

## PENGEMBANGAN INDUSTRI METANOL DALAM NEGERI DARI GAS ALAM DENGAN TEKNOLOGI *STEAM REFORMING*

Naufal Yudha Utama<sup>1</sup>, Agus Setiyono<sup>1\*</sup>, Zami Furqon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, PEM Akamigas Cepu, Jl. Gajah Mada No.38, Cepu, Jawa Tengah, 58315

\*E-mail: agasasutadewa@gmail.com

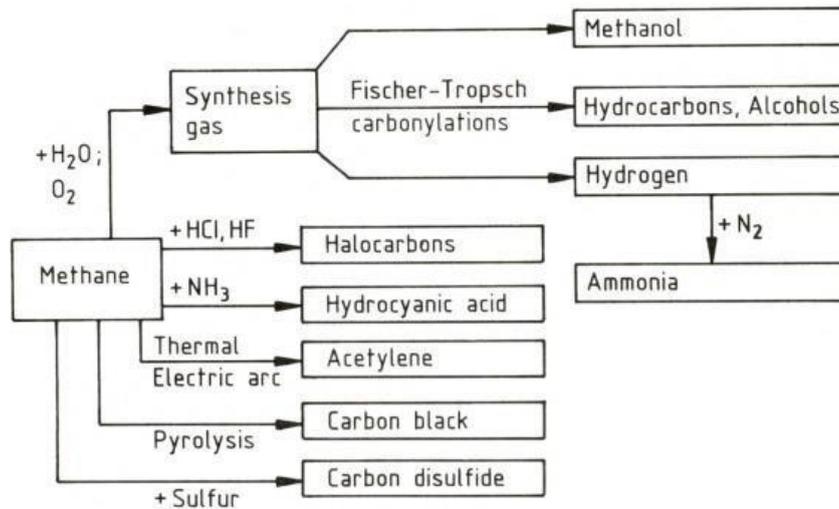
### ABSTRAK

Metanol merupakan sumber daya penting dalam industri kimia dan energi. Meningkatnya permintaan metanol, khususnya di Indonesia, meningkatkan pentingnya pembangunan pabrik metanol lokal. Pada penelitian ini dilakukan desain awal pabrik metanol berkapasitas 240.000 ton per tahun di Batam. Proses produksi metanol menggunakan gas alam sebagai bahan baku melalui teknologi steam reforming yang efisien dan ramah lingkungan. Prosesnya meliputi reformasi uap, transfer air dan gas, sintesis metanol, dan pemurnian metanol. Perencanaan rancangannya dilaksanakan melalui Pertimbangan dari aspek teknologi dan fiskal. Evaluasi fiskal menunjukkan keuntungan dengan hasil investasi (IRR) setinggi 22% per tahun, Untuk *Pay out time* dapat mencapai 4,8 tahun dengan nilai sekarang bersih (NPV) seharga 711 Juta USD. Oleh karena itu, pabrik sintesa metanol ini layak dari aspek teknologi dan fiskal. Selain itu, penggunaan dari sumber daya gas alam yang menjadi bahan baku dapat mendukung pertumbuhan industri yang lebih ramah lingkungan dibandingkan industri berbasis batu bara, dan sesuai Roadmap 4.0 industri kimia Indonesia.

**Kata kunci:** Gas Alam, Industri Petrokimia, Metanol, Steam Reforming

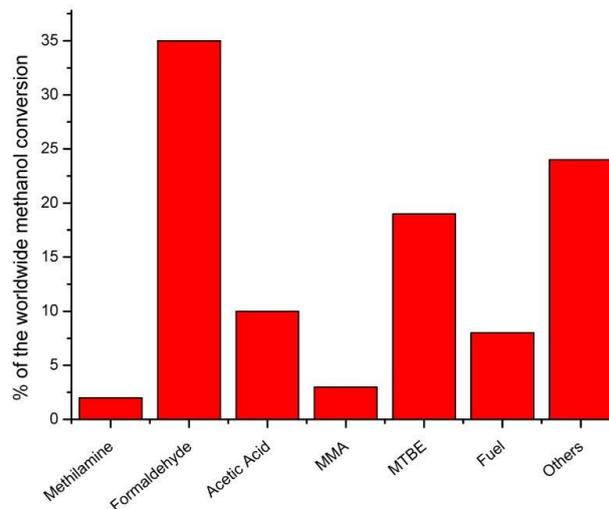
### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki pasokan sumber daya energi fosil dimana gas alam sendiri dapat menghasilkan hingga mencapai 2.3 Tcf pada tahun 2021 dengan cadangan gas alam yang menjadi peringkat ketiga di area Asia – Pasifik sebesar 49,7 Tcf pada tahun 2021 namun dikarenakan infrastruktur dan industri yang kurang mendukung menyebabkan Sebagian besar gas yang dihasilkan dibakar di *flare* yang menjadikan Negara Indonesia termasuk dalam peringkat 20 besar dalam membakar gas alam di *flare* pada tahun 2020 [1]. Hal ini diperlukan suatu industri terbaru untuk memanfaatkan secara maksimal dari sumber daya tersebut. Gas alam dimanfaatkan 40 % sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik, 39% digunakan di Industri terutama petrokimia dan 21% digunakan untuk kegunaan komersial seperti perumahan dan perkantoran [2]. Negara Indonesia pemanfaatan terbesar dari gas alam terdapat di sektor industri diikuti 12,45% di sektor pupuk [3]. Industri kimia yang berbasis gas alam akan dimanfaatkan menjadi gas sintetis yang dapat menjadi basis sektor industri metanol, industri acetylene, halocarbon dan asam klorida dapat dilihat pada dilihat pada gambar 1 dibawah ini [4] :



**Gambar 1. Pemanfaatan Metana di Industri Proses**

Metanol merupakan produk kimia yang berguna yang digunakan sebagai basis untuk menghasilkan zat kimia yang lebih kompleks seperti asam asetat, dimetil eter, hal ini dapat dicapai dengan cara mengkonversi metana menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>, gambar 2 berikut adalah grafik penggunaan dari metanol secara mendunia [5]:



