Available online at https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JMPEindex

*Journal of Materials Processing and Environment*

*e-ISSN Number*
***3026-1392***

**Volume 3 Nomor 1 (2025)**

# PRARANCANGAN PABRIK *GLYCERINE TRINITRATE* DARI GLISERIN DAN ASAM NITRAT DENGAN PROSES BIAZZI KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN

## *(Preliminary Design of Glycerine Trinitrate Plant from Glycerin and Nitric Acid Using Biazzi Process with a Capacity of 38,000 Tons per Year)*

**Adriansyah Ibrahim*, M. Vikryadi Riski, Takdir Syarif, Gusnawati**

[1]*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km 5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia*

**Kata Kunci:** Asam Nitrat, Asam Sulfat, Gliserin, Nitrogliserin

**Inti Sari**

Nitrogliserin (*Glycerine Trinitrate*) dibuat dengan menggunakan proses *Biazzi Continous,* bahan baku yang digunakan adalah gliserin dan asam nitrat, reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangka berpengaduk didalam reaktor berlangsung reaksi dengan suhu 20 $^{o}$C dan tekanan 1 atm. Kapasitas produksi Nitrogliserin dirancang 38.000 ton/tahun, membutuhkan bahan baku gliserin sebesar 1985 kg/jam dan asam nitrat sebanyak 5560 kg/jam. Utilitas listrik sebesar 71.854 kWh/jam, *steam* 370 kg/jam, bahan bakar berupa solar sebesar 8.388 liter / jam. Pra Rancangan Pabrik Nitrogliserin ini direncanakan didirikan di Provinsi Jawa Barat, tepatnya di Kabupaten Bekasi Cikarang adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem garis dan staf membutuhkan tenaga kerja sebanyak 200 orang. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi untuk pendirian pabrik Nitrogliserin di atas dibutuhkan modal tetap sebesar Rp 61 miliar modal kerja sebesar Rp 26 miliar dan *manufacturing cost* sebesar Rp 970 miliar harga jual produksi sebesar Rp 1,15 triliun dengan keuntungan sebelum pajak dan sesudah pajak berturut-turut sebesar Rp 54 miliar dan Rp 37 miliar. Profitabilitas meliputi *Rate of Investement* (ROI) sebelum dan sesudah pajak berturut-turut sebesar 88,34% dan 61,84%. *Pay of Time* (POT) sebelum dan sesudah pajak 1,02 tahun dan 1,39 tahun. *Break event Point* (BEP) sebesar 45,01 % dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 23,01 %. Berdasarkan pertimbangan teknik dan hasil perhitungan analisis ekonomi di atas, maka pabrik Nitrogliserin berkapasitas 38.000 ton/tahun layak untuk diteruskan ketahap selanjutnya.

***Key Words:*** *Nitric Acid, Sulfuric Acid, Glycerin, Nitroglycerin*

***Abstract***

*Nitroglycerin (Glycerine Trinitrate) is made using the Biazzi Continuous process, the raw materials used are glycerin and nitric acid, the reactor used is a stirred tank flow reactor in the reactor the reaction takes place at a temperature of 20 $^{o}$C and a pressure of 1 atm. Nitroglycerin production capacity is designed for 38,000 tons / year, requiring glycerin raw materials of 1985 kg / hour and nitric acid of 5560 kg / hour. Electricity utilities of 71,854 kWh / hour, steam 370 kg / hour, fuel in the form of diesel of 8,388 liters / hour.*

**Published by**
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar
**Address**
Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan
**Email :**
jmpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**
adriansyah@gmail.com

CC BY NC SA

**Journal History**
Paper received : 4 Februari 2025
Received in revised : 10 Februari 2025
Accepted : 20 Februari 2025

*The Pre-Design of this Nitroglycerin Factory is planned to be established in West Java Province, precisely in Bekasi Cikarang Regency, a Limited Liability Company (PT) with a line and staff system requiring a workforce of 200 people. Based on the calculation of the economic evaluation for the establishment of the Nitroglycerin factory above, fixed capital of Rp 61 billion is needed, working capital of Rp 26 billion and manufacturing costs of Rp 970 billion, production selling price of Rp 1.15 trillion with profits before tax and after tax of Rp 54 billion and Rp 37 billion respectively. Profitability includes the Rate of Investment (ROI) before and after tax of 88.34% and 61.84% respectively. Pay of Time (POT) before and after tax of 1.02 years and 1.39 years. Break event Point (BEP) of 45.01% and Shut Down Point (SDP) of 23.01%. Based on technical considerations and the results of the economic analysis calculations above, the Nitroglycerin factory with a capacity of 38,000 tons/year is feasible to be continued to the next stage*

