

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang memiliki sumber daya alam maupun sumber daya manusia berlimpah, dapat dikatakan bahwa Indonesia adalah negara berkembang yang berpotensi untuk mengembangkan berbagai jenis industri. Pada era globalisasi seperti sekarang ini, sektor industri dipilih sebagai jalur alternatif yang turut serta berperan dalam pertumbuhan ekonomi. Salah satunya adalah industri kimia, yang diharapkan dapat berkontribusi dalam menjamin kehidupan warga negara, mengurangi ketergantungan impor, serta menciptakan lapangan kerja yang dapat mengurangi angka pengangguran. Karena pada umumnya industri kimia akan mengalami pertumbuhan seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Jadi sangat pantas apabila sektor ini mendapatkan perhatian serius. Salah satu jenis industri kimia yang penting keberadaannya adalah industri formaldehid.

Formaldehid atau *formaldehyde* adalah senyawa dari gugus aldehida, yang merupakan salah satu bahan kimia organik yang sangat penting dalam industri kimia. Bahan kimia ini banyak digunakan sebagai bahan baku maupun bahan pembantu dalam berbagai industri.

Menurut Bedino (2004), *formaldehyde* ini bisa digunakan menjadi produk jadi maupun produk *intermediet*. Sebagai contoh untuk produk *intermediet* ada pada industri kayu, industri tekstil, *chemical intermediet* dalam pembuatan *pentaerithrytol*, butanediol, dan *hexaamethylenetetramine* dan *polyester, synthetic resin counting*, dan *synthetic lubricating oils* (Kirk dan Othmer). Data statistik menunjukkan bahwa konsumsi formaldehid di Indonesia pada tahun 2017 hingga 2018 meningkat hampir di setiap tahunnya. Seperti pada tahun 2018, konsumsi formaldehid mencapai 178.163,14 ton/tahun, sedangkan pada tahun 2019, konsumsi formaldehid turun hingga mencapai 170.921,37 ton/tahun (Data Konsumsi BPS, 2026). Sayangnya, Indonesia masih perlu mengimpor kebutuhan formaldehida dari luar negeri. Seperti data yang diterbitkan oleh UN Comtrade,

pada tahun 2024 Indonesia masih mengimpor setidaknya 711 ton/tahun formaldehida dari luar negeri. Hal ini mengakibatkan devisa negara berkurang, sehingga untuk menanggulangi hal ini perlu dilakukan langkah strategis. Salah satu langkah strategis yang dapat dilakukan adalah dengan mendirikan pabrik formaldehida. Dengan didirikannya pabrik ini, selain untuk menghemat devisa negara juga dapat membuka kesempatan untuk ahli teknologi industri kimia dan tenaga terdidik lainnya untuk berkarya, mengurangi angka pengangguran dan kemiskinan, dan meningkatkan pendapatan asli daerah setempat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Apakah pembangunan pabrik *formaldehyde* dapat memenuhi kebutuhan di Indonesia?
2. Apakah pembangunan pabrik *formaldehyde* dengan kapasitas 100.000 ton/tahun layak didirikan di Indonesia?

1.3 Tujuan Pra Rancangan Pabrik

Adapun tujuan yang mendasari dalam pembuatan pabrik *formaldehyde* sebagai berikut :

1. Dapat memenuhi kebutuhan *formaldehyde* di Indonesia dan mengurangi ketergantungan impor terhadap negara lain dalam upaya menghemat devisa negara.
2. Dapat memacu pertumbuhan industri yang berbahan baku formaldehid di Indonesia.
3. Dapat meningkatkan devisa negara bila hasil produk *formaldehyde* diekspor.

1.4 Manfaat Pra Rancangan Pabrik

Manfaat prarancangan pabrik *formaldehyde* dari metanol dan oksigen dengan proses Haldor Topsoe (*Mixed Oxide*) adalah sebagai berikut:

1. Memenuhi kebutuhan *formaldehyde* di Indonesia.
2. Memajukan ekonomi negara dan membuka lapangan kerja baru sehingga mengurangi jumlah pengangguran.
3. Membuktikan bahwa sarjana-sarjana Indonesia mampu menyerap teknologi modern sehingga tidak bergantung kepada negara lain.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas pra rancangan pabrik *formaldehyde* ini yaitu:

1. Pra rancangan secara teknis difokuskan pada pabrik *formaldehyde* dengan proses haldor topsoe dengan menggunakan bahan baku metanol dan oksigen.
2. Analisis yang dilakukan hanya sampai analisis kelangsungan ekonomi.

1.6 Ketersediaan Bahan Baku

Adapun bahan baku yang digunakan dalam pra rancangan pabrik *formaldehyde* dengan proses haldor topsoe dengan menggunakan bahan baku metanol dan oksigen, menggunakan katalis $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3$ (*Molybdenum Iron Oxide*).

1.6.1 Metanol

Metanol (CH_3OH) adalah senyawa alkohol paling sederhana yang sering disebut juga metil alkohol atau *wood alcohol*. Senyawa ini banyak digunakan sebagai bahan baku industri kimia. Pada pembuatan formaldehida ini bahan baku yang digunakan adalah metanol. Dimana bahan baku tersebut diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Indonesia (KMI) di Bunyu, Kalimantan Timur, Indonesia dengan kapasitas produksi pabrik metanol tersebut mencapai 660.000 ton/tahun dimana 70% dari kapasitas diekspor ke luar negeri, sedangkan 30% sisanya dijual untuk kebutuhan domestik.

1.6.2 Oksigen

Oksigen (O_2) adalah unsur kimia berbentuk gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, serta sangat penting bagi kehidupan di bumi. Oksigen merupakan unsur dengan nomor atom 8 dan termasuk golongan non-logam. Di atmosfer, oksigen menyusun sekitar 21% volume udara dan berperan utama dalam proses pernapasan makhluk hidup serta dalam reaksi pembakaran.

Secara kimia, oksigen bersifat sangat reaktif karena mudah membentuk senyawa dengan berbagai unsur lain melalui reaksi oksidasi. Dalam industri, oksigen banyak digunakan untuk proses pembakaran, pengelasan, produksi baja, serta sebagai bahan baku dalam industri kimia, termasuk dalam reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehida. Dimana bahan baku tersebut diperoleh dari Dimana bahan baku tersebut diperoleh dari PT. Samator Gas Industri, Bontang, Kalimantan Timur.

1.6.3 *Molybdenum Iron Oxide*

Molybdenum Iron Oxide merupakan katalis heterogen berbasis oksida campuran antara besi (Fe) dan molibdenum (Mo) yang digunakan dalam industri kimia, khususnya pada reaksi oksidasi selektif seperti produksi formaldehida. Katalis ini bukan merupakan satu senyawa tunggal, melainkan sistem multikomponen dengan fase aktif utama berupa $Fe_2(MoO_4)_3$ yang dikenal sebagai *iron molybdate* atau besi (III) molibdat. Selain fase aktif tersebut, komposisinya juga sering mengandung MoO_3 yang berperan dalam meningkatkan selektivitas serta Fe_2O_3 sebagai penopang struktur katalis. Secara kimia, besi berada dalam bentuk Fe^{3+} dan molibdenum dalam bentuk Mo^{6+} yang berikatan dengan oksigen membentuk ion molibdat (MoO_4^{2-}). Struktur ini memungkinkan terjadinya perpindahan oksigen dalam kisi kristal yang sangat penting dalam proses katalitik. Katalis ini memiliki stabilitas termal yang baik dan mampu bekerja pada rentang suhu menengah sekitar 250–400°C, sehingga banyak dipilih dalam industri karena efisiensi energi dan kestabilannya yang tinggi (*Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 2012; Fogler, 2016).

Dalam aplikasinya, *Molybdenum Iron Oxide* digunakan terutama pada proses oksidasi metanol menjadi formaldehid yang berlangsung melalui mekanisme

Mars–van Krevelen, di mana oksigen dari katalis digunakan untuk mengoksidasi metanol menjadi formaldehid dan air, kemudian diregenerasi kembali oleh oksigen dari udara. Mekanisme ini memberikan selektivitas tinggi terhadap formaldehid serta mampu menekan pembentukan produk samping seperti CO₂, sehingga meningkatkan efisiensi proses secara keseluruhan. Katalis ini umumnya digunakan dalam reaktor alir pipa (*Plug Flow Reactor*/PFR) karena memungkinkan kontak yang optimal antara fase gas dan permukaan katalis serta pengendalian suhu yang lebih baik sepanjang reaktor. Dengan kombinasi aktivitas, selektivitas, dan kestabilan yang dimilikinya, katalis ini menjadi pilihan utama dalam industri formaldehid modern (Kirk-Othmer *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2014).