**Gambar 2. Persentase Kegunaan Metanol Secara Global**

Hal ini memperlihatkan bahwa produk kimia metanol sangat berperan penting dalam perindustrian kimia yang ada di dunia. Negara Indonesia pada tahun 2021 diperkirakan membutuhkan sekitar 871.000 Ton per tahun, dimana sangat tinggi terutama potensi dari metanol yang bisa menjadi zat kimia intermediet seperti dimetil eter, dan methyl tertiary butyl ether (MTBE) [6]. Sedangkan secara pasar Indonesia selalu mengimpor metanol dari luar negara dimana nilai impor itu mencapai 12.000.000.000 USD, hal ini juga didorong dengan berjalan program B-20 ke B-30 hingga B-100 oleh pemerintahan Indonesia dalam mencapai energi bebas fosil [7]. Untuk pasar global sendiri bahwa pasar metanol sendiri seharga 30,9

Milliar USD pada tahun 2023 dan diproyeksikan meningkat dimana pada tahun 2028 mencapai 38 Milliar USD atau meningkat 4,2 % cagr [8]

Negara Indonesia saat ini hanya memiliki satu produsen Metanol yaitu PT. Kaltim Metanol dengan produksi zat kimia metanol sebesar 330.000 ton per tahun yang difokuskan untuk memenuhi kebutuhan domestik [6]. Secara umum industri memproduksi metanol dengan cara mengurai gas alam menjadi gas hydrogen, karbon monoksida, dan karbon dioksida melalui metode *Steam Reforming* dan *Autothermal Reforming*, kemudian gas tersebut di reaksikan untuk menjadi metanol melalui beberapa metode yaitu *BASF Process – High Pressure Method*, *ICI Process-Low Pressure Method* [9].

Metode *BASF* menggunakan dua jenis katalis yaitu  $ZnO/Cr_2O_3$  dan  $ZnO/CuO$  dengan kondisi reaksi di temperature 320 – 450°C dan tekanan 250-300 bar, sedangkan untuk metode *ICI* menggunakan katalis  $Cu/ZnO/Al_2O_3$  di kondisi reaksi pada temperatur 35-54 bar dengan suhu 200 - 300°C [9]. Dengan hal ini diperlukan suatu pengembangan industri metanol dengan tujuan pemanfaatan gas alam secara efisien serta pemenuhan zat kimia di Indonesia agar dapat meningkatkan kemandirian Industri, peningkatan ekonomi dalam negeri serta sebagai langkah menuju industri 4.0. Hal ini diperlukan untuk pertimbangan mulai dari pemilihan metode dan teknologi, lokasi, urutan proses agar tercapainya tujuan tersebut.

## 2. METODE

Dalam perancangan dari pabrik diperlukan suatu tahapan awal dimulai dari tahapan pemilihan lokasi, pemilihan kapasitas, dan proses produksi. Setelah desain pabrik telah dirancang akan dilanjutkan dengan simulasi pabrik untuk mendapatkan neraca energi dan massa yang disertakan dengan *lay-out* pabrik dan *process flow diagram* dari pabrik. Setelah didapatkan dilanjutkan perhitungan keekonomian.

Pemilihan lokasi akan membandingkan beberapa tempat yang memiliki potensi gas alam dan air untuk sebagai bahan baku dari pabrik, keberadaan infrastruktur seperti Pelabuhan, listrik, dan jalan yang diperlukan untuk memudahkan dari mobilisasi dan operasional dari pabrik dan kemudian terkahir adalah kajian terhadap tenaga kerja yang diperlukan untuk proses pelaksanaan dari operasional pabrik.

Pemilihan kapasitas akan dikaji dari kebutuhan dari metanol didalam negeri, keberadaan sumber bahan baku yang ada di lokasi, dan produsen metanol yang ada didalam negeri. Hal ini diperlukan sebagai basis awal dari proses.

Pemilihan proses akan dilaksanakan dengan cara merancang alur reaksi dari pembuatan produk yang kemudian dirancang menjadi alat proses yang runtut agar bahan baku dapat terkonversi dengan produk yang baik serta sesuai dengan kriteria standar metanol, dimana berbagai proses akan dipertimbangkan mulai dari *steam reforming*, *partial oxidation*, *plasma gasification*, *autothermal reforming*.

Dimana *Steam Reforming* merupakan suatu metode gasifikasi gas alam menjadi gas sintetis menggunakan uap bertekanan dan suhu tinggi yang dibantu dengan katalis agar proses gasifikasi tercapai [10]. *Partial oxidation* merupakan metode gasifikasi gas alam dimana panas yang dihasilkan dari reaksi akan digunakan untuk meningkatkan laju reaksi sehingga energi yang digunakan jauh lebih sedikit dengan mengorbankan hasil produk yang lebih sedikit [11]. *Plasma reforming* adalah proses gasifikasi yang menggunakan gas yang berenergi pada kondisi yang tinggi sehingga membentuk plasma dimana kondisi tersebut dapat mengurai gas alam menjadi gas sintetis yang berupa gas hydrogen dan karbon dioksida [12]. *Autothermal Reforming* merupakan teknologi yang menggabungkan *steam reforming* dan *partial oxidation* dimana metode ini mengurangi hasil produksi dengan keuntungan efisiensi energi [13].

Pabrik yang dirancang kemudian di simulasikan menggunakan program *Aspen Hysys* versi 14 untuk mensimulasikan dan menjalankan pabrik untuk melihat apakah proses dapat menghasilkan produk yang sesuai kriteria beserta mendapatkan informasi mengenai neraca massa dan energi yang berasal dari proses yang akan menjadi basis dari perhitungan dari keekonomian dari pabrik yang telah dibentuk.

Perhitungan keekonomian akan dilaksanakan untuk mendapatkan informasi dari keekonomian mulai dari keuntungan bersih, *Total Capital investment*, *Rate of Return*, *Minimum Rate of Return*, *Break Even Point*, *Payback Period*, *Internal rate of return*, *Net Present Value*. Sensifitas dari keekonomian juga akan disertakan untuk melihat ketahanan dari pabrik terhadap kenaikan bahan baku dan penurunan penjualan dari produk.