## PENDAHULUAN

*Glycerine Trinitrate* (GTN) atau Nitrogliserin adalah senyawa kimia yang banyak digunakan dalam industri bahan peledak, farmasi, dan propelan roket. Nitrogliserin pertama kali ditemukan pada tahun 1847 oleh *Ascanio Sobrero* dan kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *Alfred Nobel* untuk aplikasi komersial dalam bentuk dinamit [1]. Dengan sifatnya yang sangat eksplosif dan mudah terurai, GTN banyak digunakan sebagai bahan utama dalam produksi dinamit, propelan untuk roket, serta sebagai vasodilator dalam dunia medis untuk pengobatan penyakit jantung seperti *angina pektoris*. Permintaan global terhadap Nitrogliserin terus meningkat, terutama di sektor pertambangan, konstruksi, dan pertahanan [2]. Berdasarkan laporan dari Grand *View Research*, pasar bahan peledak industri diperkirakan akan tumbuh dengan CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) sekitar 4,5% pada periode 2023–2030. Sementara itu, di sektor medis, permintaan Nitrogliserin juga mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya jumlah penderita penyakit jantung di seluruh dunia. Di Indonesia, penggunaan bahan peledak industri seperti Nitrogliserin banyak digunakan dalam sektor pertambangan batubara, emas, dan nikel, yang terus berkembang. Menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), produksi batubara Indonesia mencapai 687 juta ton pada tahun 2023, dengan kebutuhan bahan peledak yang semakin tinggi untuk mendukung operasional pertambangan [3].

Proses Biazzi dipilih untuk prarancangan pabrik ini karena memiliki beberapa keunggulan utama, antara lain keamanan tinggi dengan sistem pendinginan yang baik untuk mengendalikan reaksi eksotermis Nitrogliserin, efisiensi produksi dengan konversi tinggi serta limbah yang relatif rendah, dan penerapan industri yang telah teruji serta banyak digunakan secara global oleh industri bahan peledak. Dengan kapasitas produksi sebesar 38.000 ton per tahun, pabrik ini diharapkan dapat memenuhi permintaan domestik maupun internasional untuk kebutuhan Nitrogliserin. Produksi dalam jumlah besar ini juga diharapkan dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor bahan peledak industri serta meningkatkan nilai tambah dalam industri kimia nasional [4].

Prarancangan pabrik Glycerine Trinitrate dengan proses Biazzi berkapasitas 38.000 ton/tahun memiliki prospek yang sangat baik, baik dari segi kebutuhan industri maupun potensi pasar. Dengan mempertimbangkan aspek ekonomi, keamanan, dan teknologi, pembangunan pabrik ini diharapkan dapat mendukung sektor pertambangan, konstruksi, dan pertahanan, serta mengurangi ketergantungan impor bahan peledak di Indonesia [5].

Ada beberapa macam cara proses utama yang paling komersial digunakan dalam proses pembuatan nitrogliserin, yaitu [6]:

1. Proses *Schmid Meissner Continous Process*

   Nitrator yang merupakan reaktor dari proses ini berbentuk tangki berpengaduk dilengkapi pipa-pipa pendingin vertikal. Nitrator beroperasi pada suhu 18$^{o}$C dengan tekanan atmosferis. Campuran asam masuk dari bagian bawah nitrator dan gliserin masuk dari bagian atas sedangkan hasilnya keluar secara *over flow* ke separator.

   Pemisahan nitrogliserin dan sisa asam berdasarkan pembentukan dua lapisan dan densitas asam sisa yang densitasnya lebih besar berada di lapisan bawah sedangkan nitrogliserin berada di lapisan atas. Sisa asam yang keluar separator akan dialirkan ke unit pengolahan limbah, sedangkan nitrogliserin dicuci dalam menara dan kolom pencuci berisi *buffle*.

