

## PRARANCANGAN PABRIK METIL MERKAPTAN DARI HIDROGEN SULFIDA DAN METANOL KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

*(Predesign Of Methyl Mercaptan Plant From Hydrogen Sulfide and Methanol With A Capacity of 40.000 Tons/Year)*

**Yuliana\*, Ismail, Ruslan Kalla, Syamsul Bakhri**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia

### Inti Sari

Proses pembuatan Metil Merkaptan dilakukan dengan proses reaksi Hidrogen Sulfida dan Metanol direaksikan dalam reaktor dengan suhu 320°C dan tekanan 8 atm. Reaksi ini berlangsung dalam fasa gas-gas. Produk yang dihasilkan berupa larutan metil merkaptan. Pabrik metil merkaptan ini dirancang dengan kapasitas 40.000 ton/tahun, menggunakan bahan baku Metanol sebanyak 3438 kg/jam dan Hidrogen Sulfida dengan kemurnian 99% sebanyak 10201 kg/jam. Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari dalam satuan tahun. Utilitas yang diperlukan terdiri dari air 6882 kg/jam, daya listrik 132 kW disuplai dari PLN dengan cadangan generator, bahan bakar 207 liter/jam. Pabrik direncanakan akan didirikan di Indramayu, Jawa Barat, dengan luas tanah yang diperlukan 9894 m<sup>2</sup> dan jumlah tenaga kerja yang diserap sebanyak 150 orang. Bentuk badan usaha yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas dan bentuk organisasinya adalah organisasi yang dipimpin oleh Direktur Utama. Modal tetap yang diperlukan Rp 123,8 miliar dan modal kerja sebanyak Rp 145 miliar. Biaya produksi Rp 460,7 miliar, biaya pengeluaran umum Rp 100,04 miliar, dan harga jual Rp 662,8 miliar. Keuntungan sebelum pajak Rp 102,05 miliar dan sesudah pajak Rp 76,5 miliar. Pabrik ini tergolong beresiko rendah dengan *Return of Investment* sebelum pajak 82% dan sesudah pajak 62%. *Pay Out Time* sebelum pajak 1,03 tahun dan sesudah pajak 1,3 tahun. *Discount Cash Flow* 52,21%, *Break Event Point* 40,82% dan *Shut Down Point* 19,29%. Berdasarkan evaluasi ekonomi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pabrik pembuatan Metil Merkaptan dari Hidrogen Sulfida dan Metanol ini layak untuk didirikan.

**Kata Kunci:** Metil Merkaptan, Hidrogen Sulfida, Metanol

**Key Words :** Methyl Mercaptan, Hydrogen Sulfide, Methanol.

### Abstract

*The process of making Methyl Mercaptan is carried out by the reaction process of methanol and hydrogen sulfide. Methanol and hydrogen sulfide were reacted in a reactor with a temperature of 320°C and a pressure of 8 atm. This reaction takes place in the*

### Published by

Department of Chemical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

### Address

Jalan Urip Sumahardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)  
Makassar- Sulawesi Selatan

### Email :

[jmpe@umi.ac.id](mailto:jmpe@umi.ac.id)

### \*Corresponding Author

[yuliana.pnup@gmail.com](mailto:yuliana.pnup@gmail.com)



### Journal History

Paper received : 12 Agustus 2023.

Received in revised : 20 September 2023

Accepted : 10 Oktober 2023

*gaseous phase. The resulting product is a solution of methyl mercaptan. The Methyl Mercaptan plant is designed with a capacity of 40,000 tons/year, using 3438 kg/hour of Methanol and 99% pure Hydrogen Sulfide of 10201 kg/hour. The factory is planned to operate continuously for 330 days in units of year. The utilities needed consist of 6882 kg/hour of water, 132 kW of electric power supplied from PLN with a backup generator, 207 liters of fuel/hour. The factory is planned to be built in Indramayu, West Java, because it is a strategic industrial area with the required land area of 9894 m<sup>2</sup> and the number of workers absorbed is 150 people. The planned business entity form is a Limited Liability Company (PT) and the organizational form is an organization led by the President Director. The required fixed capital is IDR 123.8 billion and working capital is IDR 145 billion. Production costs (manufacturing costs) are Rp. 460.7 billion, general expenses are Rp. 100.05 billion, and selling prices are Rp. 662.8 billion. Profit before tax was Rp 102.05 billion and after tax was Rp 76.5 billion. This factory is classified as low risk with a Return of Investment (ROI) before tax of 82% and after tax of 62%. Pay Out Time (POT) before tax is 1.03 years and after tax is 1.3 years. Discount Cash Flow (DCF) 52.21%, Break Event Point (BEP) 40.82% and Shut Down Point (SDP) 19.29%. Based on the economic evaluation, it can be concluded that the manufacturing plant for Methyl Mercaptan from Hydrogen Sulfide and Methanol is feasible to establish.*