1.7 Penentuan Kapasitas Pabrik dan Ekstrapolasi

Kapasitas produksi pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Semakin kecil kapasitas produksi maka semakin sedikit pula keuntungan, dan semakin besar kapasitas produksinya maka keuntungan yang didapat juga akan semakin besar. Dalam menentukan kapasitas pabrik formaldehid perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1.7.1 Produksi Formaldehid di Indonesia

Di Indonesia, ada beberapa pabrik formaldehida yang telah berdiri sebagaimana yang ditunjukkan oleh Tabel 1.1 Jika dianggap tidak ada penambahan pabrik formaldehida hingga tahun 2030, maka kapasitas total produksi dalam negeri adalah sebanyak 340.000 ton/tahun.

Tabel 1.1 Data Produksi Formaldehid di Indonesia

Nama Perusahaan di Indonesia	Kapasitas (Ton/Tahun)	Lokasi
PT Gelora Citra Kimia Abadi	84.000	Temanggung, Jawa Tengah
PT Benua Multi Lestari	68.000	Pontianak
PT. Sabak Indah	72.000	Jambi
PT. Arjuna Utama Kimia	24.000	Surabaya
PT. Binajaya Rodakarya	32.000	Bekasi
PT. Dover Chemical	60.000	Merak, Banten
340.000		

Sumber : Kemendag.go.id, 2026

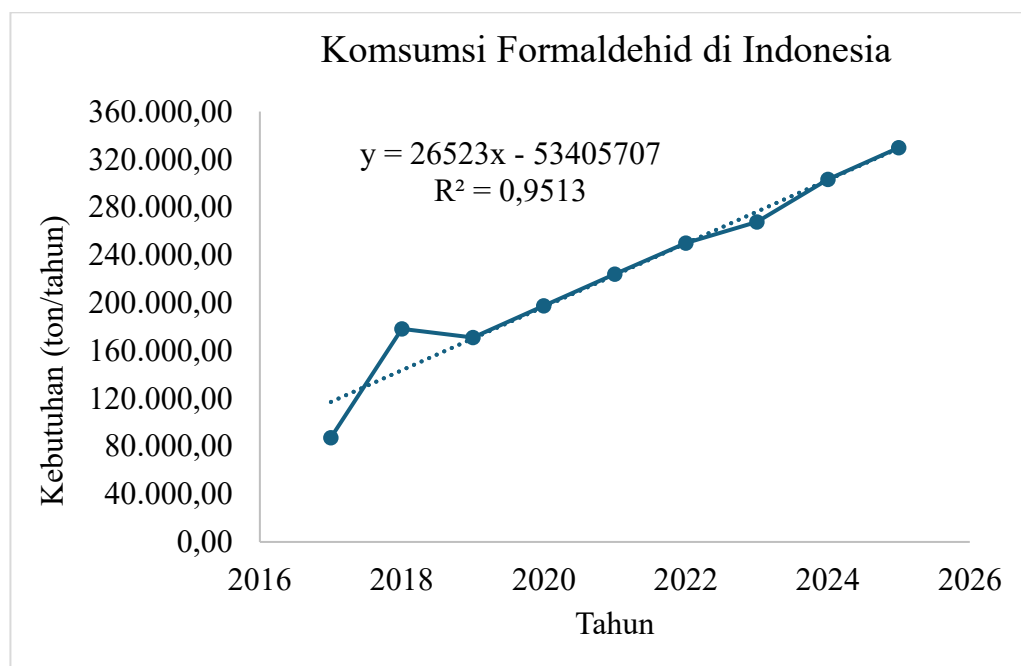
Konsumsi Formaldehida menurut data statistik yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kebutuhan linier Formaldehida di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat. Data konsumsi atau pemakaian akan formladehid di Indonesia pada tahun 2017 sampai tahun 2025 dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.2 Data Kebutuhan Formaldehid di Indonesia

No	Tahun	Jumlah Kebutuhan (Ton/Tahun)
1	2017	87.240,21
2	2018	178.163,14
3	2019	170.921,37
4	2020	197.494,65
5	2021	224.067,93
6	2022	250.072,17
7	2023	267.645,17
8	2024	303.218,17
9	2025	329.791,17

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2026

Dari data konsumsi Formaldehid diatas dapat dibuat grafik linier antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi dari sumbu y, grafik dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Konsumsi Formaldehid di Indonesia

Perkiraan konsumsi formaldehida di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 26523x - 53405707$ dimana x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi formaldehida. Dengan persamaan di atas diperkirakan untuk tahun 2030 kebutuhan konsumsi formaldehida di Indonesia sebesar 435.983 ton/tahun. Jumlah ini didapatkan melalui perhitungan :

$$y = 26523 (2030) - 53405707$$

$$y = 53841.690 - 53405707$$

$$y = 435.983 \text{ Ton/tahun}$$

Sehingga kebutuhan konsumsi formaldehid di Indonesia pada tahun 2030 diperkirakan sebesar 435.983 ton/tahun. Prediksi data kebutuhan konsumsi pada tahun 2026 sampai 2030 menggunakan cara ekstrapolasi juga dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel 1.3 Data Ekstrapolasi Kebutuhan Konsumsi Formaldehid di Indonesia

No	Tahun	Jumlah Kebutuhan (ton/tahun)
5	2026	329.891
6	2027	356.414
7	2028	382.293
8	2029	409.460
9	2030	435.983

(Sumber : Data Ekstrapolasi, 2026)

1.7.2 Kebutuhan Impor Formaldehid di Dunia

Untuk memenuhi formaldehid di dunia Indonesia mengeksport formaldehid ke berbagai negara, beberapa negara yang membutuhkan formaldehid adalah benua asia dan eropa, minyalnya negara: Spanyol, Malaysia, Thailand, Singapura Berdasarkan dari UN data impor formaldehid di dunia dari tahun 2020 - 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.4

Tabel 1.4 Negara dengan Kebutuhan Formaldehid

No	Negara
1	Filipina
2	Swedia

3	Vietnam
4	Trinidad dan Tobago
5	Zimbabwe

Untuk mengetahui berapa besar formaldehid yang dibutuhkan oleh setiap negara yang terdapat pada pencarian data kebutuhan impor formaldehid disetiap negara.

1. Kebutuhan Impor Formaldehid di Filipina

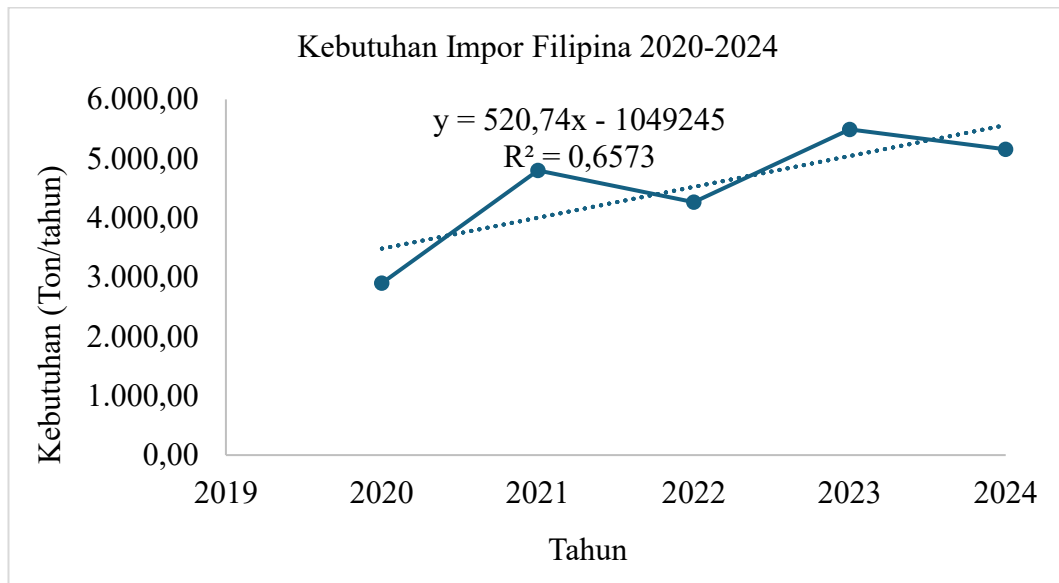
Analisis terhadap data impor formaldehid di negara Filipina dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga produk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor di Filipina selama periode 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.5

Tabel 1.5 Data Kebutuhan Impor Formaldehid di Filipina

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	2.900,53
2021	4.804,01
2022	4.264,83
2023	5.493,78
2024	5.159,35

(Sumber : UNdata, 2025)

Dari di atas menunjukkan kebutuhan impor formaldehid di negara Filipina dari tahun 2020-2024 mengalami peningkatan tiap tahunnya. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan impor negara Filipina pada tahun 2030, dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2020-2024, kenaikan data impor formaldehid dapat dilihat pada persamaan grafik pada Gambar 1.2



