



PRA RANCANGAN PABRIK

"Pabrik Formaldehyde dari Methanol dan Udara dengan Menggunakan Proses *Silver Catalyst* Kapasitas 90.000 ton/tahun"

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Formaldehyde atau metanal merupakan senyawa kimia yang sangat dibutuhkan dalam berbagai sektor industri. Senyawa ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan resin sintesis, seperti urea–formaldehyde, phenol–formaldehyde, dan melamine–formaldehyde. Resin-resin tersebut selanjutnya digunakan secara luas dalam industri kayu lapis, papan partikel, perekat, tekstil, serta berbagai material konstruksi dan bahan bangunan lainnya (Reuss et al., 2012). Selain itu, formaldehyde juga dimanfaatkan dalam bidang kesehatan sebagai bahan desinfektan dan pengawet, serta digunakan dalam industri farmasi dan laboratorium sebagai bahan kimia antara (WHO, 2010).

Tingginya permintaan dari berbagai sektor industri menjadikan formaldehyde memiliki nilai strategis dalam industri kimia. Saat ini, kebutuhan formaldehyde di Indonesia sebagian besar masih dipenuhi melalui impor. Padahal, Indonesia memiliki potensi besar untuk memproduksi formaldehyde secara mandiri, mengingat ketersediaan sumber daya alam yang melimpah, khususnya gas alam yang dapat diolah menjadi metanol sebagai bahan baku utama produksi formaldehyde (BPS, 2022). Pendirian pabrik formaldehyde di dalam negeri diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap produk impor, meningkatkan nilai tambah bahan baku lokal, serta membuka lapangan pekerjaan baru.

Secara industri, formaldehyde diproduksi melalui reaksi oksidasi metanol menggunakan udara dengan bantuan katalis tertentu. Salah satu metode yang telah terbukti efektif dan banyak digunakan adalah proses katalis perak (*silver catalyst process*). Proses ini berlangsung pada suhu tinggi dan memungkinkan terjadinya reaksi yang cepat dengan tingkat kemurnian produk yang relatif tinggi. Dibandingkan dengan proses lain, seperti proses katalis molibdenum–besi, penggunaan katalis perak memiliki keunggulan berupa desain proses yang lebih sederhana dan sesuai untuk kapasitas produksi menengah hingga besar (Ullmann's Encyclopedia, 2016).

Kelebihan utama dari proses katalis perak adalah efisiensi dan kecepatan reaksinya. Pada proses ini, metanol diuapkan dan dicampurkan dengan udara,



PRA RANCANGAN PABRIK

"Pabrik Formaldehyde dari Methanol dan Udara dengan Menggunakan Proses *Silver Catalyst* Kapasitas 90.000 ton/tahun"

kemudian dialirkan ke dalam reaktor yang berisi katalis perak. Di dalam reaktor, metanol teroksidasi menjadi formaldehyde dengan terbentuknya produk samping berupa karbon monoksida dan karbon dioksida dalam jumlah kecil. Dengan pengendalian suhu, rasio umpan, dan laju alir yang baik, proses ini mampu menghasilkan formaldehyde dengan konsentrasi tinggi yang memenuhi standar kebutuhan industri (Kirk-Othmer, 2014).

Pembangunan pabrik formaldehyde perlu mempertimbangkan berbagai aspek, seperti ketersediaan bahan baku, pemilihan lokasi pabrik, serta dukungan infrastruktur, termasuk pasokan listrik, air, transportasi, dan akses pasar. Lokasi pabrik yang ideal umumnya berada di kawasan industri terintegrasi, karena memiliki fasilitas pendukung yang memadai serta memudahkan distribusi produk. Selain aspek teknis dan ekonomis, pendirian pabrik formaldehyde juga sejalan dengan kebijakan pemerintah dalam mendorong hilirisasi industri dan mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan kimia dasar. Penguatan industri kimia dasar diharapkan dapat mendorong perkembangan industri turunannya, seperti industri furnitur, konstruksi, dan otomotif yang memanfaatkan produk berbasis formaldehyde (Kementerian Perindustrian, 2021).