## PENDAHULUAN

Usaha peningkatan taraf hidup dan kesehatan [5] masyarakat Indonesia sedang dalam pelaksanaan. Pemerintah telah melaksanakan pembangunan di segala bidang, baik fisik, mental, maupun spiritual. Salah satu wujud pembangunan itu adalah memajukan sektor perputaran perekonomian negara. Salah satu pendukung ekonomi negara yaitu sektor industri. Semakin berkembang pesat dan kokoh sektor industri, maka semakin berkembang pesat dan kokoh pula sektor perekonomian negara. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap berbagai jenis produk dan mengurangi kebergantungan impor, maka diperlukan adanya upaya pembangunan di sektor industri, salah satunya industri berbahan senyawa kimia.

Metil Merkaptan mempunyai rumus molekul (CH<sub>3</sub>SH) . Produk ini dapat berfungsi sebagai produk Intermediate, bahan bakar jet, methionine serta sebagai zat aditif, juga digunakan sebagai sintesa organik, fungisida. Sampai saat ini Indonesia belum memiliki pabrik yang memproduksi metil merkaptan.

Study pertama kali dilakukan oleh Zeisea bangsa Amerika , pada tahun 1834 tentang senyawa Alkanthiol. Selanjutnya senyawa ini lebih dikenal dengan Merkaptan. Pada tahun 1914 Fisher dan Kock membuat Metil merkaptan dengan mereaksikan Alkil Halida atau P-toluene Sulfonate dengan Sodium atau Potasium Hidrosulfat yang merupakan proses pengembangan dari direaksikannya Karbon disulfide (CS<sub>2</sub>) dengan hidrogen (H<sub>2</sub>) dengan perbandingan mol 3:1. Pada T = 250°C dengan menggunakan katalis Kieselguhr-Cobalt.

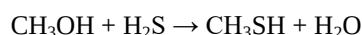
Metil merkaptan atau juga disebut metanatiol merupakan tiol alifatik dengan formula CH<sub>3</sub>SH. Disebut tiol atau merkaptan karena afinitasnya terhadap merkuri (Bahasa latin : *Corpus Mercurium Aptans*) yang dapat dianggap sebagai turunan hidrogen sulfida atau sebagai analog alkohol. Metil merkaptan adalah gas tidak berwarna yang sangat mudah terbakar pada suhu kamar dan tekanan atmosfer dan memiliki bau menyengat menyerupai bawang putih atau kol yang busuk [1]

Metil merkaptan dibuat dengan beberapa proses, yaitu sebagai berikut:

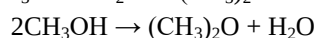
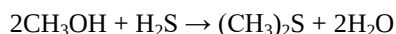
### 1. Reaksi antara Metanol dan Hidrogen Sulfida

Metanol dan hidrogen sulfida bereaksi dan dikontakkan dengan bantuan katalis padat 10% K<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> pada temperature yang tinggi maka kemungkinan akan terjadi beberapa reaksi, yaitu reaksi utama dan reaksi samping.

Reaksi Utama :



Reaksi Samping :

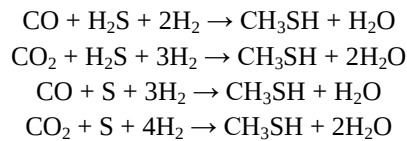


Proses ini berlangsung secara eksotermis di dalam fixed bed reaktor multi tube pada temperatur 300–500°C dengan tekanan 5–15 atm. Reaksi ini dapat menghasilkan konversi diatas 90%. Karena reaksi ini berlangsung secara eksotermis, untuk mempertahankan temperatur operasi digunakan pendingin.