Gambar 1.2 Grafik Kebutuhan Impor Formaldehid di Filipina

Dari kurva diatas didapatkan persamaan garis lurus $y=520,74x-1049245$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,6573$. Maka dari persamaan berikut dapat dihitung kebutuhan impor formaldehid di Filipina yaitu tahun 2030, dapat dilihat pada persamaan 1.1

$$y = 520,74x - 1049245 \dots\dots\dots (1.1)$$

$$y = 520,74 (2030) - 1049245$$

$$y = 7.857,2 \text{ ton}$$

Maka, impor formaldehid di Filipina pada tahun 2030 meningkat sebesar 7.857,2 ton/tahun. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor formaldehid di Filipina dari tahun 2025-2030 dapat dilihat pada Tabel 1.6

Tabel 1.6 Data Ekstrapolasi Impor Formaldehid di Filipina 2025-2030

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	5.253,50
2026	5.774,24
2027	6.294,98
2028	6.815,72
2029	7.336,46
2030	7.857,20

Dapat dilihat pada Tabel 1.6, impor formaldehid di Filipina terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode regresi linier, kebutuhan impor pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 7.857,20 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi pada tahun 2030 dengan data impor tahun terakhir (2024) untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor tahun 2030 – Kebutuhan data terakhir (2024)

Peluang Ekspor = 7.857,20 – 5.159,35

Peluang Ekspor = 2.697,85 ton

2. Kebutuhan Impor Formaldehid di Swedia

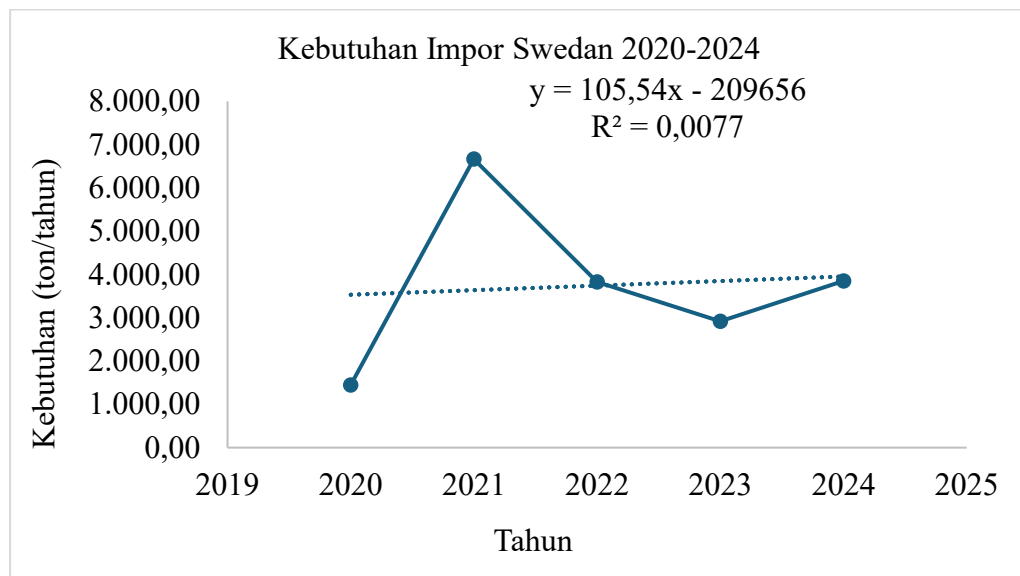
Analisis terhadap data impor formaldehid di negara Swedia dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga produk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor di Swedia selama periode 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.7

Tabel 1.7 Data Kebutuhan Impor Formaldehid di Swedia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	1.448,16
2021	6.667,19
2022	3.831,43
2023	2.922,24
2024	3.848,33

(Sumber : UNdata, 2025)

Dari di atas menunjukkan kebutuhan impor formaldehid di negara Swedia dari tahun 2020-2024 mengalami peningkatan tiap tahunnya. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan impor negara Swedia pada tahun 2030, dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2020-2024, kenaikan data impor formaldehid dapat dilihat pada persamaan grafik pada Gambar 1.3



Gambar 1.3 Grafik Kebutuhan Impor Formaldehid di Swedia

Dari kurva diatas didapatkan persamaan garis lurus $y=105,54x-209656$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,0077$. Maka dari persamaan berikut dapat dihitung kebutuhan impor formaldehid di Swedia yaitu tahun 2030, dapat dilihat pada persamaan 1.2

$$y = 105,54x - 209656 \dots\dots\dots (1.2)$$

$$y = 105,54 (2030) - 209656$$

$$y = 4.590,2 \text{ ton}$$

Maka, impor formaldehid di Swedia pada tahun 2030 meningkat sebesar 4.590,2 ton/tahun. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor formaldehid di Swedia dari tahun 2025-2030 dapat dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1.8 Data Ekstrapolasi Impor Formaldehid di Swedia 2025-2030

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	4.062,5
2026	4.168,0
2027	4.273,6
2028	4.379,1
2029	4.484,7
2030	4.590,2

Dapat dilihat pada Tabel 1.8, impor formaldehid di Swedia terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode regresi linier, kebutuhan impor pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 4.590,2 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi pada tahun 2030 dengan data impor tahun terakhir (2024) untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor tahun 2030 – Kebutuhan data terakhir (2024)

Peluang Ekspor = 4.590,2 – 3.848,33

Peluang Ekspor = 741,87 ton

3. Kebutuhan Impor Formaldehid di Vietnam

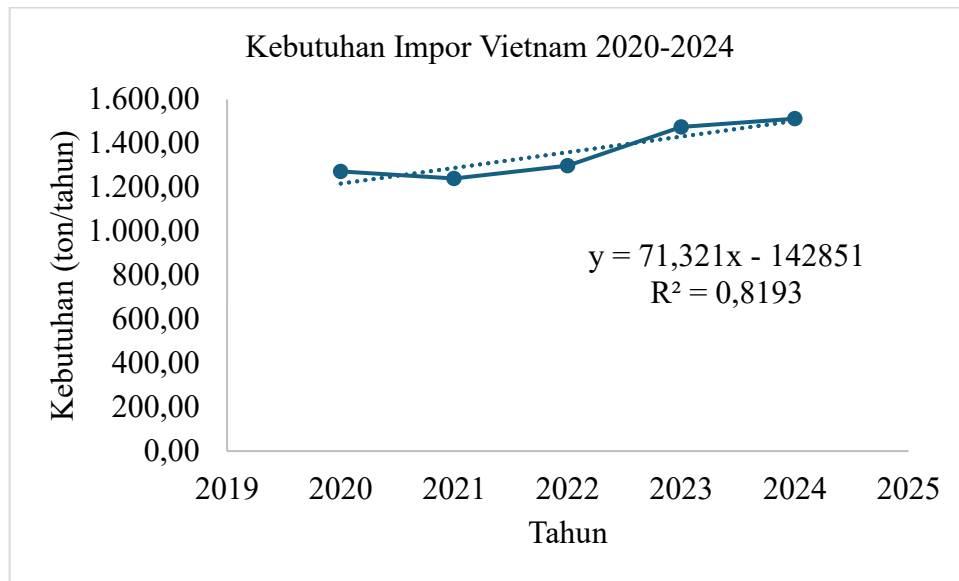
Analisis terhadap data impor formaldehid di negara Vietnam dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga produk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor di Vietnam selama periode 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.9

Tabel 1.9 Data Kebutuhan Impor Formaldehid di Vietnam

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	1.272,85
2021	1.240,16
2022	1.298,08
2023	1.474,45
2024	1.512,31

(Sumber : UNdata, 2025)

Dari di atas menunjukkan kebutuhan impor formaldehid di negara Vietnam dari tahun 2020-2024 mengalami peningkatan tiap tahunnya. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan impor negara Vietnam pada tahun 2030, dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2020-2024, kenaikan data impor formaldehid dapat dilihat pada persamaan grafik pada Gambar 1.4



Gambar 1.4 Grafik Kebutuhan Impor Formaldehid di Vietnam

Dari kurva diatas didapatkan persamaan garis lurus $y=71,321x-142851$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,8193$. Maka dari persamaan berikut dapat dihitung kebutuhan impor formaldehid di Vietnam yaitu tahun 2030, dapat dilihat pada persamaan 1.2

$$y = 71,321x - 142851 \quad \text{..... (1.3)}$$

$$y = 71,321(2030) - 142851$$

$$y = 1.930,63 \text{ ton}$$

Maka, impor formaldehid di Vietnam pada tahun 2030 meningkat sebesar 1.930,63 ton/tahun. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor formaldehid di Vietnam dari tahun 2025-2030 dapat dilihat pada Tabel 1.10

Tabel 1.10 Data Ekstrapolasi Impor Formaldehid di Vietnam 2025-2030

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	1.574,02
2026	1.645,35
2027	1.716,66
2028	1.787,99
2029	1.859,31
2030	1.930,63

Dapat dilihat pada Tabel 1.10, impor formaldehid di Vietnam terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode regresi linier, kebutuhan impor pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 1.930,63 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi pada tahun 2030 dengan data impor tahun terakhir (2024) untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor tahun 2030 – Kebutuhan data terakhir (2024)