Di dalam kolom pencuci, campuran dibuat emulsi dengan memakai air dingin dan menginjeksikan udara bertekanan. Emulsi mengalir dari atas kolom ke intermediet separator kemudian dialirkan ke dasar kolom pencuci II. Dengan menggunakan udara bertekanan, cairan dibuat emulsi dengan air panas yang mengandung Natrium karbonat ammonia. Emulsi mengalir dari puncak menara II sampai stabilitas yang diinginkan tercapai [6].

2. Proses *Nitro Nobel Injeksi Proses*

Reaktor yang digunakan dalam proses ini adalah berupa injektor yang dipakai untuk mencampur gliserol dengan *pre-cooled nitration acid* (asam penitrasi yang telah didinginkan). Aliran asam yang lewat injektor akan menimbulkan kevakuman, hingga gliserin akan tertarik masuk. Pencampuran kedua zat ini sangat cepat dan akan membentuk emulsi. Gliserin yang terisap ke injektor pada suhu 48 $^{o}$C segera bereaksi dengan asam. Reaksi berlangsung pada suhu 45-50 $^{o}$C. Emulsi yang diperoleh segera didinginkan sampai suhu 15 $^{o}$C lalu keluar secara gravitasi menuju centrifuge, di sini nitrogliserin akan dipisahkan dari asam bekas, kemudian asam bekas dapat di *recycle* atau didenitrasi. Campuran yang mengandung nitrogliserin diemulsikan dengan water jet untuk membentuk campuran non-explosive, lalu dinetralkan dengan $Na_2CO_3$, dan dicuci. Nitrogliserin yang telah stabil dilewatkan melalui injektor untuk membentuk *non explosive water* emulsion demi keamanan dalam penyimpanan [6].

*3. Biazzi Countinous Process*

Reaktor yang digunakan adalah nitrator pada suhu 10-20 $^{o}$C dan tekanan atmosferis. Nitratornya berupa vessel yang berbentuk silinder kecil yang dilengkapi pengaduk dan pendingin berupa jaket dimana air pendigin disirkulasi selama proses nitrasi untuk menjaga reaksi tetap. Dengan adanya kecepatan pengadukan yang tinggi, sehingga umpan yang masuk segera tertarik ke bawah lewat central space. Kemudian campuran keluar melalui nozel menuju pipa *over flow* kemudian ke separator I untuk dipisahkan dari asam sisa [6].

Asam sisa yang keluar dari separator I dibuang sebagai limbah sedangkan nitrogliserin mengalir segera kontinyu. Di dalam separator I produk dipisahkan dari komponen-komponen lain yang masih ada dan selanjutnya disimpan di dalam tangki penyimpan

Berdasarkan karakteristik masing-masing yang telah dijelaskan, pemilihan proses ditinjau dari teknis mana yang akan menguntungkan untuk keberlangsungan pabrik, namun tetap aman secara teknis dan ekonomis.

**Tabel 1. Perbandingan proses pembuatan lemak kakao**

| Parameter | *Schmid-Meissner* | *Nitro Nobel Injector* | *Biazzi Continous* |
|---|---|---|---|
| Temperatur | 18 $^{0}$C | 45-50 $^{0}$C | 10-20 $^{0}$C |
| Tekanan Operasi | 1 atm | Vakum | 1 atm |
| Katalis | $H_2SO_4$ | $H_2SO_4$ | $H_2SO_4$ |
| Reaktor | Nitrator | *Injector* | Nitrator |
| Konversi | 75% | 60% | 95% |
| Separator | Dekanter/ centrifuge | Centrifuge | Dekanter/ centrifuge |
| *Safety* | Tinggi (beroperasi pada suhu rendah) | Tinggi (beroperasi pada agak tinggi) | Sedang (beroperasi pada suhu sedang) |
| Ekonomi | Relatif Murah | Mahal | Murah |

Dari beberapa proses pembuatan nitrogliserin, dipilih *Biazzi*, secara kontinyu bedasarkan:

1. Proses Biazzi lebih effisien dibandingkan dengan proses yang lain (untuk kapasitas yang sama, ukuran alat lebih kecil)
2. Proses Biazzi merupakan proses terbaru dalam pembuatan nitrogliserin
3. Proses Biazzi lebih aman, dan memiliki konversi yang besar.
4. Reaktor bekerja pada tekanan atmosfer dan suhu 10-20$^{o}$C
5. Dibandingkan dengan proses *Nitro nobel* injector proses, proses *Biazzi* Proses produksinya lebih cepat.