### 3. PEMBAHASAN

#### A. Lokasi Pabrik

Pemilihan dari lokasi pabrik akan berada di pulau Batam, dimana lokasi tersebut berjarak dekat dengan daerah ladang gas natuna yang memiliki kandungan sebesar 92,4 MMSCFD dan diprediksi pada tahun 2030 akan memiliki cadangan gas sebesar 1189,72 MMSCFD dengan spesifikasi gas alam seperti Tabel 1 berikut [14]:

**Tabel 1 Spesifikasi Gas Alam Natuna**

Komponen		Hasil	Satuan
Hidrogen Sulfida	H <sub>2</sub> S	0,001	%mol
Karbon Dioksida	CO <sub>2</sub>	10,30	%mol
Nitrogen	N <sub>2</sub>	0	%mol
Metana	C <sub>1</sub>	74,950	%mol
Etana	C <sub>2</sub>	6,77	%mol
Propana	C <sub>3</sub>	5,36	%mol
Iso Butana	i-C <sub>4</sub>	0,82	%mol
n-Butana	n-C <sub>4</sub>	1,08	%mol
Iso Pentana	i-C <sub>5</sub>	0,32	%mol
n-Pentana	n-C <sub>5</sub>	0,22	%mol
Heksana	C <sub>6</sub>	0,18	%mol
<i>Net Heating Value</i>		9,405	%mol
<i>Dew Point</i>		29,4	%mol

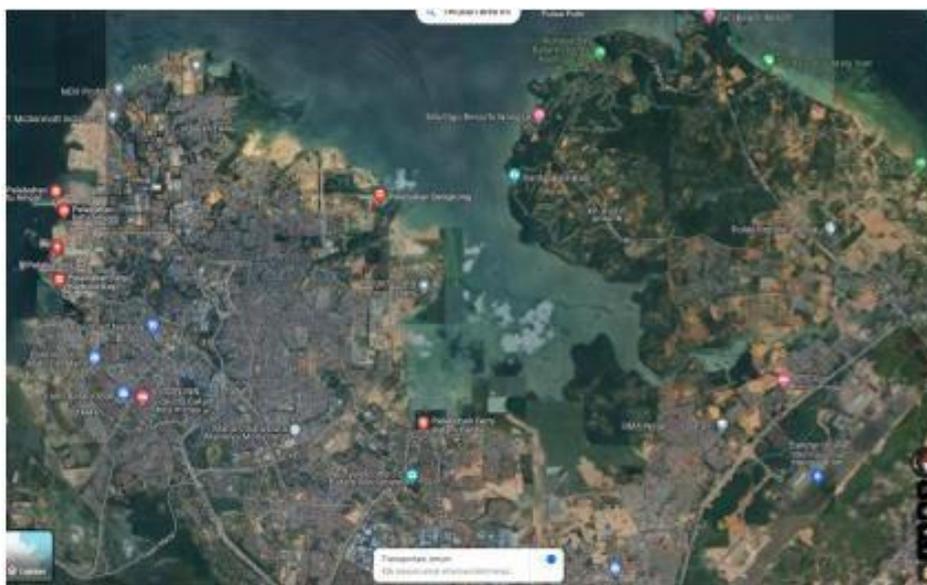
Lokasi pabrik juga berada didekat dengan jalur infrastruktur yaitu pipa besar dengan nama jalur pipa *West Natuna Transportation System* (WNTS) yang dioperasikan oleh Perusahaan PT. Medco Energy dimana dapat mengangkut hingga 120 MMSCFD gas alam, sehingga dapat menjadi potensi untuk menjadi jalur gas bahan baku dari sumber natuna menuju pabrik yang berada di Batam dengan cara membuat cabang aliran gas menuju lokasi pabrik [15]

Lokasi pabrik juga berada didekat laut, dimana memiliki sumber air yang jika diolah dapat menjadi air untuk bahan baku pabrik dan bahan baku untuk utilitas dari operasional pabrik metanol tersebut. Dapat dilihat lokasi pabrik ada di gambar 3 berikut [16]:



**Gambar 3. Letak Lokasi Pabrik Yang Berada di Pulau Batam**

Pemilihan lokasi ini juga memiliki jalan dan Pelabuhan penting dimana dapat mengakomodasi dari operasional pabrik. Pelabuhan akan sangat penting jadi tempat bahan bahan dari pabrik seperti zat kimia, katalis dan kebutuhan penunjang pabrik. Sedangkan untuk jalan akan sebagai jaringan logistik dari bahan baku dan produk. Dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini adalah beberapa pelabuhan yang berada di Pulau Batam [16]:



**Gambar 4. Letak Jalan dan Pelabuhan di Pulau Batam**

Pemilihan ini juga berdasarkan dengan tersedianya tenaga kerja yang ada untuk digunakan sebagai pegawai dan operator dari operasional pabrik. Pulau Batam pada tahun 2023 memiliki tenaga kerja sebesar 651.610 jiwa. Hal ini memperlihatkan populasi yang besar yang dapat dijadikan pegawai dari pabrik [17].