Peluang Ekspor = 1.930,63 – 1.512,31

Peluang Ekspor = 418,31 ton

4. Kebutuhan Impor Formaldehid di Trinidad dan Tobago

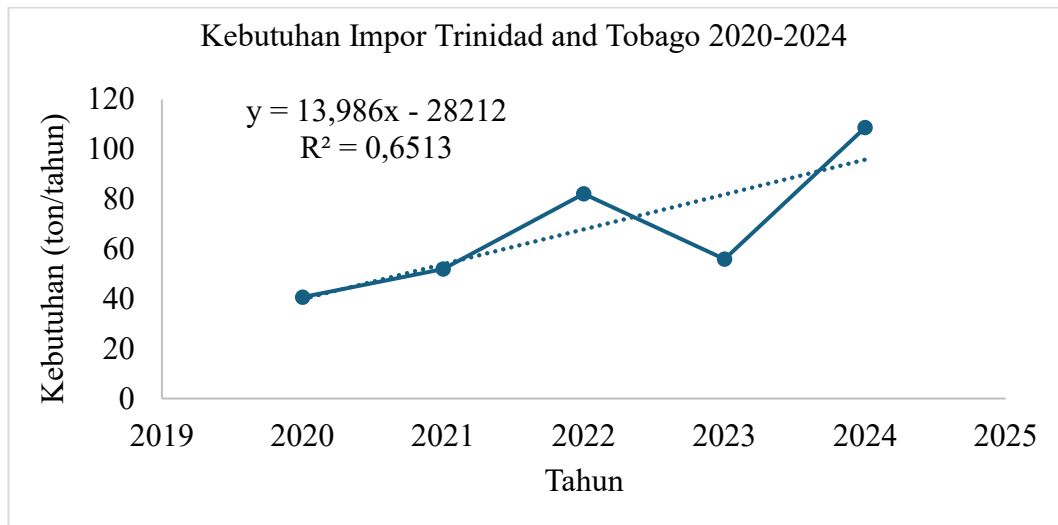
Analisis terhadap data impor formaldehid di negara Trinidad dan Tobago dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga pruduk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor di Trinidad dan Tobago selama periode 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.11

Tabel 1.11 Data Kebutuhan Impor Formaldehid di Trinidad dan Tobago

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	40,69
2021	51,97
2022	82,13
2023	55,87
2024	108,67

(Sumber : UNdata, 2025)

Dari di atas menunjukkan kebutuhan impor formaldehid di negara Trinidad dan Tobago dari tahun 2020-2024 mengalami peningkatan tiap tahunnya. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan impor negara Trinidad dan Tobago pada tahun 2030, dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2020-2024, kenaikan data impor formaldehid dapat diliat pada persamaan grafik pada Gambar 1.5



Gambar 1.5 Grafik Kebutuhan Impor Formaldehid di Trinidad dan Tobago

Dari kurva diatas didapatkan persamaan garis lurus $y = 13,986x - 28212$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,6513$. Maka dari persamaan berikut dapat dihitung kebutuhan impor formaldehid di Trinidad dan Tobago yaitu tahun 2030, dapat dilihat pada persamaan 1.2

$$y = 13,986x - 28212 \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

$$y = 13,986(2030) - 28212$$

$$y = 179,58 \text{ ton}$$

Maka, impor formaldehid di Trinidad dan Tobago pada tahun 2030 meningkat sebesar 179,58 ton/tahun. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor formaldehid di Trinidad dan Tobago dari tahun 2025-2030 dapat dilihat pada Tabel 1.12

Tabel 1.12 Data Ekstrapolasi Impor Formaldehid di Trinidad dan Tobago 2025-2030

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	109,65
2026	123,636
2027	137,622
2028	151,608
2029	165,594
2030	179,58

Dapat dilihat pada Tabel 1.12, impor formaldehid di Trinidad dan Tobago terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode regresi linier, kebutuhan impor pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 179,58 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi pada tahun 2030 dengan data impor tahun terakhir (2024) untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor tahun 2030 – Kebutuhan data terakhir (2024)

Peluang Ekspor = 179,58 – 108,67

Peluang Ekspor = 70,91 ton

5. Kebutuhan Impor Formaldehid di Zimbabwe

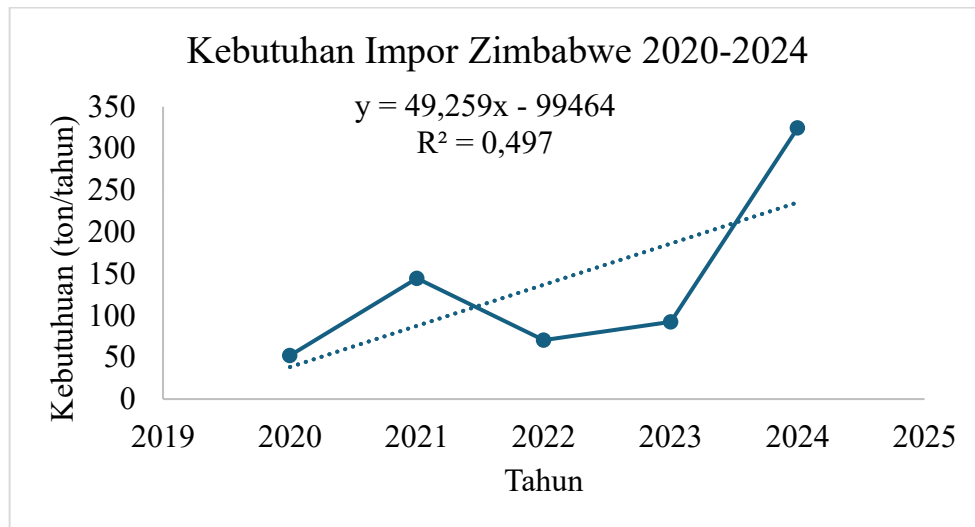
Analisis terhadap data impor formaldehid di negara Zimbabwe dilakukan untuk meninjau seberapa besar peluang pasar yang bisa dimanfaatkan. Hal ini penting dalam menentukan kapasitas produksi pabrik yang akan dirancang, sehingga pruduk dari Indonesia pada pra-rancangan ini nantinya memiliki nilai ekspor yang tinggi. Data kebutuhan impor di Zimbabwe selama periode 2020 hingga 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.13

Tabel 1.13 Data Kebutuhan Impor Formaldehid di Zimbabwe

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2020	52,18
2021	144,676
2022	70,59
2023	92,51
2024	324,557

(Sumber : UNdata, 2025)

Dari di atas menunjukkan kebutuhan impor formaldehid di negara Zimbabwe dari tahun 2020-2024 mengalami peningkatan tiap tahunnya. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan impor negara Zimbabwe pada tahun 2030, dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2020-2024, kenaikan data impor formaldehid dapat diliat pada persamaan grafik pada Gambar 1.6



Gambar 1.6 Grafik Kebutuhan Impor Formaldehid di Zimbabwe

Dari kurva diatas didapatkan persamaan garis lurus $y = 13,986x - 28212$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0,6513$. Maka dari persamaan berikut dapat dihitung kebutuhan impor formaldehid di Zimbabwe yaitu tahun 2030, dapat dilihat pada persamaan 1.2

$$y = 13,986x - 28212 \quad \dots\dots\dots (1.5)$$

$$y = 13,986(2030) - 28212$$

$$y = 179,58 \text{ ton}$$

Maka, impor formaldehid di Zimbabwe pada tahun 2030 meningkat sebesar 179,58 ton/tahun. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor formaldehid di Zimbabwe dari tahun 2025-2030 dapat dilihat pada Tabel 1.14

Tabel 1.14 Data Ekstrapolasi Impor Formaldehid di Zimbabwe 2025-2030

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2025	285,475
2026	334,734
2027	383,993
2028	433,252
2029	482,511
2030	531,77

Dapat dilihat pada Tabel 1.14, impor formaldehid di Zimbabwe terus meningkat tiap tahunnya. Menggunakan metode regresi linier, kebutuhan impor

pada tahun 2030 diperkirakan mencapai 531,77 ton. Peluang ekspor kemudian dihitung berdasarkan selisih antara proyeksi pada tahun 2030 dengan data impor tahun terakhir (2024) untuk melihat potensi pasar yang tersedia.