Pembuatan metil merkaptan dilakukan menggunakan katalisator  $K_2WO_4/Al_2O_3$  dan reaksi terjadi pada fase gas metanol dan hidrogen sulfida dengan rasio 1.8 di dalam reaktor fixed bed multitube secara eksotermis.[2]

## 2. Reaksi antara Karbon Oksida dan Hidrogen Sulfida

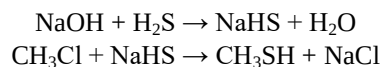
Konversi karbon monoksida untuk menjadi metil merkaptan dapat mencapai 23% dengan perbandingan  $CO:H_2S:H_2$  sebesar 1:2:4 dengan katalis NiS dan senyawa basa organik yaitu piperidine. Pembuatan metil merkaptan dari CO,  $H_2$  dan  $H_2S$  beroperasi pada temperatur  $250^\circ C$ – $350^\circ C$  dan tekanan 1–10 atm. Konversi reaktan menjadi produk metil merkaptan mencapai 68%. Mekanisme reaksi pembuatan metil merkaptan dengan mereaksikan karbon oksida yang meliputi karbon monoksida dan karbon dioksida, dengan hidrogen sulfida, sebagai berikut.



Konveksi terbesar dari karbon monoksida untuk menjadi metil merkaptan dapat mencapai 90% dengan perbandingan reaktan  $CO:S:H_2$  yaitu 1:8:4 dengan katalis NiS. Serta konversi tertinggi karbon dioksida menjadi metil merkaptan dicapai pada kondisi yang sama dan sebesar 52%.[3]

## 3. Reaksi Metil Klorida dan Natrium Hidrosulfida

Metil Merkaptan dapat diproduksi dengan mereaksikan metil klorida (kadar 2N sampai 6N) dengan natrium hidrosulfida. Reaksi berlangsung pada temperatur  $30^\circ C$ – $200^\circ C$  dengan tekanan 150–650 psig. Mekanisme reaksi yang terjadi, yaitu:



Perbandingan ketiga proses tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Proses Pembuatan metil merkaptan

| Parameter             | Macam Proses    |               |                 |
|-----------------------|-----------------|---------------|-----------------|
|                       | Proses 1        | Proses 2      | Proses 3        |
| a. Aspek proses       |                 |               |                 |
| • Bahan baku          | $CH_3OH + H_2S$ | $CO_2 + H_2S$ | $CH_2Cl + NaHS$ |
| • Konversi            | 90%             | 44%           | 99%             |
| • Yield               | 99%             | 68,4%-94%     | 70%             |
| b. Aspek operasi      |                 |               |                 |
| • Suhu ( $^\circ C$ ) | 300-500         | 250-350       | 30-200          |
| • Tekanan (atm)       | 5-15            | 1-10          | 10-44           |
| c. Aspek ekonomi      |                 |               |                 |
| • Investasi           | Sedang          | Tinggi        | Tinggi          |

Berdasarkan perbandingan dari ketiga proses tersebut diatas, maka dipilih proses reaksi Hidrogen Sulfida dan Metanol dengan beberapa pertimbangan yaitu kemudahan dalam mendapatkan bahan baku serta yield dan konversi yang diperoleh tinggi.

Penentuan kapasitas metil merkaptan berorientasi pada kebutuhan metil merkaptan di Indonesia. Perkembangan data impor akan metil merkaptan di Indonesia dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Data Perkembangan Impor metil merkaptan di Indonesia

| Tahun | Jumlah Impor (Ton) |
|-------|--------------------|
| 2018  | 21288.963          |
| 2019  | 16752.450          |
| 2020  | 22556.390          |
| 2022  | 21219.759          |
| 2022  | 17711.180          |

Sumber:[4]

Kapasitas produksi pada pabrik metil merkaptan dari hidrogen sulfida dan metanol dapat diestimasikan dengan menggunakan persamaan pertumbuhan rata-rata sebagai berikut:

$$A = 17.746,42 \times (1 + (-2.28)^{2028-2022})$$

$$= 78.271,96$$

$$= 80.000 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan prediksi kebutuhan dalam negeri pada tahun 2028, maka pabrik direncanakan akan memproduksi Metil Merkaptan sekitar 50% dari hasil perhitungan yang diperoleh yakni 40.000 ton/tahun.