### **B. Pemilihan Kapasitas Pabrik**

Untuk penentuan dari kapasitas akan berdasarkan dari kebutuhan dari metanol dalam negeri. Kemampuan dari proses dari alat dan teknologi yang ada, terjamin dari suatu kualitas produk dan tingkat keberlanjutan dari suatu keekonomian dari pabrik [18]. Maka untuk memenuhi batasan kapasitas tersebut pertama yaitu kebutuhan dari metanol. Kebutuhan dari metanol dalam negeri mencapai 871.000 Ton per tahun dimana nilai akan menjadi batas

maksimum dari tingkat produksi. Data yang akan digunakan adalah data kapasitas produksi domestik yaitu kapasitas PT. Kaltim Metanol yang memproduksi sebesar 264.000 Ton per tahun yang dipasarkan negeri yang menghasilkan produk metanol dengan kemurnian 99,85% atau *Grade AA* [6]. Hal ini memperlihatkan bahwa pemenuhan hanya sebesar 30,3% dan menyisakan sebesar 69,7 % dari kebutuhan dalam negeri. Penulis mempertimbangkan untuk penelitian ini akan menggunakan kapasitas sebesar 240.000 Ton per tahun sebagai basis untuk penentuan proses lanjutan dimana dapat memenuhi sebesar 27,6% dan meningkatkan total pemenuhan kebutuhan sebesar 57,9%. Pemilihan ini dapat memenuhi kebutuhan pasar namun dengan pertimbangan untuk menghindari dari produksi berlebihan dan saturasi dari pasar metanol yang dapat menurunkan harga barang di pasar secara signifikan. Hal ini juga dilaksanakan untuk menghindari investasi awal yang berlebihan dikarenakan ketidakpastian bahwa produk tersebut 100% terserap dipasar, selain itu membuka peluang dari pabrik untuk rencana perluasan jika tahap investasi awal dari pabrik aman untuk memperluas kapasitas dari pabrik. Dengan kapasitas tersebut dapat terjamin produk yang berkualitas *Grade AA* dikarenakan *Quality Control* dapat teramati dan dijaga lebih mudah. Yang terakhir untuk memitigasi dari resiko dari gelombang harga pasar yang dapat secara tiba-tiba naik dan turun dan menempatkan pabrik ini dalam strategi pasar jangka panjang akibat fleksibilitas pasar dan kapasitas.

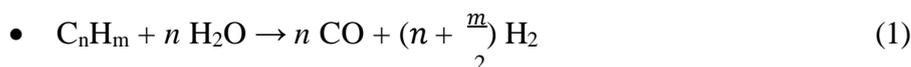
### C. Perancangan Proses Pabrik

Dalam perancangan akan ditentukan dahulu spesifikasi dari produk yang ingin dibuat. Spesifikasi produk akan menyesuaikan dengan standar pasar agar produk bisa diterima secara domestik maupun dunia dan menjamin kepercayaan dari konsumen, dimana. Berikut adalah spesifikasi dari produk metanol tersebut yang dapat disimulasikan [19]:

**Tabel 2. Spesifikasi Produk Metanol**

No.	Item	Spesifikasi
1.	Water Content, %wt	Max. 0,5
2.	Purity, % wt	Min. 99,85
3.	Specific Gravity, 20/20°C	0,792 – 0,793
4.	Acetone, mg/kg	Max. 30
5.	Ethanol, mg/kg	Max.10

Dari tabel 2 merupakan spesifikasi yang bisa dilaksanakan melalui pengujian simulasi tanpa diperlukan untuk membuat dari pabrik secara fisik. Untuk proses maka diperlukan suatu reactor *steam reformer* untuk mengakomodasi dari proses reaksi *reforming*, dimana reaksi menggunakan air untuk mengurai hidrokarbon menjadi gas sintesis dengan reaksi sebagai berikut [19]:



Dari persamaan reaksi diatas dapat terlihat bahwa terjadi reaksi penguraian dari hidrokarbon menggunakan air untuk menghasilkan gas sintesis yang berupa gas hidrogen dan

gas karbon dioksida [19]. Pada alat akan digunakan teknologi dari ICI (*Imperial Chemical Industries*) dengan tipe reactor Quench dengan bantuan katalis Cu-ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan kondisi operasi 220 – 280°C, 30 – 100 Bar, dimana pemilihan dikarenakan paling umum digunakan di industri [20]. Sintetis gas kemudian di reaksikan kembali di reaksi *Water Gas Shift* untuk menghasilkan gas hidrogen dan gas karbon dioksida yang lebih besar dengan cara mereaksikan gas karbon monoksida dengan air, berikut adalah reaksinya [21]:



Reaksi diatas menunjukkan reaksi *Water Gas Shift* dimana reaktor tersebut akan dibagi 2 menjadi *shift* temperature rendah dengan suhu 200 – 240 °C pada tekanan 8 bar dengan bantuan tembaga oksida dengan promotor Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan *High Temperatur Shift* dengan suhu 350 – 450°C pada tekanan 14 Bar dengan bantuan katalis besi oksida dan Cr<sub>2</sub>O [22].

Setelah pembentukan dari gas sintetis yang terdiri dari CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>, gas tersebut akan direaksikan pada reaktor metanol untuk mensintesis metanol produk. Dimana reaktor tersebut akan mewadahi reaksi eksotermis yang terdiri dari beberapa reaksi sebagai berikut :



Reaktor tersebut akan mewadahi reaksi yang ada diatas dengan menggunakan bantuan dari katalis Cu/Zn/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan kondisi operasi dari 473 – 523 K dengan tekanan 50 – 100 Bar [23]. Produk yang dihasilkan masih mengandung sebagian besar air dan gas yang tidak bereaksi dimana kemudian produk dari reaktor akan dipisahkan melalui kolom pemisahan dengan sistem *packed* untuk memisahkan cairan metanol dan gas yang tidak bereaksi [24].

Gas yang tidak bereaksi akan mengandung CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CO, dan metanol dimana gas yang tidak bereaksi tersebut dapat dipisahkan dari gas metanol yang kemudian dapat dibakar di sistem *flaring* dan gas hidrogen yang tidak bereaksi akan dikembalikan ke reaktor sintetis metanol [25]. Dimana pemisahan gas hidrogen tersebut menggunakan sistem pemisahan membran menggunakan logam mulia palladium yang dapat dilalui gas hidrogen dengan hasil kemurnian gas sebesar 99,98% [26].

Cairan metanol yang telah terpisah dari gas masih memiliki kandungan air dikarenakan reaksi sampingan tersebut menghasilkan air maka diperlukan pemisahan distilasi yang berdasarkan perbedaan titik didih dari kedua cairan tersebut dimana air akan turun dibawah sedangkan metanol akan teruapkan diatas dikarenakan sifat air yang mendidih pada suhu 100°C sedangkan metanol teruapkan pada suhu 64,7°C [27]. Pemisahan ini akan dilaksanakan melalui alat distilasi kolom yang memiliki tray agar pemisahan yang dihasilkan memiliki kemurnian tinggi yaitu 99,98% [28]. Produk metanol yang telah dipisahkan kemudian didinginkan dan disimpan di tangki pada keadaan *ambience*.