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik nitrogliserin adalah kapasitas pabrik supaya pabrik yang akan didirikan nanti dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan meningkatkan jumlah ekspor. Data import dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2019-2023 yang terlihat pada tabel, sehingga kebutuhan pada tahun 2028 dapat ditentukan untuk penentuan produksi yang akan direncanakan.

**Tabel 2. Data Impor Kebutuhan Nitrogliserin**

| No. | Tahun | Impor (kg) | %P (Impor) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2019 | 277.430 | - |
| 2 | 2020 | 774.715 | 1,7925 |
| 3 | 2021 | 1.632.392 | 1,1071 |
| 4 | 2022 | 1.400.168 | -0,1423 |
| 5 | 2023 | 1.631.527 | 0,1652 |
| **Total** | | | **2,9225** |
| **Rata-rata** | | | **0,7306** |

**Tabel 3. Daftar Kapasitas pabrik Nitrogliserin di dunia**

| No | Pabrik | Kapasitas (Ton) |
|---|---|---|
| 1 | Celanse, Bioshop Texas | 20.000 |
| 2 | Tennesse Eastmant Company, Tennesse | 25.000 |
| 3 | Publicker, Philadephia, Penyslavania | 25.000 |
| 4 | Union Carbide, Texas | 60.000 |
| 5 | Biazzi SA | 15.000 |
| 6 | Copperhead Chemical | 10.000 |
| 7 | Akzo Nobel | 8.000 |

Sampai saat ini belum ada pabrik nitrogliserin yang berdiri di Indonesia, sehingga dapat produksinya tidak diketahui, maka penentuan kapasitas tidak dapat menggunakan metode linear. Kapasitas produksi pabrik nitrogliserin dapat ditentukan menggunakan rumus *discounted methode* menggunakan persamaan:

$$Fn = Fi\ (1+i)^{n}$$

Keterangan :

Fn : Kebutuhan Produk

Fi : Ekspor/Impor di tahun terakhir

i : Rata-rata pertumbuhan Ekspor/Impor

n : Jarak tahun

dimana :

n = 2028-2023 = 5

i = 0,7306

Fi = 1.631.527 kg

Perkiraan konsumsi *discounted methode* dalam negeri pada tahun 2028 sebagai berikut, dan dikarenakan belum ada pabrik yang berdiri di Indonesia maka perkiraan kapasitas yang diperoleh di kali 1,5 :

Fn = $Fi\ (1+i)^n$
= $1.631.527\ (1+0,7306)^5$
= 25.329.101 kg/tahun
= 25.329 ton/tahun

Perkiraan massa produksi pada tahun 2028 = 1,5 x 25.329 ton/tahun
= 37.994 ton/tahun
= 38.000 ton/tahun

## PROSES PEMBUATAN NITROGLISERIN

Proses pembuatan nitrogliserin dari bahan baku gliserol dan asam nitrat dengan proses Biazzi ini meliputi beberapa tahap operasi, yaitu [7]:

A. Tahap Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan nitrogliserin adalah gliserol atau gliserol dan asam nitrat dengan katalis asam sulfat. Gliserol disimpan pada tangki penyimpanan (T-01) pada temperatur 30 $^oC$ tekanan 1 atm, dari tangki ini gliserol dialirkan menuju pendingin (CL-01) dan didinginkan sampai temperaturnya turun menjadi 20 $^oC$, digunakan *dowtherm* A sebagai media mendingin, selanjutnya gliserol dialirkan menuju reaktor (R-01). Bahan baku asam nitrat yang ditampung dalam tangki penyimpanan (T-02) pada suhu 30 $^oC$ tekanan 1 atm, dari tangki ini asam nitrat dialirkan ke pendingin (CL-02) dan didinginkan sampai temperaturnya turun menjadi 20 $^oC$, digunakan *dowtherm* A sebagai media mendingin, selanjutnya asam nitrat dialirkan menuju reaktor (R-01). Katalis asam sulfat yang ditampung dalam tangki penyimpanan (T-03) pada suhu 30 $^oC$ tekanan 1 atm, dari tangki ini asam sulfat dialirkan ke pendingin (CL-03) dan didinginkan sampai temperaturnya turun menjadi 20 $^oC$, digunakan *dowtherm* A sebagai media mendingin, selanjutnya asam sulfat dialirkan menuju reaktor (R-01) [8].