Peluang ekspor = Kebutuhan Impor tahun 2030 – Kebutuhan data terakhir (2024)

Peluang Ekspor = 531,77 – 324,557

Peluang Ekspor = 207,213 ton

Target pasar dari pra-rancangan pabrik ini mencakup pemenuhan kebutuhan formaldehid di dalam negeri serta pasar luar negeri (ekspor). Saat ini, kebutuhan formaldehid di pasar internasional masih dipenuhi oleh pabrik-pabrik produksi formaldehid yang beroperasi di luar negeri. Berdasarkan analisis kebutuhan impor dari negara-negara tujuan ekspor serta kebutuhan dalam negeri, dilakukan estimasi peluang produksi formaldehid untuk memenuhi permintaan tersebut. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 1.15 sebagai berikut

Tabel 1.15 Perencanaan Kebutuhan dan Peluang Produksi Formaldehid

No	Negara	Peluang Produksi	Jumlah Kebutuhan	% Kebutuhan
1.	Filipina	2.697,85	2.700,00	2,7
2.	Swedia	741,87	740,00	0,74
3.	Vietnam	418,31	418,00	0,41
4.	Trinidad dan Tobago	70,91	71,00	0,07
5.	Zimbabwe	207,213	207,00	0,20
6.	Indonesia	95.983,00	96.000,00	96%
			100.000	100%

Berdasarkan perhitungan kebutuhan formaldehid di dalam negeri dan luar negeri yang ditunjukkan pada tabel di atas, serta dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku dan kondisi pabrik formaldehid yang sudah ada, maka kapasitas prarancangan pabrik ditetapkan sebesar 100.000 ton per tahun. Kapasitas ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan formaldehid dalam negeri sekaligus melayani pasar ekspor. Saat ini, jumlah pabrik formaldehid di dunia relatif banyak, sehingga pemenuhan kebutuhan pasar luar negeri dalam prarancangan ini disesuaikan dengan peluang distribusi yang tersedia. Selain itu, penentuan kapasitas

pabrik ini didasarkan pada kapasitas pabrik-pabrik yang sudah beroperasi maupun yang sedang dalam tahap pembangunan di berbagai negara seluruh penjuru dunia, juga kebutuhan pasar akan produk formaldehid yang setiap tahunnya akan semakin meningkat.

Jadi kebutuhan formaldehid di Indonesia pada tahun 2030 adalah 435.983 ton/tahun dikurang kapasitas pabrik formaldehid yang beroperasi di Indonesia sebesar 340.000. Sehingga kebutuhan formaldehid yang didapat tahun 2030 sebesar 96.000, ditambah dengan peluang ekspor sebanyak 4.000, maka kapasitas pabrik yang akan di rancang sebesar 100.000 ton/tahun. Perancangan pabrik formaldehid ini direncanakan berdiri pada tahun 2030 dengan kapasitas 100.000 ton/tahun melalui pertimbangan sebagai berikut:

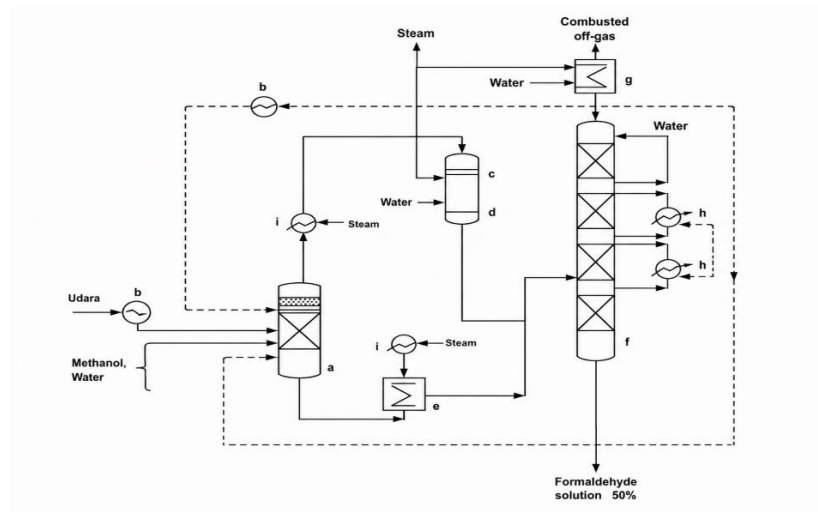
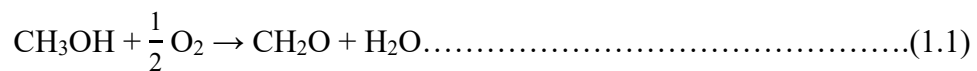
1. Kapasitas pabrik formaldehid di Indonesia berkisar 24.000-84.000 ton/tahun.
2. Prediksi kebutuhan dalam negeri pada tahun 2030 adalah sebesar 435.983 ton/tahun dan kemungkinan akan terus meningkat.
3. Total kapasitas pabrik formaldehid di Indonesia mencapai 340.000 ton/tahun, sedangkan kebutuhan formaldehid tahun 2030 di Indonesia mencapai 435.983 ton/tahun, maka pabrik formaldehid yang akan didirikan dengan kapasitas 100.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan formaldehid.
4. Diharapkan 96.000 dari produk Formaldehid yang dihasilkan dapat membantu kebutuhan dalam negeri, yaitu akan digunakan sebagai bahan baku untuk industri-industri plywood, melamin formaldehid, tryoxane yang juga banyak terdapat di Indonesia.
5. Diharapkan 4.000 dari produksi Formaldehid yang dihasilkan dapat membantu kebutuhan di luar negeri, salah satu negara yang membutuhkan formaldehid yaitu Filipina, Swedia, Vietnam, Trinidad dan Tobago, Zimbabwe.

1.8 Seleksi Pemilihan Proses

Beberapa jenis proses yang dapat digunakan untuk membuat formaldehid, adalah:

1.8.1 Proses Hidrokarbon

Proses hidrokarbon ini adalah proses yang dikembangkan pada awal perkembangan industri formaldehid. Proses ini merupakan proses oksidasi langsung dari hidrokarbon yang lebih tinggi. Biasanya yang digunakan adalah *ethilen* dengan katalis asam borat atau asam phospat atau garamnya dari campuran *clay* atau tanah *diatome*. Pada proses bereaksi pada suhu 300-430°C dengan tekanan operasi 1 atm dan menggunakan katalis aluminium phospat. Proses ini mempunyai kelemahan yang merupakan alasan mengapa proses ini tidak dikembangkan lagi, yaitu dihasilkan beberapa hasil samping yang terbentuk bersama-sama formaldehid, antara lain asetaldehid, propana, asam-asam organik. Sehingga tentu saja diperlukan pemurnian untuk mendapatkan formaldehid dengan kemurnian tertentu. Dengan demikian proses menjadi mahal dan hasilnya kurang memuaskan (Ullmann, 1971).



Gambar 1.7 Alur Proses Hidrokarbon

Proses pembuatan formaldehida dari metanol dan oksigen (proses oksidasi katalitik, bukan hidrokarbon murni) berlangsung melalui reaksi oksidasi parsial

metanol di dalam reaktor, biasanya tipe *fixed bed* atau multitubular. Campuran uap metanol dan udara/oksigen terlebih dahulu dipanaskan, lalu dialirkan ke reaktor yang berisi katalis (umumnya besi–molibdenum oksida atau perak). Di dalam reaktor terjadi reaksi utama: metanol dioksidasi menjadi formaldehida dan air, disertai reaksi samping pembentukan CO dan CO₂. Reaksi ini bersifat eksotermis sehingga panasnya dimanfaatkan untuk menghasilkan uap (steam). Gas hasil reaksi kemudian didinginkan dan dialirkan ke kolom absorber, di mana formaldehida diserap oleh air membentuk larutan formalin (sekitar 37–50%), sedangkan gas sisa dibuang atau dibakar sebagai off-gas.

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi teknik dan ekonomi. Adapun analisa ekonomi awal Proses Hidrokarbon dapat dilihat pada Table 1.16

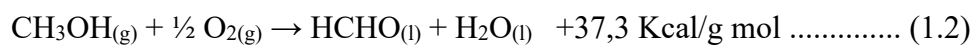
Tabel 1.16 Analisa Ekonomi Awal Proses Hidrokarbon

Parameter	Bahan Baku			Produk
	Metanol (g/mol)	Oksigen (g/mol)	Katalis Aluminium Phospat (g/mol)	Formaldehid (g/mol)
Berat Molekul (g/mol)	32,04 g/mol	32,00 g/mol	121,95 g/mol	30,0258 g/ mol
Harga Per Kg	Rp. 15.000	Rp. 7.500	Rp. 8.544.000	Rp. 41.000
Kebutuhan	1 mol x 32,04g/mol = 32,04 g = 0,03204 kg	1/2 mol x 32 g/mol = 16 g = 0,016 kg	Umur katalis = 8 bulan = Rp. 8.544.000/8 = Rp 1.068.000 (bulan) = Rp. 1.068.000/66.666 = Rp 16,02016	1 mol x 30,0258 g/mol = 30,0258 g = 0,0300258 kg
Harga Total	0,03204 kg x Rp. 15.000 = Rp.480,60	0,016 kg x Rp. 7.500 = Rp. 120	= Rp 16,02016	0,0300258 x Rp.41.000 = Rp. 1.231,057
Analisa Ekonomi Awal	Keuntungan = Harga Produk- Harga Bahan baku = Rp. 1.231,057 – (Rp. 480,60 + Rp.16,02016 + 120) = Rp. 614,43684			