### C. Simulasi Pabrik

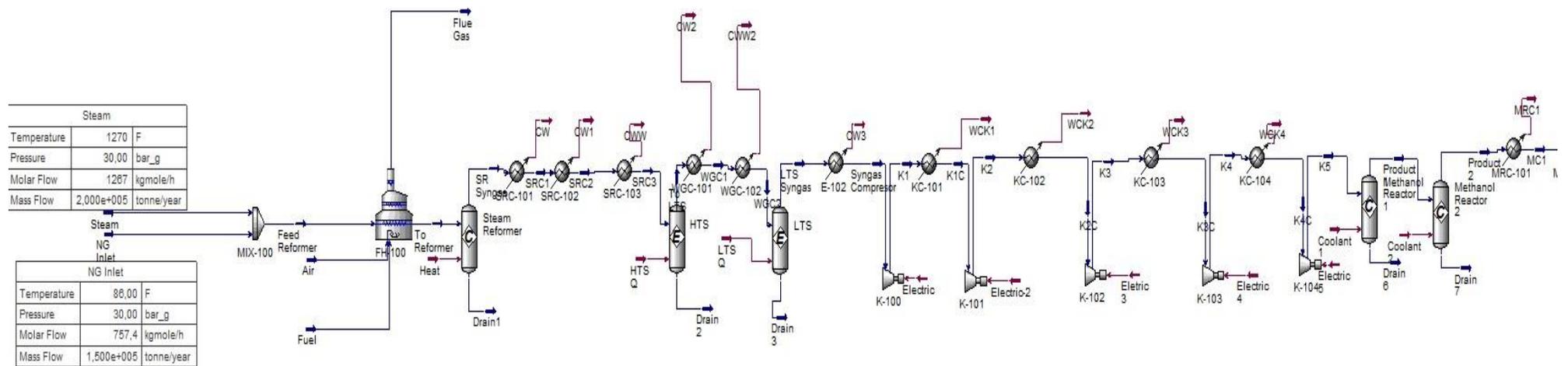
Pabrik yang telah dirancang kemudian disimulasikan di program aspen hysys untuk melihat apakah proses dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan spesifikasi. Yang dilaksanakan adalah dengan cara mengatur komponen yang akan disimulasikan dengan Tabel 3 sebagai berikut :

**Tabel 3. Komponen yang Digunakan**

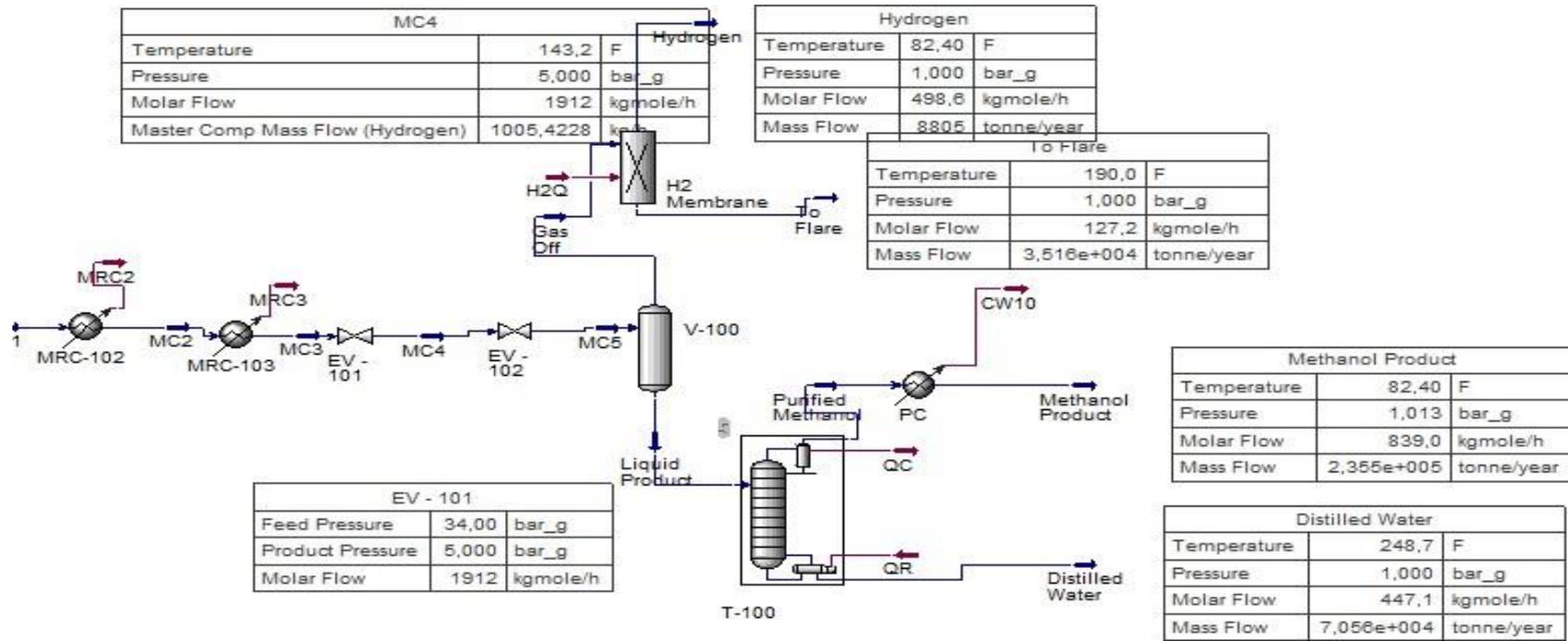
Component	Type	Group
H <sub>2</sub> O	Pure Component	
Hydrogen	Pure Component	
CO	Pure Component	
CO <sub>2</sub>	Pure Component	
Nitrogen	Pure Component	
Oxygen	Pure Component	
Methane	Pure Component	
Ethane	Pure Component	
Propane	Pure Component	
i-Butane	Pure Component	
n-Butane	Pure Component	
i-Pentane	Pure Component	
n-Pentane	Pure Component	
n-Hexane	Pure Component	
Methanol	Pure Component	