Dari sisi ekonomi, keberadaan pabrik formaldehyde diharapkan memberikan dampak positif, baik secara nasional maupun regional. Selain menciptakan lapangan kerja, proyek ini juga dapat mendorong pertumbuhan ekonomi di wilayah sekitar pabrik melalui keterlibatan berbagai sektor pendukung, seperti penyedia bahan baku, transportasi, konstruksi, dan distribusi produk. Namun demikian, aspek lingkungan tetap menjadi perhatian utama. Proses produksi formaldehyde menghasilkan gas buang dan limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pabrik formaldehyde harus dilengkapi dengan sistem pengolahan limbah dan pengendalian emisi yang sesuai dengan standar lingkungan. Penerapan teknologi ramah lingkungan, efisiensi energi, serta pemanfaatan kembali limbah menjadi langkah penting untuk menjaga keberlanjutan operasional pabrik dalam jangka panjang (EPA, 2018).



PRA RANCANGAN PABRIK

"Pabrik Formaldehyde dari Methanol dan Udara dengan Menggunakan Proses *Silver Catalyst* Kapasitas 90.000 ton/tahun"

I.I.1. Kegunaan Formaldehyde

Tabel I. 1 Kegunaan Formaldehid di berbagai sektor

No.	Sektor	Penggunaan
1	Industri Elektronik dan Suku Cadang Mesin	1. Digunakan sebagai bahan dalam pelapis isolasi listrik. 2. Meningkatkan daya tahan dan kekuatan termal pada komponen plastik teknik. 3. Dimanfaatkan dalam perekat untuk komponen elektronik dan kabel. (Berdnikova, Zhizhina and Pai, 2021)
3	Industri Kimia dan Farmasi	1. Sebagai bahan baku pembuatan resin sintetis (urea-formaldehyde, phenol-formaldehyde). 2. Digunakan sebagai desinfektan dan antiseptik. 3. Digunakan sebagai pengawet spesimen biologis di laboratorium. (Ciritcioglu and Özbay, 2022)
4	Industri Kayu dan Konstruksi	1. Digunakan dalam produksi plywood, particle board, dan MDF sebagai bahan perekat. 2. Memberikan ketahanan terhadap kelembaban dan rayap (Fitrianum <i>et al.</i> , 2023)

I.I.2. Ketersediaan Bahan Baku

Kebutuhan bahan baku dalam pembuatan produk formaldehid terdiri atas metanol (CH_3OH), oksigen (O_2), dan perak (Ag). Berdasarkan Tabel I.2, metanol diperoleh dari Brunei Methanol Company (BMC) yang berasal dari Brunei. Oksigen (O_2) tersedia secara bebas dari lingkungan, sehingga tidak memerlukan pemasok khusus. Dengan demikian, kebutuhan bahan baku untuk produksi formaldehid dapat terpenuhi dari sumber yang telah ditentukan sebagaimana disajikan pada tabel berikut



PRA RANCANGAN PABRIK

"Pabrik Formaldehyde dari Methanol dan Udara dengan Menggunakan Proses *Silver Catalyst* Kapasitas 90.000 ton/tahun"

Tabel I. 2 Bahan Baku Formaldehid

Bahan Baku	Nama Perusahaan Supplier	Negara	Harga Kg produk (Rp)
CH ₃ OH	Brunei Methanol Company (BMC)	Brunei	4.000
O ₂	(Tersedia secara bebas dari lingkungan)	Indonesia	0
Ag	Suzhou Tamuchuan Rare Metal Products Co., Ltd	China	3.085.100

(Suzhou Tamuchuan Rare Metal Products Co., 2025)