B. Tahap Reaksi

Reaksi Pembentukan Nitrogliserin :

$$C_3H_8O_3 + 3HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_3H_5N_3O_9 + 3H_2O$$

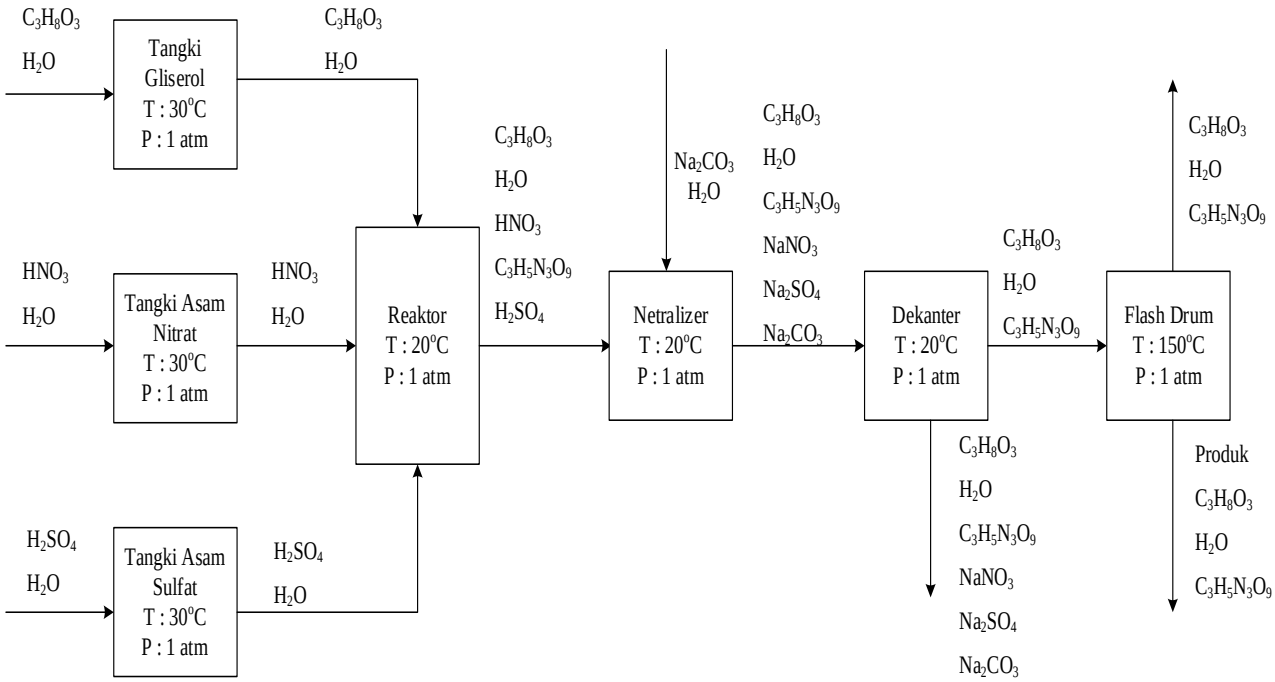
Reaktor yang digunakan adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Konversi di reaktor adalah 95% dan reaksi berlangsung pada suhu 20$^oC$ dan tekanan 1 atm. Reaktor menggunakan jaket pendingin dengan media pendingin *dowtherm* A. Perbandingan massa antara gliserol dan asam nitrat adalah 1:2,5 (Tai Lu-Kai. et al. 2008).

Nitrogliserin hasil dari reaksi, sisa gliserol, campuran asam dan air yang keluar dari reaktor dialirkan menuju netralizer untuk menetralkan sisa-sisa asamnya. Berikut adalah reaksi netralisasi yang terjadi:

$$2HNO_3 + Na_2CO_3 \longrightarrow 2NaNO_3 + H_2O + CO_2$$
$$H_2SO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$

C. Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Setelah dinetralkan komponen dialirkan menuju dekanter (DK-01) untuk dipisahkan dari komponen yang terbentuk akibat penetralan komponen asam di netralizer, selanjutnya produk akan dialirkan menuju flash drum (FD-01) untuk pemurnian lebih lanjut, pada flash drum (FD-01) komponen pengotor berupa air diuapkan hingga terpisah dari produk. Produk yang dihasilkan adalah produk dengan kemurnian 95,67%.