Setelah ditentukan kemudian dilanjutkan dengan penentuan reaksi dengan memasukan reaksi yang digunakan mulai dari *Steam Reforming*, *Water Gas Shift*, *Methanol Synthesis*. Kemudian alat kemudian di spesifikasikan dan dirancang agar dapat memulai reaksi dengan susunan alat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan proses simulasi dari awal bahan baku masuk hingga hasil keluar dari proses *Methanol Synthesis*. Gambar 6 menunjukkan proses simulasi langsung menjadi produk akhir. Simulasi dilaksanakan secara trial and eror dengan cara menambahkan alat seperti pompa, *Heater*, *Cooler*, dan Reaktor untuk mencapai produk yang diinginkan. Dari simulasi juga dapat menunjukkan angka temperatur, kalor dan massa yang mengalir didalam aliran simulasi yang telah dibentuk.

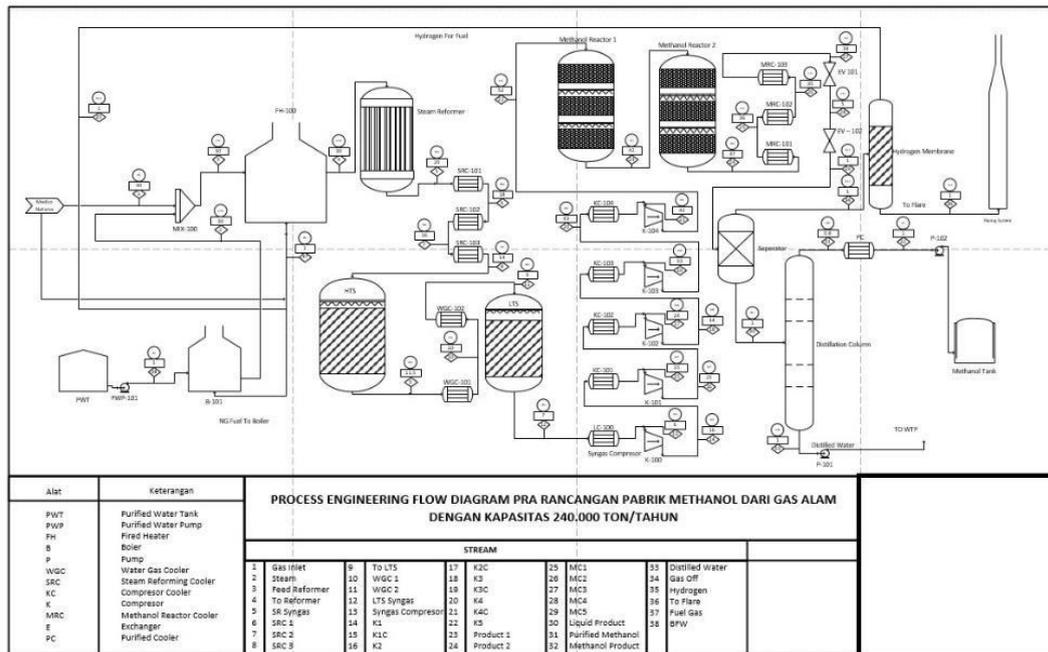


Gambar 5. Urutan Proses Simulasi Bagian 1



Gambar 6. Urutan Proses Simulasi Bagian 2

Gambar 7 berikut adalah gambar denah pabrik yang berdasarkan dari simulasi yang telah dibentuk:



Gambar 7. Process Flow Diagram

### D. Keekonomian Pabrik

Setelah ditentukan simulasi maka hasil dari kebutuhan bahan baku dan hasil produk didapatkan sehingga data tersebut dapat digunakan untuk perhitungan keekonomian. Untuk harga peralatan sendiri dengan ditambahkan pengantaran (*Purchased Equipment Delivery*) mencapai 28.501.932,97 USD [29]. Dengan biaya langsung yang telah termasuk harga peralatan, insulasi, perpipaan, peralatan listrik, fasilitas perawatan, tanah, bangunan dan peralatan instrumentasi mencapai seharga 97.897.943,67 USD [29]. Untuk *Indirect Cost* yang terdiri dari biaya pengawasan, biaya pembangunan, hukum dan aturan, kontraktor dan biaya darurat sebesar 26.023.504,01 USD sehingga bisa didapatkan harga untuk *Fix Capital Investment* sebesar 123.921.447,68 USD [29]. *Working Capital* menggunakan 30% dari biaya *Fix Capital Investment* dan kemudian diakumulasi dengan *Fix Capital Investment* didapatkan *Total Capital Investment* sebesar 161.097.881 USD [29].

Untuk *Total Production Cost* didapatkan dengan cara mendapatkan harga *Direct Production Cost*, *Fixed Charge*, *Plant Overhead Cost*, dan *General Expenses* [29]. *Direct Production Cost* yang terdiri dari biaya bahan baku, gaji pegawai, utilitas, perawatan, bahan operasional, bahan laboratorium, dan paten didapatkan sebesar 41.533.842,71 USD per tahun [29]. Untuk biaya *Fixed Charge* yang terdiri dari biaya depresiasi, pajak local, asuransi, dan sewa sebesar 8.798.422,79 USD per Tahun [29]. Biaya *overhead* dari pabrik yang didapatkan sebesar 8.054.894,1 USD per tahun [29]. Untuk biaya *General Expenses* yang terdiri dari biaya administrasi, pemasaran, distribusi dan pengembangan serta penelitian sebesar 4.394.732,05 USD per Tahun [29]. Dari biaya tersebut didapatkan *Total Production Cost* sebesar 62.781.886,37 USD per tahun [29].