## METODE PENELITIAN

Proses pembuatan produk metil merkaptan dari hidrogen sulfida dan metanol dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pengkondensasian
4. Tahap pemurnian

### 1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan metil merkaptan adalah metanol dan hidrogen sulfida. Masing-masing bahan baku ini disimpan pada tangki yang berbeda yaitu hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) disimpan pada tangki penyimpanan (T-01) dalam kondisi fase gas dengan temperatur  $30^\circ\text{C}$  dan tekanan 10 bar. Sedangkan metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) pada tangki penyimpanan (T-02) dengan kondisi temperatur  $30^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm.

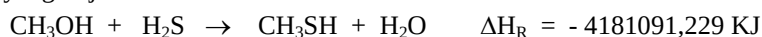
Metanol dari tangki T-02 dipompa (P-01) untuk menaikkan tekanan dari 1 atm menjadi 8 atm, selanjutnya diuapkan menggunakan vaporizer (VAP-01) agar fase metanol berubah menjadi gas. Metanol keluaran vaporizer memiliki suhu  $128^\circ\text{C}$ , kemudian dipanaskan hingga suhunya mencapai  $320^\circ\text{C}$  dengan menggunakan heater (HE-02). Setelah itu metanol diumpankan ke reaktor (R-01).

Hidrogen sulfida dari tangki T-01 dengan temperatur  $30^\circ\text{C}$  dan tekanan 10 bar terlebih dahulu diturunkan tekanannya menggunakan Expander Valve (EV-01) menjadi 8 bar, setelah itu dicampur dengan recycle dari absorber (ABS-01) dengan suhu keluaran Absorber  $50^\circ\text{C}$  dan tekanan 8 bar. Dikarenakan suhu keluaran absorber belum sesuai dengan suhu umpan reaktor, maka hidrogen sulfida dipanaskan terlebih dahulu di heater (HE-01) hingga suhunya menjadi  $320^\circ\text{C}$ . Setelah dipanaskan, hidrogen sulfida diumpankan ke reaktor (R-01).

### 2. Tahap Reaksi

Metil Merkaptan yang terbentuk di dalam Reaktor (R-01) pada temperatur  $300-500^\circ\text{C}$  dan tekanan 5–15 bar, adapun reaksi yang terjadi adalah eksotermis dalam fase uap.

Reaksi yang terjadi :



Type Reaktor yang digunakan adalah Fixed Bed Multitubular.

Produk metil merkaptan dari unit Reaktor (R-01) ini masih berbentuk fase uap, oleh karena itu dari bottom produk masuk ke unit pengkondensasian.

### 3. Tahap Pengkondensasian

Hasil keluaran reaktor berupa gas yaitu hidrogen sulfida, nitrogen (inert), metil merkaptan, dimetil sulfida, dimetil eter, metanol yang tidak habis bereaksi dan air. Reaksi yang berlangsung di dalam reaktor bersifat eksotermis sehingga menghasilkan panas. Kemudian gas hasil keluaran reaktor diturunkan tekanannya menggunakan expander valve (EV-02) menjadi 6 bar dan temperaturnya diturunkan menggunakan cooler (CL-01) dari 157 °C menjadi 126 °C. Setelah gas keluaran dari reaktor diturunkan tekanannya menjadi 6 bar dan temperaturnya menjadi 126 °C, gas tersebut yang terdiri dari hidrogen sulfida, nitrogen (inert), metil merkaptan, dimetil sulfida, dimetil eter, metanol yang tidak habis bereaksi dan air dipisahkan dengan menggunakan condenser partial (CP-01).

