasil 53,04%.



**Gambar 2.** BEP Pabrik Anilin Kapasitas 1.120 Ton/Tahun

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan perhitungan yang telah dilakukan untuk perancangan pabrik anilin dengan kapasitas sebesar 1.120 ton/tahun, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Pabrik anilin dengan kapasitas 1.120 ton/tahun menggunakan proses hidrogenasi nitrobenzena fase uap dengan katalis tembaga (Cu).
- Pabrik anilin ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari/tahun dan 24 jam/hari dengan 3 tahapan proses yaitu persiapan bahan baku, tahapan reaksi dan tahapan pemurnian.
- Utilitas untuk pabrik anilin meliputi beberapa unit, yaitu unit penyedia air, unit penyedia steam, unit pengadaan listrik, dan unit penyedia bahan bakar.
- Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik anilin adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 202 orang dan 144 diantaranya merupakan karyawan proses yang jumlah per harinya sebanyak 36 karyawan
- Pabrik anilin layak didirikan berdasarkan evaluasi ekonomi yang meliputi beberapa parameter kelayakan seperti POT, ROI dan BEP.

## Daftar Pustaka

- Alfiyani, H., Nurlina, N. dan Wahyuni, N., 2022, "Adsorpsi Anilin oleh Karbon Aktif Magnetik Cangkang Kelapa Sawit", *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 18(2), hal. 130–139.
- Anjalin, M., Kanagathara, N. dan Baby Suganthi, A. R., 2020, "A Brief Review on Aniline and Its Derivatives", *Materials Today: Proceedings*, 33, hal. 4751–4755.
- Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024, "Data Ekspor Impor", Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Brownell, L. E. dan Young, E. H., 1959, "Process Equipment Design", John Wiley & Sons, New York.
- Coulson, J. M., Richardson, J. F., Backhurst, J. R. dan Harker, J. H., 1983, "Liquid Filtration", dalam *Chemical Engineering Volume 2*:





Particle Technology and Separation Processes, Pergamon Press, Oxford.

Geankoplis, C. J., 1993, "Transport Processes and Unit Operations", Edisi ke-3, Prentice Hall, New Jersey.

Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D., 1991, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", Edisi ke-4, McGraw-Hill, New York.

Steven, S., 2019, "Peranan Kemandirian Industri Kimia Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Jangka Panjang Indonesia", preprint, Bandung Institute of Technology, Bandung.

Ulrich, G. D., 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics", John Wiley & Sons, New York.

Yaws, C. L., 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw-Hill, New York.