Untuk mendapatkan pendapatan bersih setelah pajak diperlukan biaya pemasukan dimana metanol yang dihasilkan memberikan pemasukan sebesar 96.000.000 USD per tahun dengan

melalui harga per ton metanol sebesar 400 USD per ton [30]. Sehingga setelah digabung dengan depresiasi dan biaya pajak sebesar 30% maka didapatkan keuntungan bersih setelah pajak sebesar 33.110.802,72 USD per tahun. Sehingga didapatkan *Rate of Return* sebesar 20,55% dengan *Minimum Rate of Return* sebesar 16% [29]. Untuk *Payback Period* didapatkan dalam 4,8 tahun dengan *Internal Rate of Return* sebesar 22%. Hasil dari keekonomian tersebut diuji terhadap kenaikan harga bahan baku sebesar hingga 50% kenaikan harga dan penurunan penjualan produk hingga 30%.

Untuk keekonomian termasuk menguntungkan dikarenakan masih menghasilkan keuntungan dan *Rate of Return* dan *Internal Rate of Return* yang memenuhi dari *Minimum Rate of Return* bisa menjadikan pabrik ini layak untuk investasi dan dikembangkan. Tabel 4 berikut ini adalah daftar keekonomian dari pabrik ini.

**Tabel 4. Ringkasan Keekonomian Pabrik**

Parameter	Nilai
<i>After Tax Cash Flow</i>	\$ 33.110.802,72
<i>Total Capital Investment</i>	\$ 161.097.881,98
<i>Rate of Return</i>	20,55 %
<i>Minimum Rate of Return</i>	16%
<i>Break Even Point</i>	37%
<i>Shut Down Point</i>	22%
<i>Payback Period</i>	4,8 Tahun
<i>Interest</i>	10%
<i>Internal Rate of Return</i>	22 %
<i>Net Present Value</i>	\$ 711.830.361,52

Untuk dari sensitifitas dari keekonomian dari pabrik berdasarkan dari analisa keekonomian dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

**Tabel 4. Ringkasan Sensitivitas Keekonomian**

Sensitifitas	ROR	IRR	NPV	ACTF	PP (Tahun)
<i>Feed +50%</i>	15,34%	14%	\$ 183.791.707,93	\$ 24.718.643,39	6,5
<i>Feed +30%</i>	17,43%	17%	\$ 395.007.662,73	\$ 28.075.514,96	5,7
<i>Feed +20%</i>	18,47%	19,09%	\$ 500.614.777,55	\$ 29.753.937,04	5,4
<i>Feed +10%</i>	19,51%	21%	\$ 606.222.919,03	\$ 31.432.375,43	5,1
Normal	20,55%	22%	\$ 711.830.361,52	\$ 33.110.802,72	4,8
Produk -10%	16,38%	15%	\$ 289.004.767,42	\$ 26.390.802,72	6,1
Produk -20%	12,21%	7%	\$ 133.820.826,68	\$ 19.670.802,72	8,1
Produk -30%	8,04%	0	\$ -556.646.420,78	\$ 12.950.802,72	12,4

Untuk sensitivitas dari pabrik bisa bertahan hingga kenaikan harga bahan baku sebesar 50% sedangkan penurunan penjualan 30% sehingga pabrik bisa memiliki fleksibilitas dari keekonomian yang cukup kuat.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan dari pembahasan bisa didapatkan bahwa perancangan dari pabrik metanol dapat memanfaatkan gas alam sebesar 150.000 Ton per Tahun dan mampu memenuhi kebutuhan metanol 240.000 Ton per tahun. Kesimpulan ini berdasarkan dari simulasi yang

dibutuhkan dimana dilaksanakan *trial and error* untuk mencapai dari spesifikasi produk yang diinginkan. Dari data diatas dapat di atas bahwa dapat terlihat bahwa pabrik ini dapat meningkatkan pemanfaatan gas alam sebanyak 150.000 Ton/tahun atau sebesar 0,468 MMSCFD. Pabrik ini juga mampu memenuhi menaikan pemenuhan metanol dalam pasar negeri sebesar 27,6% atau 240.000 Ton per tahun. Hal ini menjadikan langkah penting dalam meningkatkan kemandirian dari industri petrokimia dalam negeri, selain itu penggunaan teknologi dan proses menjadikan pabrik ini memiliki efisiensi besar yaitu 160% berdasarkan perbandingan produk dan bahan baku dan fleksibilitas dari kapasitas. Hal ini menjamin keberlanjutan dari industri kimia dalam negeri dimana pabrik tersebut berpotensi untuk diperluas menyesuaikan dengan kebutuhan pasar dalam negeri hingga pasar Internasional. Pendekatan ini mampu menyeimbangkan dalam menghadapi kebutuhan metanol dalam negeri dan menjaga keberlanjutan dan peningkatan dalam jangka panjang.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] U.S. Energy Information Administration, "Country Analysis Executive Summary: Indonesia," U.S. Energy Information Administration, Washington, D.C., 2021.
- [2] World Economy Forum, "The Net-Zero Industry Tracker," World Economy Forum, Geneva, 2022.
- [3] Kementerian ESDM Ditjen Migas, "Pemanfaatan Gas Untuk Industri Tahun 2021 Capai 28,2 Persen," Kementerian ESDM Ditjen Migas, 9 September 2021. [Online]. Available: <https://migas.esdm.go.id/post/pemanfaatan-gas-untuk-industri-tahun-2021-capai-28-2-persen>. [Accessed 23 September 2024].
- [4] P. M., S. A. and S. K., "Direct Catalytic Conversion of Methane," The Canadian Journal of Chemical Engineering, vol. 10, no. 69, pp. 1027-1035, 1991.
- [5] F. Dalena, A. Senatore, M. Basile, S. Knani, A. Basile and A. Iulianelli, "Advances in Methanol Production and Utilization, with Particular Emphasis toward Hydrogen Generative via Membrane Reactor Technology," Membranes (Basel), vol. 8, no. 4, p. 98, 2018.
- [6] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, "Genjot Produksi Metanol, Pembangunan Kawasan Industri Teluk Bintuni Dipacu," in Market Sounding : Pengembangan Kawasan Industri Petrokimia di Teluk Bintuni, Jakarta, 2018.
- [7] Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, "Merealisasikan Bontang Menjadi Pusat Industri Kimia Indonesia Berbasis Metanol," in Seminar Nasional "Mendorong Pertumbuhan Industri Kimia Berbasis Metanol", Yogyakarta, 2019.
- [8] Markets and Markets, "Methanol Market by Feedstock (Natural Gas, Coal, Coke Oven Gas), Derivative (Formaldehyde, MTO/MTP, Gasoline, MTBE, MMA, Acetic Acid, DME), Sub-Derivative, End-use Industry (Automotive, Construction, Electronics) and Region - Global Forecasts to 2028," Markets and Markets, Pune, 2024.
- [9] H. Nazir, N. Mutuswamy, C. Louis, J. Sujin, J. Prakash, M. E. Buan, C. Flox, S. Chavan, X. Shi, P. Kauranen, T. Kallio, G. Maia, K. Tameveski, N. Lymperopoulos and Carcadea, "Is the H2 Economy Realizable in The Foreseeable Future? Part III: H2 Usage Technologies, Applications, and Challenges and Opportunities.," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 45, no. 53, pp. 28217-28239, 2020.
- [10] L. L. and d. B. J., "Catalytic steam reforming of methane," Catalysis Today, vol. 142, no. 4, pp. 155-160, 2009.
- [11] Z. I. Onsan and D. L. Trimm, "Partial Oxidation of Methane to Synthesis Gas," Chemical Engineering Science, vol. 56, no. 15, pp. 4763-4778, 2001.
- [12] M. V. Subrahmanyam and A. P. Babu, "Plasma Gasification of Methane: A Review," Fuel Processing Technology, vol. 85, no. 3, pp. 125-144, 2004.
- [13] G. F. Froment and J. Xu, "Methane Autothermal Reforming: A Kinetic Model.," Industrial and Engineering Chemistry Research, vol. 29, no. 12, pp. 2729-2739, 1990.