**Gambar 1. Diagram Alir Kualitatif**

## ANALISA EKONOMI

Sebuah pabrik harus dievaluasi kelayakan berdirinya dan tingkat pendapatannya sehingga perlu dilakukan analisis perhitungan secara teknik. Selanjutnya, perlu juga dilakukan analisis terhadap aspek ekonomi dan pembiayaannya [9]. Hasil analisa tersebut diharapkan berbagai kebijaksanaan dapat diambil untuk pengarahan secara tepat. Suatu rancangan pabrik dianggap layak didirikan bila dapat beroperasi dalam kondisi yang memberikan keuntungan [10]. 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:

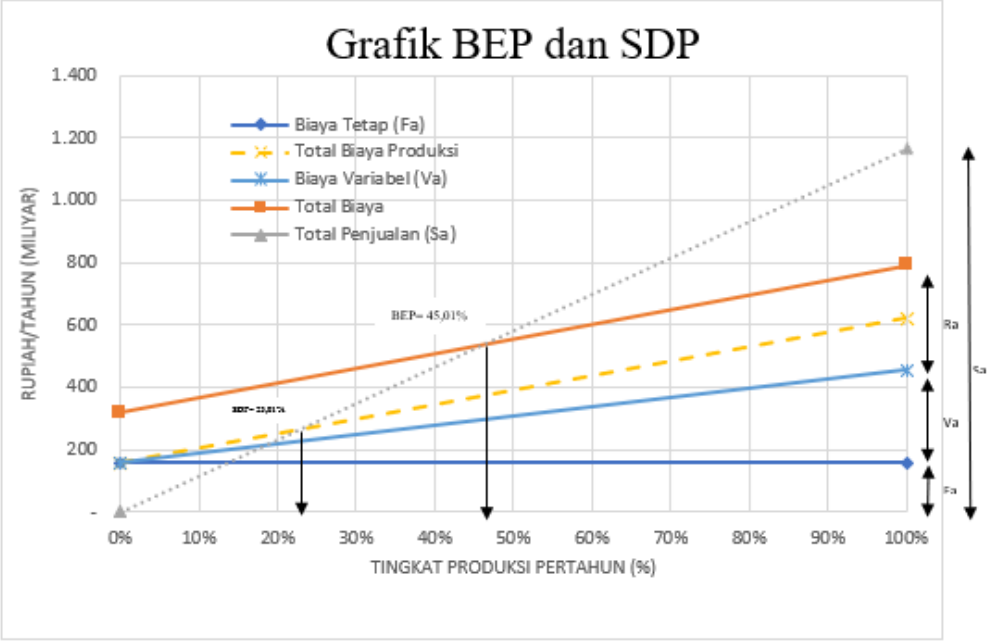
1. Margin Keuntungan/*Profit Margin* (PM)
2. Titik Impas/*Break Even Point (*BEP)
3. Laju Pengembalian Modal/*Return On Investment* (ROI)
4. Waktu Pengembalian Modal/*Pay Out Time* (POT)
5. Laju Pengembalian Internal/*Internal Rate of Return* (IRR)

**Analisa Ekonomi**

1. *Profit Margin* (PM)
   *Profit Margin* adalah persentase perbandingan antara keuntungan sebelum pajak penghasilan PPh terhadap total penjualan dari hasil perhitungan diperoleh profit margin sebesar 3,28 %, maka pra rancangan pabrik ini memberikan keuntungan [6].
2. *Break Even Point* (BEP)
   *Break Even Point* adalah keadaan kapasitas produksi pabrik pada saat hasil penjualan hanya dapat menutupi biaya produksi. Dalam keadaan ini pabrik tidak untung dan tidak rugi, dari hasil perhitungan, maka Break Even Point sebesar 45,01 %. Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi pada saat 17.104,22 ton [11].
3. *Return on Investment* (ROI)
   *Return on Investment* adalah besarnya persentase pengembalian modal tiap tahun dari penghasilan bersih, dari hasil perhitungan diperoleh ROI sebesar 61,84%, sehingga pabrik yang akan didirikan ini termasuk resiko laju pengembalian modal tinggi.
4. *Pay Out Time* (POT) [12].

*Pay Out Time* adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali, dari hasil perhitungan diperoleh POT sebelum pajam 1,02 tahun dan stelah pajam 1,39 tahun [13].