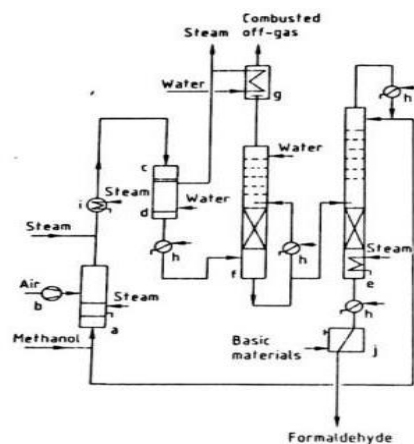
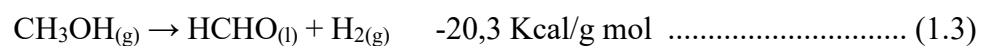
1.8.2 Proses *Silver Catalyst*

Proses ini menggunakan katalis perak dengan reaktor *fixedbed multitube*. Dalam industri produk formaldehid berbahan baku metanol dengan mudah dioksidasi melalui katalis tembaga, namun saat ini hampir semuanya telah diganti oleh katalis perak dengan umur sekitar 3-8 bulan. Reaksi dengan katalis perak (*silver catalyst*) terjadi pada tekanan yang lebih besar dari atmosfer. Pada proses ini menggunakan reaktor bertipe *fixed bed multitube* (Ullmann, 1971). Reaksi yang terjadi :

a. Oksidasi



b. Dehidrogenasi



Gambar 1.8 Alur Proses *Silver Catalyst*

Secara keseluruhan reaksinya adalah reaksi eksotermis dan pada suhu yang tinggi yaitu 560 – 620°C dan tekanan 1,5 atm. Konversi yang terjadi sekitar 65 – 75% dan *yield* yang diperoleh sekitar 89,1 %. Pada proses ini udara direaksikan dengan metanol dalam reaktor katalitik. Proses pembuatan formaldehida dengan katalis perak (*silver catalyst*) dari metanol dan oksigen berlangsung melalui reaksi oksidasi parsial sekaligus dehidrogenasi metanol pada suhu tinggi ($\pm 560\text{--}620^\circ\text{C}$). Campuran uap metanol dan udara dialirkan ke reaktor berisi katalis perak, di mana terjadi dua reaksi utama yaitu oksidasi metanol menjadi formaldehida dan air, serta dehidrogenasi metanol menjadi formaldehida dan hidrogen. Reaksi bersifat sangat

eksotermis sehingga panasnya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan steam. Gas hasil reaksi kemudian didinginkan cepat (*quenching*) untuk mencegah reaksi lanjutan menjadi CO dan CO₂, lalu dialirkan ke kolom absorber untuk melarutkan formaldehida ke dalam air sehingga diperoleh larutan formalin. Gas sisa yang tidak terserap biasanya dibakar sebagai off-gas untuk efisiensi energi dan pengurangan emisi. Produk didinginkan dengan cepat dengan pendingin *dowterm* A, selanjutnya dialirkan ke menara absorber dimana metanol, air dan formaldehid terkondensasi didasar menara. Untuk memurnikan produk sesuai dengan keinginan dilakukan pemurnian dengan proses destilasi (Mc Ketta, 1983)

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi teknik dan ekonomi. Adapun analisa ekonomi awal Proses *Silver Catalyst* dapat dilihat pada Table 1.17

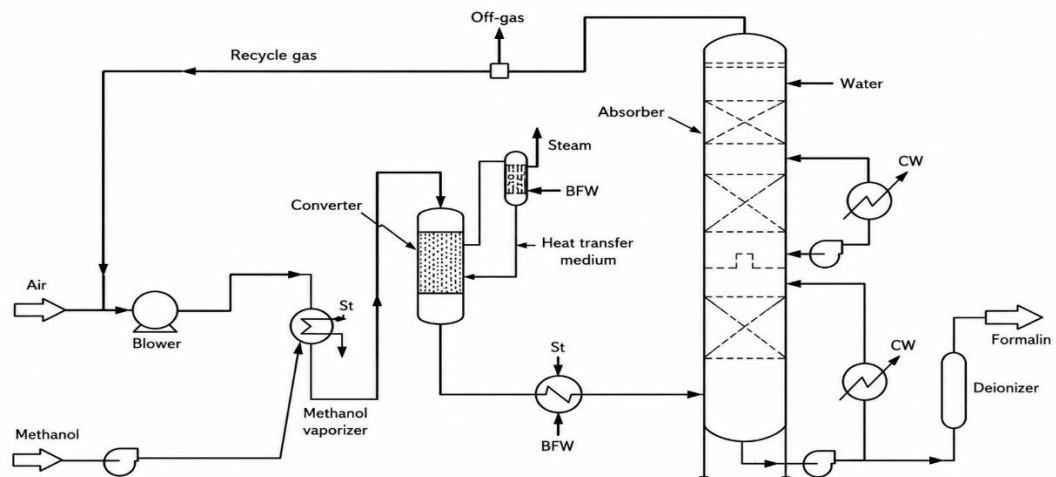
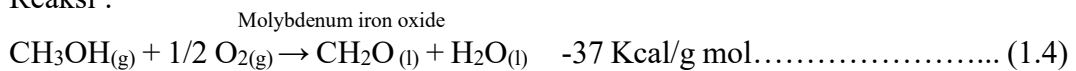
Tabel 1.17 Analisa Ekonomi Awal Proses *Silver Catalyst*

Parameter	Bahan Baku			Produk
	Metanol (g/mol)	Oksigen (g/mol)	Katalis <i>silver catalyst</i> (g/mol)	Formaldehid (g/mol)
Berat Molekul (g/mol)	32,04 g/mol	32,00 g/mol	108 g/mol	30,0258 g/mol
Harga Per Kg	Rp. 15.000	Rp. 7.500	Rp. 16.144.462	Rp. 41.000
Kebutuhan	1mol x 32,04g/mol = 32,04 g = 0,03204 kg	1/2 mol x 32 g/mol = 16 g = 0,016 kg	Umur katalis = 8 bulan = Rp. 16.144.462/8 = Rp. 2.018.057 bulan = Rp. 2.018.057/100.000 = Rp. 20,180	1 mol x 30,0258 gr/mol = 30,0258 gr = 0,030025 kg
Harga Total	0,03204 kg x Rp. 15.000 = Rp.480,60	0,016 kg x Rp. 7.500 = Rp. 120	= Rp. 20,180	0,030025 x Rp.41.000 = Rp. 1.231,057
Analisa Ekonomi Awal	Keuntungan = Harga Produk- Harga Bahan baku = Rp. 1.231,057 – (Rp. 480.60 + Rp.20,180+ 120) = Rp. 610,277			

1.8.3 Proses Mixed Oxide (*Haldor Topsoe*)

Reaksi *Haldor Topsoe* (*mixed oxide catalyst*) yang berisi *molybdenum oxide* dan *iron oxide*, katalis berbentuk granular atau *spherical* dan mempunyai umur sekitar 12 – 24 bulan. Reaksi terjadi pada suhu sekitar 250–400°C dan dengan tekanan 1,3 atm. *Excess* udara digunakan untuk memastikan konversi mendekati sempurna sekitar 98%, dan untuk menghindari terjadinya eksplosive (range untuk metanol 6,7 – 36,5% vol. dalam udara). *Yield* yang diperoleh sekitar 94,4% (McKetta, 1983).

Reaksi :



Gambar 1.9 Alur Proses *Mixed Oxide*

Air (udara) masuk melalui blower Untuk menaikkan tekanan dialiran gas, *methanol* cair dipompa lalu dialirkan ke *vaporizer* yaitu alat pemanas untuk mengubah methanol cair jadi uap, uap methanol kemudian dicampurkan dengan udara sehingga terbentuk campuran reaktan. Campuran *methanol* dan udara masuk ke *converter* (reaktor) yang berisi katalis molibdenun *iron oxide*.

Terjadi reaksi oksidasi:



Panas dari reaktor dimanfaatkan untuk menghasilkan steam (uap) dari BFW (*Boiler Feed Water*) melalui pengukuran panas, meningkatkan efesiensi energi

proses. Gas hasil reaksi dialirkan ke absorber (kolom penyerapan) dibagian atas dialirkan air, sehingga formaldehid larut ke dalam air dan membentuk larutan formalin. Off gas keluar dari bagian atas, sebagian gas dapat di *recycle* kembali ke proses. Pendingin CW (*Cooling Water*) digunakan untuk menurunkan suhu aliran, larutan formaldehid yang keluar dari absorber selanjutnya dimurnikan diunit *deionizer* lalu diperoleh produk akhir berupa formalin.