- [14] R. Murparyana and M. S. H. Pukan, *Pra Desain Pabrik Metanol Dari Gas Alam*, Surabaya: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Rekeyasa Sistem Institut Teknologi Sepuluh November, 2020.
- [15] Medco Energy, "Delivering Energy : Investor Update - 9M16 Performance," Medco Energy, Jakarta, 2016.
- [16] Google, "Google Map," 2024. [Online]. Available: [https://www.google.com/maps/@1.1757901,104.0803567,6317m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g\\_ep=EgoyMDI0MDkxOC4xIKXMDSOASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/@1.1757901,104.0803567,6317m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MDkxOC4xIKXMDSOASAFQAw%3D%3D). [Accessed 24 September 2024].
- [17] Badan Pusat Statistik Kota Batam, "Angkatan Kerja Menurut Kelompok Umur (Ribu Jiwa), 2023," Badan Pusat Statistik Kota Batam, Batam, 2024.
- [18] R. A. Ogle and A. R. Carpenter, "AICHE," AICHE, 2014. [Online]. Available: <https://www.aiche.org/resources/publications/cep/2014/august/calculating-capacity-chemical-plants>. [Accessed 27 10 2024].
- [19] PT. Kaltim Methanol, "PT. Kaltim Methanol," PT. Kaltim Methanol, Febuary 2019. [Online]. Available: <https://kaltimmethanol.com/id/produk.html>. [Accessed 25 September 2024].
- [19] J. R. R. Nielsen, *Catalytic Steam Reforming*, Berlin: Springer, 1984.
- [20] M. Boutonnet, H. Birgersson and J. Agrell, "Steam Reforming of Methanol over a Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst: A Kinetic Analysis and Strategies for Suppression of CO Formation," *Journal of Power Sources*, vol. 106, no. 1, pp. 249-257, 2002.
- [21] R. C. Neves, K. B. Colling, R. J. d. Silva, M. C. A. Rezende, A. Funke, E. O. Gomez, A. Bonomi and R. M. Filho, "A Vision on Biomass-to-liquids (BTL) Thermochemical Routes in Integrated Sugarcane Biorefineries for Biojet Fuel Production," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 119, 2020.
- [22] W. E. Bazi, A. El-Abidi, M. S. Kadiri and S. Yadir, "Modeling and Simulation of a Water Gas Shift Reactor Operating at a Low Pressure," *International Journal of Innovation Engineering and Science Research*, vol. 2, no. 6, 2018.
- [23] J. D. Medrano, "27th European Symposium on Computer Aided Process Engineering," *Computer Aided Chemical Engineering*, vol. 40, no. 721-726, 2017.
- [24] J. Fair, J. Stichlmair and J. Bravo, "General Model For Prediction of Pressure Drop and Capacity of Countercurrent gas/liquid Packed Columns," *Gas Separation & Purification*, vol. 3, no. 1, pp. 19-28, 1989.
- [25] A. Keshavarz, A. Mirvakili, S. Chahibakhsh, A. Shariati and M. Rahimpour, "Simultaneous Methanol Production and Separation in the Methanol Synthesis Reactor to Increase Methanol Production," *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, vol. 158, 2020.
- [26] A. Naquash, M. A. Qyyum, Y. D. Chaniago, A. Riaz, F. Yehia, H. Lim and M. Lee, "Separation and Purification of Syngas-Derived Hydrogen: A Comparative Evaluation of Membrane - and Cryogenic- Assisted Approaches," *Chemosphere*, vol. 313, 2023.
- [27] E. Haaz and A. J. Toth, "Methanol Dehydration with Pervaporation: Experiments and Modelling," *Separation and Purification Technology*, vol. 205, pp. 121-129, 2018.
- [28] R. H. Scott, "Process for Purifying Methanol by Distillation". London Patent 545,343, 29 January 1975.
- [29] M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, London: McGraw-Hill, 2003.
- [30] Trading Economics, "Metanol - Kontrak Berjangka - Harga," Trading Economics, New York, 2024.