5. *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. Apabila IRR ternyata lebih besar dari bunga ril yang berlaku, maka pabrik akanmenguntungkan tetapi bila IRR lebih kecil dari bunga riil yang berlaku maka pabrik dianggap rugi. Dari perhitungan diperoleh IRR = 36,47%, sehingga pabrik akan menguntungkan karena lebih besar dari bunga bank saat ini sebesar 14%[14].
6. *Shut Down Point* (SDP)
   *Shut Down Point* adalah suatu titik atau saat penentuan aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain adalah Variable cost yang terlalu tinggi, atau karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan), dari hasil perhitungan diperoleh SDP sebesar 23,01 % [15].




**Gambar 2. Grafik Analisa Kelayakan Ekonomi**

## KESIMPULAN

Prarancangan pabrik nitrogliserin ini dengan kapasitas 38.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di Provinsi Jawa Barat, tepatnya di Kabupaten Bekasi Cikarang.

Sesuai perhitungan analisa ekonomi dapat diketahui :

a. Keuntungan yang diperoleh sebelum pajak Rp54.058.245.675,52 dan sesudah pajak yaitu dan Rp37.840.771.972,87.
b. *Return on Investmen* (ROI) untuk pabrik ini 88,34% sebelum pajak dan 61,84% sesudah pajak.
c. *Pay Out Time* (POT) untuk pabrik ini adalah 1,02 tahun sebelum pajak dan 1,39 tahun sesudah pajak.
d. *Break Event Point* (BEP) adalah 45,01 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya berkisar antara 40-60 %.
e. *Shut Down Point* (SDP) adalah 23,01 %.

Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi di atas, dapat disimpulkan prarancangan pabrik nitrogliserin dengan kapasitas 38.000 ton/tahun layak untuk diteruskan ketahap selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Divakaran and J. Loscalzo, "The Role of Nitroglycerin and Other Nitrogen Oxides in Cardiovascular Therapeutics," *J. Am. Coll. Cardiol.*, vol. 70, no. 19, pp. 2393–2410, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.jacc.2017.09.1064.

[2] E. O. Bernard, E. R. Schmid, M. L. Lachat, and R. C. Germann, "Nitroglycerin to control blood pressure during endovascular stent- grafting of descending thoracic aortic aneurysms," *J. Vasc. Surg.*, vol. 31, no. 4, pp. 790–793, 2000, doi: 10.1067/mva.2000.103794.

[3] E. Heparin, "Pemakaian Nitroglycerin Intravena Invivo Sebagai Antidotum Efek Heparin ( The Use of Intravenous Nitroglycerin In Vivo As Antidote For Heparin Effect ) Dhihintia Jiwangga 1) , Paul L. Tahalele 1) , Achmad Basori 2)".

[4] R. Roberts, "Intravenous nitroglycerin in acute myocardial infarction," *Am. J. Med.*, vol. 74, no. 6, pp. 45–52, Jun. 1983, doi: 10.1016/0002-9343(83)90854-9.

[5] J. J. Nawarskas, J. Koury, D. A. Lauber, and L. A. Felton, "Open-Label Study of the Stability of Sublingual Nitroglycerin Tablets in Simulated Real-Life Conditions," *Am. J. Cardiol.*, vol. 122, no. 12, pp. 2151–2156, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.amjcard.2018.08.048.

[6] K. R. E. an. Othmer.D.F, *Encyclopedia of Chemical Technology 18ed*. New York: John Wiley&Sons, 1993.

[7] H. David, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*. New Jersey: Prentice Hall Inc, 1996.

[8] Kern, *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1950.

[9] P. M. S. and Timmerhause.K.D, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3ed*. New York: McGraww-Hill Book Company, 1991.

[10] P. R. H. and Green.D, *Perry's Chemical Engineer Handbook 7th ed*. New York: McGraw-Hill Book Company.

[11] Levenspiel.O, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*. New York: John Wiley and Sons Inc.

[12] S. and H. Matar, *Chemistry of Petrochemical Processes*. Texas: Gulf Publishing Company.

[13] J. . Holman, *Heat Transfer 8th Edition*. USA: Mc Graw Hill Companies Inc.

[14] Brown.G.George, *Unit Operation 6ed*. USA: Wiley&Sons.

[15] C. J. M. and Ricardson.J.F, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon P. New York, 1983.