Hasil keluaran condenser partial memiliki temperatur 52 °C dan tekanan 6 atm. Hasil atas condenser partial yaitu berupa gas yang terdiri dari hidrogen sulfida, nitrogen, dan sedikit hasil reaksi berupa dimetil eter, dimetil sulfida, metil merkaptan, metanol dan air. Hasil atas dari partial condenser akan diumpankan ke absorber (ABS-01). Sedangkan hasil bawah dari condenser partial yang berfase cair yaitu metil merkaptan, dimetil sulfide, metanol, dan air, akan diumpankan ke Menara Distilasi (MD-01) menggunakan pompa (P-06) untuk dilakukan pemisahan produk metil merkaptan. Di menara distilasi terjadi pemisahan produk metil merkaptan dengan kemurnian 99% dan impurities dimetil sulfida 0,5% sebagai hasil atas menara distilasi (MD-01).

Distilat keluaran MD-01 akan didinginkan dan akan berubah fasenya dan akan ditampung di akumulator (ACC-01). Keluaran dari akumulator akan dialirkan ke tangki penyimpanan metil merkaptan (TK-103) dan sebagian dialirkan sebagai refluks menggunakan pompa (P-05). Sebelum dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan, metil merkaptan terlebih dahulu diturunkan suhunya dari 61,1°C menjadi 30°C menggunakan cooler (CL-03). Metil merkaptan keluaran CL-03 akan dialirkan ke tangki (T-03). Sedangkan sebagai hasil bawah yaitu sedikit metil merkaptan dan dimetil sulfida, metanol dan air akan dialirkan menggunakan pompa (P-04) menuju UPL.

### 4. Tahap Pemurnian

Produk metil merkaptan dari kondenser parsial masuk ke Kolom Destilasi untuk memisahkan campuran zat yang menyertainya.

Hasil atas keluaran kondenser parsial yang terdiri dari hidrogen sulfida, dimetil eter dan sebagian metil merkaptan, dimetil sulfida, metanol dan air akan masuk ke absorber (ABS-01) untuk memisahkan hidrogen sulfida. Pemisahan ini dilakukan dengan bantuan solvent metanol. Solvent metanol akan menyerap dimetil eter, metil merkaptan, dimetil sulfida, metanol dan air yang akan keluar sebagai hasil bawah absorber. Solvent yang dibutuhkan untuk penyerapan yaitu 2 kg / 1 kg metil merkaptan. Hasil atas absorber yaitu hidrogen sulfida dan gas nitrogen dengan tekanan 6 bar dan temperatur 52°C akan di recycle ke reaktor. Namun gas hidrogen sulfida dan nitrogen dinaikkan tekanannya terlebih dahulu menggunakan kompresor dari 6 bar menjadi 8 bar agar sesuai dengan kondisi operasi reaktor. Gas hidrogen sulfida dan nitrogen keluaran kompresor bertekanan 8 bar dan temperaturnya 30°C akan dicampur dengan fresh feed yang berasal dari tangki penyimpanan hidrogen sulfida (T-01). Hasil bawah absorber (ABS-01) berupa solvent metanol dan dimetil eter, metil merkaptan, dimetil sulfida, metanol dan air yang memiliki tekanan 6 atm dan temperatur 52°C dialirkan ke stripper (ST-01) menggunakan pompa (P-02) untuk di desorpsi menggunakan steam untuk memisahkan antara solvent dan solute. Solvent akan keluar sebagai hasil bawah stripper dan solute akan keluar sebagai hasil atas. Solvent metanol yang keluar dari stripper akan didinginkan di CL-04 dari temperatur keluaran stripper yaitu 118 °C menjadi 52°C agar dapat digunakan lagi di absorber. Sedangkan hasil atas stripper akan diturunkan suhunya menggunakan CL-05 dari temperature 118°C menjadi 30°C kemudian dibawah ke unit pengolahan limbah.