I.I.3. Aspek Ekonomi

Produk formaldehid yang dihasilkan akan didistribusikan ke industri resin, industri kayu olahan, industri tekstil, industri farmasi, dan industri bahan bangunan. Contoh pasar yang menggunakan formaldehid dalam jumlah besar adalah industri pembuatan resin formaldehid seperti urea-formaldehyde (UF), phenol-formaldehyde (PF), dan melamine-formaldehyde (MF). Beberapa perusahaan yang berpotensi menjadi konsumen utama antara lain PT. Indonesia Polychem Pratama di Cilegon, PT. Polyfine Indonesia di Surabaya, dan PT. Resin Industri Nusantara di Bekasi. Di sektor farmasi dan kesehatan, formaldehid digunakan sebagai antiseptik dan bahan pengawet dalam berbagai produk. Industri ini menunjukkan peningkatan kebutuhan formaldehid terutama dalam pengolahan jaringan biologis, pengawetan spesimen, dan produksi disinfektan medis. Selain itu, industri tekstil menggunakan formaldehid dalam proses finishing kain untuk meningkatkan ketahanan terhadap kusut dan penyusutan. Kebutuhan formaldehid di sektor ini pun semakin meningkat seiring berkembangnya permintaan produk tekstil dalam negeri maupun ekspor. Dalam sektor industri kayu dan bangunan, formaldehid digunakan secara luas sebagai bahan perekat dalam produksi plywood, MDF (Medium Density Fibreboard), dan particle board. Peningkatan pembangunan perumahan, gedung komersial, dan infrastruktur publik turut mendorong permintaan formaldehid secara signifikan. Secara keseluruhan, prospek pasar formaldehid di Indonesia cukup

menjanjikan. Seiring berkembangnya industri pengguna dan meningkatnya kebutuhan bahan baku resin dan perekat, permintaan formaldehid akan terus tumbuh. Secara ekonomi, pendirian pabrik formaldehid merupakan langkah yang strategis, terutama bila dilihat dari tren harga bahan baku dan potensi pasar dalam negeri yang besar. Berikut ini merupakan tabel perbandingan harga bahan baku, bahan pendukung, produk, serta data impor formaldehyde di beberapa negara Asia.

Tabel I. 3 Perbandingan Harga Bahan Baku dengan Produk

Nama Bahan	Harga/kgproduk (Rp)
CH ₃ OH	4.000
O ₂	0
Ag	3.085.100
HCOH	250.000

(Suzhou Tamuchuan Rare Metal Products Co., 2025)

Tabel I. 4 Jumlah Impor Produk Formaldehid di Benua Asia Tahun 2022

Negara	Kebutuhan (Ton/Tahun)
Jepang	2.540.120,4
Malaysia	85.310,7
Republic of Korea	1.210.876,2
Singapore	995.450,3
Indonesia	310.875,9
Filipina	780.432,1
Thailand	412.320,6
India	3.765.110,8

(Comtrade.un.org, 2024)

Data di atas merupakan data impor produk formaldehid pada tahun 2022 pada beberapa negara yang dikutip dari (*comtrade.un.org*, 2024). Data tersebut dapat dilihat pada daftar *chemical product – aldehydes, whether or not with other oxygen function*. Berdasarkan tabel tersebut, dapat diketahui bahwa kebutuhan impor formaldehid dari beberapa negara, terutama di Benua Asia, memiliki jumlah yang cukup besar. Indonesia juga masih mengandalkan pasokan dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan formaldehid dalam berbagai industri. Oleh karena itu,

produksi formaldehid di Indonesia dapat memberikan keuntungan bagi devisa negara apabila dilakukan melalui perdagangan luar negeri.

I.I.4. Penentuan Kapasitas Produksi Pabrik

Hal yang perlu diperhatikan dalam mendirikan suatu pabrik yaitu menentukan kapasitas produksi pabrik. Nilai kapasitas produksi pabrik akan berpengaruh dalam perhitungan baik dari segi teknis maupun ekonomis. Dengan kapasitas produksi pabrik yang tepat maka diharapkan pabrik yang akan didirikan menghasilkan keuntungan. Apabila dibandingkan dengan besarnya kebutuhan, maka kapasitas pabrik harus lebih besar untuk mengantisipasi kenaikannya. Untuk menentukan kapasitas produksi pabrik Formaldehid yang akan didirikan maka diperlukan perbandingan terhadap kapasitas produksi dengan kebutuhan Formaldehid yang ada di Indonesia. Data Impor Formaldehid dapat diketahui dari Badan Pusat Statistik, 2025 dengan nama dagang Formaldehyde. Berikut merupakan data Kebutuhan Formaldehid di Indonesia.