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi teknik dan ekonomi. Adapun analisa ekonomi awal Proses *Mixed Oxide* dapat dilihat pada Table 1.18

Tabel 1.18 Analisa Ekonomi Awal Proses *Mixed Oxide*

Parameter	Bahan Baku			Produk
	Metanol (g/mol)	Oksigen (g/mol)	Katalis <i>molybdenum oxide</i> (g/mol)	Formaldehid (g/mol)
Berat Molekul (g/mol)	32,04 g/mol	32,00 g/mol	143,94 g/mol	30,0258 g/mol
Harga Per Kg	Rp. 15.000	Rp. 7,500	Rp. 600.000	Rp. 41.000
Kebutuhan	1 mol x 32,04g/mol = 32,04 g = 0,03204 kg	$\frac{1}{2}$ mol x 32g/mol = 16 g = 0,016 kg	Umur katalis = 2 tahun = 2.859,0734/ (2x 100.000) = 0,0000142954 kg	1 mol x 30,0258 gr/mol = 30,0258 gr = 0,030025 kg
Harga Total	0,03204 kg x Rp. 15.000 = Rp. 480,6	0,016 kg x Rp. 7.500 = Rp. 120	0,0000142954 x Rp. 600.000 = Rp. 8,577	0,030025 x Rp. 41.000 = Rp. 1.231,025
Analisa Ekonomi Awal	Keuntungan = Harga Produk- Harga Bahan baku = Rp. 1.231,025 – (Rp. 480,6 + Rp. 8,577 + 120) = Rp. 621,848			

1.8.4 Perbedaan Proses Pembuatan Formaldehida

Adapun Perbedaan proses pembuatan Formaldehida dapat dilihat pada Table 1.19

Tabel 1.19 Perbedaan Proses Pembuatan Formaldehida

Parameter	Hidrokarbon	<i>Silver Catalyst</i>	Haldor Topsoe
suhu operasi	300-430°C	560-620°C	250–400°C
tekanan operasi	1atm	1,5 atm	1,3 atm
konversi	90 – 95%	65 – 75%	98%
yield	85%	89,1 %	90 – 92%
katalis	aluminium phospat	<i>silver catalyst</i>	<i>molybdenum oxide</i> dan <i>iron oxide</i>
umur katalis	6-12 bulan	3-8 bulan	12-24 bulan
Produk	Utama : Formaldehid Samping : CH ₃ CHO	Utama : Formaldehid Samping : H ₂ , H ₂ O	Utama : Formaldehid Samping : H ₂ O
Analisa Ekonomi Awal	Rp. 614,43684	Rp. 610,277	Rp. 621,848

Dari Tabel 1.19 dapat diketahui perbedaan antara proses Hidrokarbon, proses *Silver Catalyst* dan *mixed oxide*. Dari ketiga proses tersebut *haldor topsoe* (*mixed oxide*) merupakan metode yang tepat dalam rancangan pabrik formaldehid dengan pertimbangan :

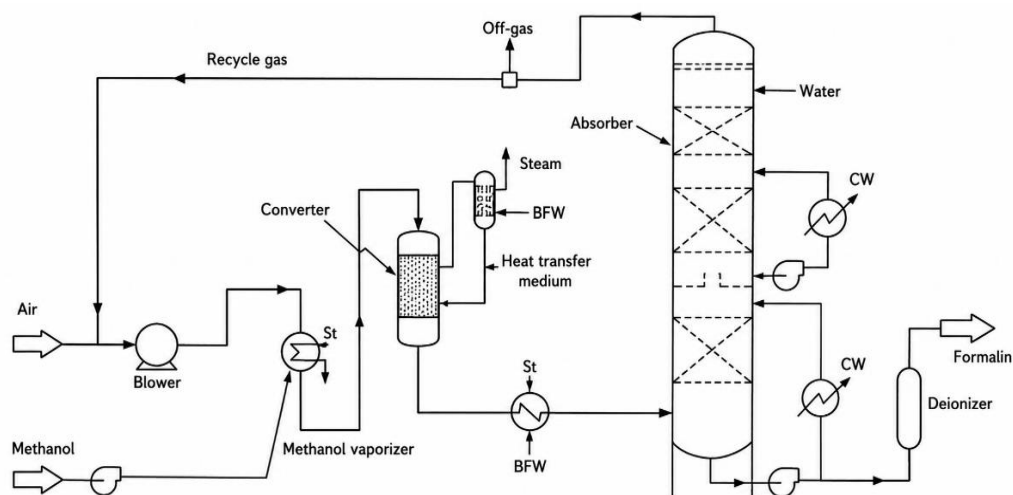
1. Suhu operasi proses *haldor topsoe* (*mixed oxide*) lebih rendah (280-590°C) dibandingkan dengan proses *silver catalyst* (600-650°C). Hal ini berkaitan dengan desain peralatan lebih hemat kebutuhan pemanas bahan dan banyak menghasilkan produk karena apabila suhunya tinggi bahan baku akan menguap dan hasil produk akan berkurang. Selain itu, sistem keamanan pada suhu rendah mudah untuk dikontrol.
2. Tekanan operasi pada proses *haldor topsoe* (*mixed oxide*) lebih rendah (1,3 atm) dibandingkan dengan proses *silver catalyst* (1,5 atm). Hal ini berkaitan dengan desain peralatan, sehingga lebih menghemat kebutuhan energi yang digunakan pada saat produksinya serta sistem keamanan yang lebih mudah untuk dikontrol.

3. Konversi methanol dan *yield* yang dihasilkan tinggi (98% dan 94,4%). Hal ini berarti proses haldor topsoe (*mixed oxide*) menghasilkan produk dengan kuantitas yang lebih banyak untuk satuan bahan baku yang sama jika dibandingkan dengan hidrokarbon dan *silver catalyst*.
4. Katalis yang digunakan pada haldor topsoe (*mixed oxide*) lebih menguntungkan dibandingkan dengan proses *silver catalyst*. Hal ini dikarenakan lamanya waktu penggunaan katalis *iron oxide* dan *molibdenum oxide* lebih lama (12-24 bulan), dibandingkan dengan katalis perak (3-8 bulan), sehingga dapat menghemat biaya pengeluaran saat proses produksi.
5. Lebih ekonomis, hal ini didasarkan pada referensi (Mc. Ketta, 1983), total *fixed capital investment* dengan basis kapasitas 100.000.000 lb/tahun pada proses haldor topsoe (*mixed oxide*) dapat menghabiskan biaya sebesar US \$4.600.000. Sedangkan untuk proses *silver catalyst* yaitu dapat menghabiskan biaya sebesar US \$5.400.000. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses *haldor topsoe (mixed oxide)* biaya operasional lebih hemat dibandingkan dengan proses *silver catalyst*

1.8.5 Uraian Singkat Proses Yang Dipilih

Adapun uraian proses pembuatan formaldehid dari bahan baku metanol dan

udara berdasarkan proses *haldor topsoe (mixed oxide catalyst)* Kapasitas 100.000 ton/tahun dapat dilihat pada Gambar 1.10.



Gambar 1.10 Flow Sheet Proses *Haldor Topsoe (Mixed Oxide Catalyst)*

Proses pembuatan formaldehid dari bahan baku metanol dan udara berdasarkan proses *haldor topsoe (mixed oxide catalyst)* dibagi menjadi tiga tahap, yakni:

1. Penyiapan bahan baku

Tahap persiapan bahan baku bertujuan untuk mengubah fase metanol cair menjadi gas didalam alat *vaporizer-01*. Mengkondisikan temperatur umpan metanol dan oksigen sehingga sesuai dengan kondisi reaktor. Bahan baku utama berupa metanol dan oksigen. *Feed* pertama merupakan metanol yang diambil dari tangki penyimpanan (T-101) pada kondisi cair dengan temperatur 30°C dan tekanan 1,3 atm. Metanol diumpankan kedalam *vaporizer* (E-101) menggunakan pompa (P-101) sehingga suhu metanol naik dan mengubah fase metanol dari bentuk cair menjadi gas dan diumpankan ke heater (E-103) hingga suhu 300°C. Uap metanol keluaran tersebut kemudian diumpankan ke Reaktor (R-101).

Feed kedua yaitu oksigen O₂. *Feed* oksigen dari tangka penyimpanan (T-102) dengan tekanan 3 atm dan temperatur -183°C diumpankan kedalam *Vaporizer* (E-102), untuk mencapai tekanan dan suhu yang sama dengan metanol memerlukan expander (EXP-101) dengan menurunkan tekanannya menjadi 1,3 atm. Keluaran dari expander (EXP-101) diumpankan ke heater (E-104) hingga suhu naik menjadi 300°C.

2. Pembentukan produk

Pada tahap ini umpan metanol dan oksigen yang telah dikondisikan akan bereaksi di dalam reaktor *fixed bed multitube*. Reaksi oksidasi metanol menghasilkan formaldehid pada reaktor *fixed bed multitube* berlangsung dalam fase gas pada suhu 400°C dan tekanan 1,3 atm. Umpan fluida masuk ke dalam reaktor melalui tube yang berisi katalis, sedangkan media transfer pendingin melalui sisi *shell* reaktor. Katalis yang digunakan adalah *iron oxide* (Fe₂(MoO₃)₂) dan *molybdenum oxide* (MoO₃) yang memiliki masa aktif sampai 24 bulan.