## ANALISA EKONOMI

Perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan pabrik metil merkaptan adalah sebagai berikut:

a. Laju Pengembalian Modal (*Return of Investment*)

*Return of Investment* adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan berdasarkan jumlah investasi yang dikeluarkan. Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi, didapatkan nilai ROI sebelum pajak 82% dan sesudah pajak sebesar 62%.

b. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time*)

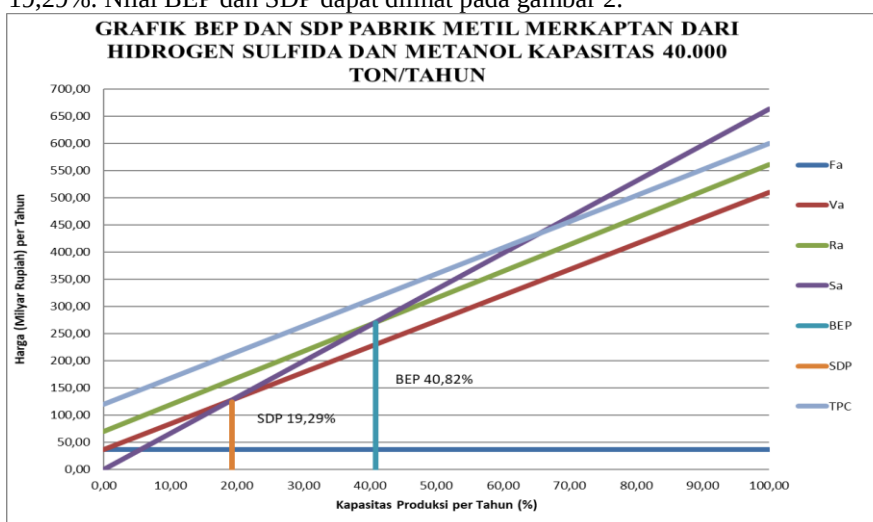
*Pay Out Time* adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi diketahui nilai POT sebelum pajak yaitu selama 1,03 tahun dan sesudah pajak selama 1,3 tahun.

c. Titik Impas (*Break Even Point*)

*Break Event Point* merupakan titik impas atau kondisi jumlah biaya dan penghasilan dari suatu pabrik sama besar (tidak untung dan tidak rugi). Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi didapatkan nilai BEP sebesar 40,82%.

d. *Shut Down Point*

*Shut Down Point* (SDP) adalah suatu titik atau saat suatu penentuan aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga keputusan *management* akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Berdasarkan analisis ekonomi didapatkan nilai SDP sebesar 19,29%. Nilai BEP dan SDP dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. *Break Event Point* dan *Shutdown Point*

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, prarancangan pabrik metil merkaptan dari hidrogen sulfida dan metanol menguntungkan. Ditinjau dari beberapa aspek, dimana kapasitas produksi metil merkaptan 40.000 ton/tahun, bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT), bentuk organisasi yang direncanakan adalah garis dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 150 orang, lokasi Kawasan Industri Indramayu, Jawa Barat dengan luas tanah yang dibutuhkan 9894 m<sup>2</sup>. Adapun *Total Capital Investment* (TCI) sebesar Rp 268,8 miliar, *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak 82% dan setelah pajak 62%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,03 tahun dan setelah pajak 1,3 tahun. Nilai *Break Even Point* (BEP) 40,82% dan *Shut Down Point* (SDP) 19,29%. Berdasarkan aspek diatas, maka pabrik metil merkaptan dari hidrogen sulfida dan metanol layak untuk didirikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditunjukkan kepada pemberi dana dalam penyusunan prarancangan pabrik kimia. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan prarancangan pabrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. R. Kaufmann, *Alternative routes to methyl mercaptan from C1-compounds*. Munchen: Technischen Universitat Munchen, 2015.

- [2] Kubicek, "HYDROGENATION OF CARBON DISULFIDE TO METHYL MERCAPTAN IN PRESENCE OF HYDROGEN SULFIDE ," 3880933, Apr. 29, 1975
- [3] G. D. Biola, "PROCESS FOR THE MANUFACTURE OF METHYL MERCAPTAN," Jan. 1976.
- [4] "Badan Pusat Statistika Republik Indonesia," Mar. 01, 2023. <https://www.bps.go.id/exim/>, (accessed Mar. 01, 2023).
- [5] Mapparessa, S.B., et al. (2023). Pengujian Antimikroba, Kelembaban, Tingkat Iritasi, dan Tinggi Busa pada Hand Soap Berbasis Minyak Jelantah dan Zaitun. Jurnal KOVALEN, 9(2). 113-121.