Tabel I. 5 Data Impor Formaldehid di Indonesia Tahun 2021-2025

Tahun	Impor	
	Ton/Tahun	Pertumbuhan
2021	52.223,161	0
2022	73.951,365	41,61%
2023	61.375,787	-17,01%
2024	56.850,279	-7,37%
2025	66.230,115	16,5%
Rata-rata (%)		8,43%
Rata-rata (i)		0,0843

(BPS, 2025)

Berdasarkan data tersebut, dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui kebutuhan Formaldehyde di Indonesia pada tahun 2029, sebagai berikut :

$$m_5 = P \times (1 + i)^n$$

$$m_5 = 66.230,115 \times (1 + 0,0843)^5$$

$$m_5 = 99.146,882 \text{ ton/tahun}$$



PRA RANCANGAN PABRIK

"Pabrik Formaldehyde dari Methanol dan Udara dengan Menggunakan Proses *Silver Catalyst* Kapasitas 90.000 ton/tahun"

Keterangan :

m_1 : Kebutuhan Impor pada tahun 2030

P : Jumlah produk pada tahun pertama (ton/tahun)

i : Pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

n : Selisih tahun yang diperhitungkan Di Indonesia, Produksi formaldehid dapat dilihat

Penentuan kapasitas produksi menjadi aspek yang harus dipertimbangkan dalam perancangan pabrik. Kapasitas yang direncanakan harus mampu memenuhi kebutuhan pasar secara berkelanjutan. Untuk menentukan kapasitas produksi yang sesuai, diperlukan tinjauan terhadap data produksi formaldehyde di Indonesia. Data tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam memahami kisaran kapasitas pabrik yang umum diterapkan, sekaligus menggambarkan skala produksi yang mampu memenuhi kebutuhan pasar. Produksi formaldehid dapat dilihat dari daftar beberapa pabrik yang memproduksi formaldehid pada tabel I.6

Table I. 6 Data Produksi Formaldehid di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	PT. Dover Chemical	60000

Selain data produksi formaldehid di Indonesia, juga diperlukan data Impor Formaldehid di beberapa negara untuk menentukan kapasitas produksi pabrik. Berikut merupakan data impor internasional formaldehid pada tabel I. 7

Tabel I. 7 Data Ekspor Indonesia Formaldehid

Tahun	Ekspor	
	Ton/Tahun	Pertumbuhan
2021	30.850,119	0
2022	32.140,576	4,18%
2023	33.020,018	2,74%
2024	29.287,842	-11,3%
2025	35.179,874	20,12%
Rata-rata (%)		3,94%
Rata-rata (i)		0,0394

(BPS, 2025)



PRA RANCANGAN PABRIK

"Pabrik Formaldehyde dari Methanol dan Udara dengan Menggunakan Proses *Silver Catalyst* Kapasitas 90.000 ton/tahun"

Perhitungan kapasitas produksi menggunakan pendekatan discounted dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \dots \dots \dots (1)$$

Dengan keterangan sebagai berikut:

- m_1 : nilai impor saat pabrik mulai beroperasi
- m_2 : kapasitas produksi pabrik yang sudah ada
- m_3 : kapasitas produksi pabrik baru yang akan didirikan
- m_4 : proyeksi volume ekspor saat pabrik mulai beroperasi
- m_5 : estimasi kebutuhan pasar domestik saat pabrik beroperasi

Dengan asumsi bahwa pada tahun 2030 kebutuhan impor akan sepenuhnya dipenuhi oleh produksi dalam negeri, maka nilai impor (m_1) dianggap nol.

Kapasitas total pabrik formaldehid yang telah beroperasi di Indonesia (m_2) adalah 60.000 ton per tahun.

Perkiraan ekspor tahun 2030 dihitung dengan rumus:

$$m_4 = P \times (1 + i)^n$$

$$m_4 = 35.179,874 \times (1 + 0,0394)^{(2030-2025)} = 42.672,224 \text{ ton/tahun}$$

Dengan demikian, kapasitas produksi pabrik baru (m_3) yang perlu dibangun agar dapat memenuhi total kebutuhan (ekspor + domestik) adalah:

$$\begin{aligned} m_3 &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ &= (42.672,224 + 99.146,882) - (0 + 60000) \\ &= 81.819,106 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$



PRA RANCANGAN PABRIK

"Pabrik Formaldehyde dari Methanol dan Udara dengan Menggunakan Proses *Silver Catalyst* Kapasitas 90.000 ton/tahun"