Reaksi oksidasi metanol berlangsung secara non isothermal dan non adiabatik. Reaksi oksidasi metanol merupakan reaksi eksotermis sehingga selama reaksi berlangsung akan dilepas sejumlah panas. Kenaikan temperatur yang terjadi

dalam reaktor sangat tidak diinginkan sehingga dibutuhkan media pendingin untuk menyerap panas yang terjadi selama reaksi dalam reaktor tersebut berlangsung. Pendingin akan mempertahankan kondisi operasi reaktor yakni pada suhu 300-400°C dan tekanan 1,3 atm.

Pada temperatur 400°C dan tekanan 1,3 atm, konversi metanol bisa mencapai 98%. Temperatur sangat mempengaruhi konversi yang terbentuk. Oleh karena itu, medium pendingin sangat berperan penting untuk mencegah terbentuknya reaksi samping yang tidak diinginkan.

3. Pemurnian produk

Tahap pemurnian produk bertujuan untuk memisahkan metanol, oksigen, air dan formaldehid di *distilasi* (D-101). Produk keluaran dari reaktor diumpankan ke *cooler* menuju kolom distilasi (D-101) untuk melakukan pendinginan hingga suhu 50°C sebelum diumpankan ke *distilasi*. *distilasi* (D-101) bekerja dengan berdasarkan titik didih dimana dilakukan dengan proses penguapan dan pengembunan hingga terjadi pemisahan antara formaldehida dan metanol. Keluaran atas distilasi akan ditreatment dan dialirkan ke limbah, sementara Produk bawah dari *distilasi* dialirkan menuju *cooler* (E-105) untuk melakukan pendinginan hingga suhu 30°C, kemudian dialirkan menuju tangki penyimpan produk.

1.9 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pendirian pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kelangsungan suatu pabrik untuk beroperasi jangka panjang. Pabrik

formaldehyde ini direncanakan didirikan di Bontang, Kalimantan Timur. Adapun dasar pertimbangan pemilihan lokasi tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Bahan Baku

Bahan baku untuk memproduksi formaldehid adalah metanol yang diperoleh dari PT Kaltim Metanol milik Pertamina di pulau Bunyu, Kalimantan Timur dan bahan baku oksigen akan diperoleh dari PT Samator Gas Industri, di Guntung, kota Bontang, Kalimantan Timur. Dengan mendekatkan lokasi pabrik dengan sumber bahan baku maka akan menekan seminimal mungkin biaya

pengangkutan dan transportasi bahan baku menuju tempat pengolahan. Serta dengan semakin dekat dengan sumber bahan baku utama (metanol) pada proses maka ketersediaan bahan baku akan semakin terjaga dan terjamin sehingga kemungkinan terjadinya defisit bahan baku akan dapat terkontrol

Selain itu, untuk memperoleh bahan penunjang *iron oxide* dan *molybdenum oxide* dilakukan dengan impor. Pemilihan Bontang, Kalimantan Timur sebagai lokasi pabrik juga dikarenakan cukup dekat dengan pelabuhan Bontang sehingga dapat mempermudah dalam transportasi bahan baku dan juga bahan penunjang.

b. Pemasaran Poduk

Kota Bontang memiliki 3 pelabuhan, letak kota ini yang strategis sangat memudahkan untuk komoditi ekspor maupun pemerataan hasil produksi ke seluruh pabrik di Indonesia yang membutuhkan *formaldehyde*. Selain itu konsumen bahan kimia ini sebagian besar tersebar di daerah Kalimantan, sehingga biaya transportasi yang dibutuhkan akan lebih sedikit.

c. Tenaga kerja

Melihat keberadaan dan kemampuan tenaga ahli di bidang kimia di Indonesia yang begitu banyak, maka akan menjamin terlaksananya pendirian pabrik produksi formaldehida di Indonesia. Ketersedian tenaga kerja yang melimpah di Indonesia membuat produksi formaldehida akan berjalan lancar, serta perekrutan tenaga kerja menurut kualifikasi tertentu merupakan pertimbangan yang penting demi kemajuan suatu pabrik. Tidak kalah juga para tenaga ahli dan pekerja-pekerja yang murah yang ada di Bontang, Kalimantan Timur. Dengan pertimbangan demikian rencana pendirian pabrik formaldehid di Bontang tersebut akan dapat terlaksana dan terwujud dengan baik.

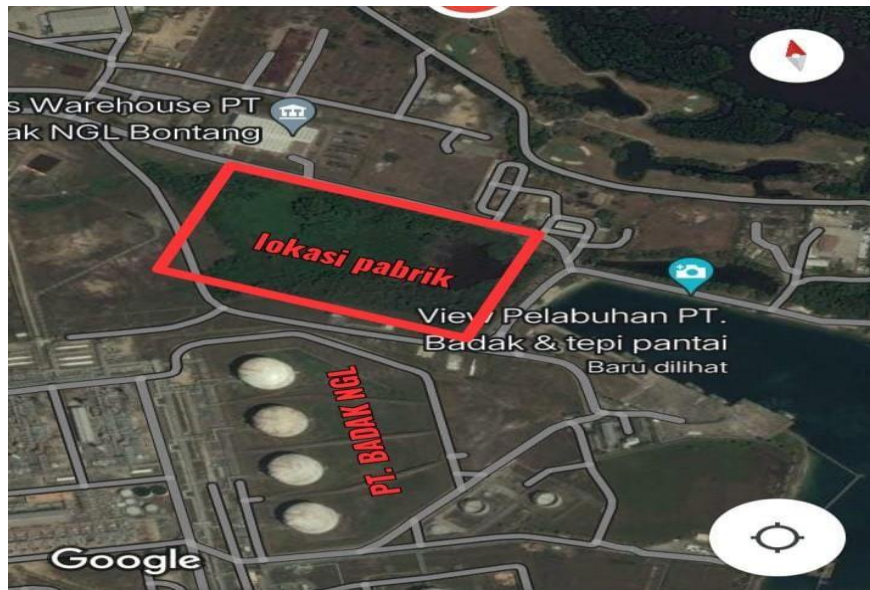
d. Utilitas

Utilitas yang diperlukan adalah listrik, air, udara dan bahan bakar. Untuk penyediaan air ini dapat diperoleh dari air sungai di bontang. Sedangkan bahan bakar sebagai sumber energi dapat diperoleh dengan membeli dari PT Badak NGL dan untuk listrik diperoleh dari utilitas pabrik yang akan didirikan serta PLN.

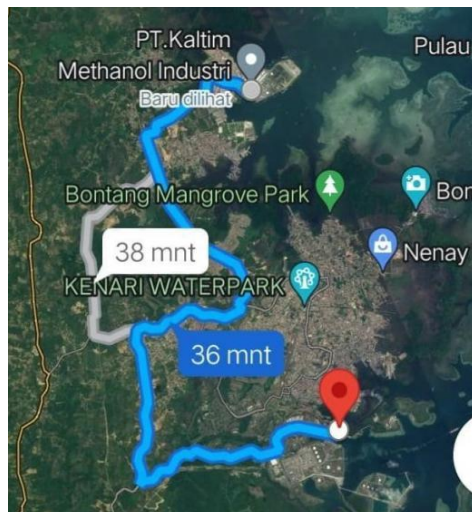
e. Tanah dan Iklim

Bontang mempunyai daerah yang relatif luas sehingga memungkinkan adanya perluasan pabrik di masa yang akan datang. Kondisi iklim di Bontang seperti iklim di Indonesia pada umumnya dan tidak membawa pengaruh yang besar terhadap jalannya proses produksi.

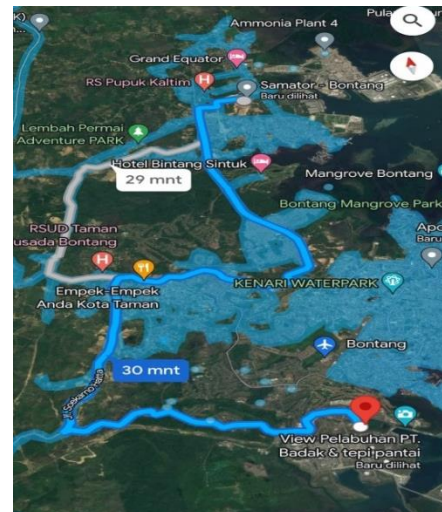
Lokasi pendirian pabrik dapat dilihat pada Gambar 1.11 dibawah ini.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1.11 lokasi Pabrik Formaldehid.

- (a) Lokasi Pendirian Pabrik,
- (b) Lokasi Pabrik Dan Bahan Baku Metanol Tampak Dari Satelit, dan
- (c) Lokasi Pabrik Dan Bahan Baku Oksigen Tampak Dari Satelit