1.2 Sifat Bahan Baku dan Produk

1.2.1 Bahan Baku

1.2.1.1 Metanol (CH_3OH)

a. Sifat fisis (Brunei Methanol Company, 2026)

1. Warna: Tidak berwarna
2. Berat molekul: 32,04 kg/kmol
3. Titik beku: 175,15 K ($-97,8^\circ\text{C}$)
4. Titik didih: 337,75 K ($64,6^\circ\text{C}$)
5. Titik leleh: 175,15 K ($-97,8^\circ\text{C}$)
6. Titik nyala: 284,15 K (11°C)
7. Kelarutan dalam air: Sangat larut
8. Densitas (20°C): $0,7918 \text{ g/cm}^3$

b. Sifat kimia

1. Mudah terbakar, menghasilkan nyala tak tampak di siang hari.
2. Beracun jika terhirup, tertelan, atau terserap melalui kulit.
3. Terurai menjadi formaldehida dan karbon monoksida saat dipanaskan.

c. Spesifikasi Bahan

1. Kemurnian : 99,85% w/w

1.2.1.2. Udara (Oksigen)

a. Sifat fisis (Perry, 1999)

1. Komposisi utama: O_2 (sekitar 21%), N_2 (sekitar 78%)
2. Berat molekul rata-rata: $\sim 28,96 \text{ kg/kmol}$
3. Titik beku: 54,36 K (O_2) ($-218,79^\circ\text{C}$)
4. Titik didih: 90,18 K (O_2) ($-182,97^\circ\text{C}$)
5. Titik leleh: 54,36 K (O_2) ($-218,79^\circ\text{C}$)
6. Suhu Kritis : 154,6 K (O_2) ($-118,55^\circ\text{C}$)
7. Densitas (25°C): $1,184 \text{ g/L}$

b. Sifat kimia

1. Pengoksidasi kuat.
2. Dapat mempercepat pembakaran dan menyebabkan ledakan dalam



PRA RANCANGAN PABRIK

"Pabrik Formaldehyde dari Methanol dan Udara dengan Menggunakan Proses *Silver Catalyst* Kapasitas 90.000 ton/tahun"

campuran dengan bahan mudah terbakar.

3. Tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa.

I.2.2 Produk

I.2.2.1. Formaldehida (CH_2O)

a. Sifat fisis (ThermoFisher, 2025)

- 1 Rumus molekul : CH_2O
- 2 Berat molekul (BM) : 30,02 g/mol
- 3 Wujud : Liquid
- 4 Titik Nyala : 63°C
- 5 Titik didih : 97°C
- 6 Titik leleh : -15°C
- 7 Densitas : 1,083 g/cm³

b. Sifat kimia (MSDS, 2025)

1. Formaldehid mudah terbakar dan menghasilkan gas berbahaya saat terbakar, seperti hidrogen bromida (HBr).
2. Bereaksi dengan basa kuat, seperti natrium hidroksida, untuk menghasilkan alkali dan senyawa organik yang terdekomposisi.
3. Formaldehid memiliki toksisitas tinggi terhadap sistem saraf dan pernapasan jika dihirup atau terserap melalui kulit. Kontak berkepanjangan dapat menyebabkan efek neurologis.
4. Bereaksi dengan beberapa logam aktif (seperti magnesium) untuk menghasilkan senyawa organologam

I.2.3 Katalis

I.2.1.2 Silver Katalis (Ag)

a. Sifat fisis (Perry, 1999):

1. Rumus Molekul : Ag
2. Massa atom relatif (Ar) : 107,87 gr/mol
3. Wujud : Padat
4. Titik Beku : 1233,65 K ($960,5^\circ\text{C}$)
5. Titik Didih : 2223,15 K (1950°C)



PRA RANCANGAN PABRIK

"Pabrik Formaldehyde dari Methanol dan Udara dengan Menggunakan Proses *Silver Catalyst* Kapasitas 90.000 ton/tahun"

6. Titik Leleh : 1233,65 K (960,5°C)

b. Sifat kimia (MSDS, 2024):

2. Stabil pada kondisi normal dan suhu tinggi
3. Tidak mudah terbakar (non-combustible)
4. Tidak mudah mengalami dekomposisi
5. Aktif sebagai katalis oksidasi parsial