



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan salah satu negara berkembang. Indonesia juga banyak melakukan pembangunan di segala bidang. Pada era globalisasi sekarang ini, sektor industri dipilih sebagai jalur alternatif yang berperan sebagai pertumbuhan ekonomi. Salah satunya adalah industri kimia, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi yang lebih besar pada pertumbuhan ekonomi negara Indonesia. Pada umumnya industri kimia akan mengalami pertumbuhan yang pesat seiring dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat baik dari segi kualitas maupun dari segi kuantitas. Maka sangat pantas jika sektor industri mendapatkan perhatian yang serius, karena sektor industri merupakan sektor pendukung bagi berkembangnya suatu sektor-sektor perekonomian yang lain.

Indonesia mengalami ketergantungan dalam impor dari luar negeri yang semakin besar dibandingkan dengan eksportnya. Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku ataupun produk-produk di suatu industri kimia dari luar negeri. Akibat dari ketergantungan impor dapat menyebabkan devisa negara berkurang, sehingga untuk menanggulangi ketergantungan terhadap impor maka diperlukan suatu usaha. Salah satu usaha yaitu dengan mendirikan suatu pabrik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Dengan didirikan pabrik maka akan menghemat devisa negara dan membuka peluang berdirinya pabrik lain yang menggunakan pabrik tersebut, dapat membuka kesempatan untuk ahli teknologi, oleh karena itu untuk mendirikan pabrik diperlukan tenaga ahli terdidik sehingga membuka lapangan kerja baru dalam usaha, ikut mengurangi angka pengangguran serta kemiskinan dan peningkatan pendapatan asli dari daerah setempat.

Formaldehida merupakan senyawa kimia dari gugus aldehida yang paling sederhana tetapi mempunyai nilai yang paling strategis dalam perkembangan dunia industri, karena banyak industri yang menggunakan formaldehida sebagai bahan bakunya. Bahan baku pembuatan formaldehida



adalah metanol dan udara. Metanol diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri yang berlokasi di Pulau Bunyu Kalimantan Timur. Dengan mempertimbangkan adanya bahan baku metanol yang mencukupi maka sangat memungkinkan untuk mendirikan pabrik formaldehida di Indonesia. Kegunaan formaldehida yaitu untuk pembuatan produk kimia seperti melamin formaldehida, urea formaldehida, dan fenol formaldehida.

1.2 Kapasitas Rancangan

Dalam penentuan kapasitas rancangan suatu pabrik diperlukan untuk melihat sejauh mana kapasitas itu baik dan cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat. Pabrik formaldehida dengan Proses *Silver* akan dibangun dengan kapasitas 26.000 ton per tahun berdasarkan pertimbangan meliputi prediksi kebutuhan formaldehida, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik formaldehida.

1.2.1 Prediksi kebutuhan formaldehida

Kebutuhan akan formaldehida setiap tahun di Indonesia mengalami kenaikan dan juga penurunan. Hal ini dapat dilihat dari kebutuhan impor formaldehida dari tahun 1999 hingga tahun 2012 yang mengalami kenaikan dan penurunan. Berdasarkan data statistik perdagangan luar negeri Indonesia, kebutuhan akan formaldehida di Indonesia dari tahun 1999 hingga 2012 sebagai berikut :

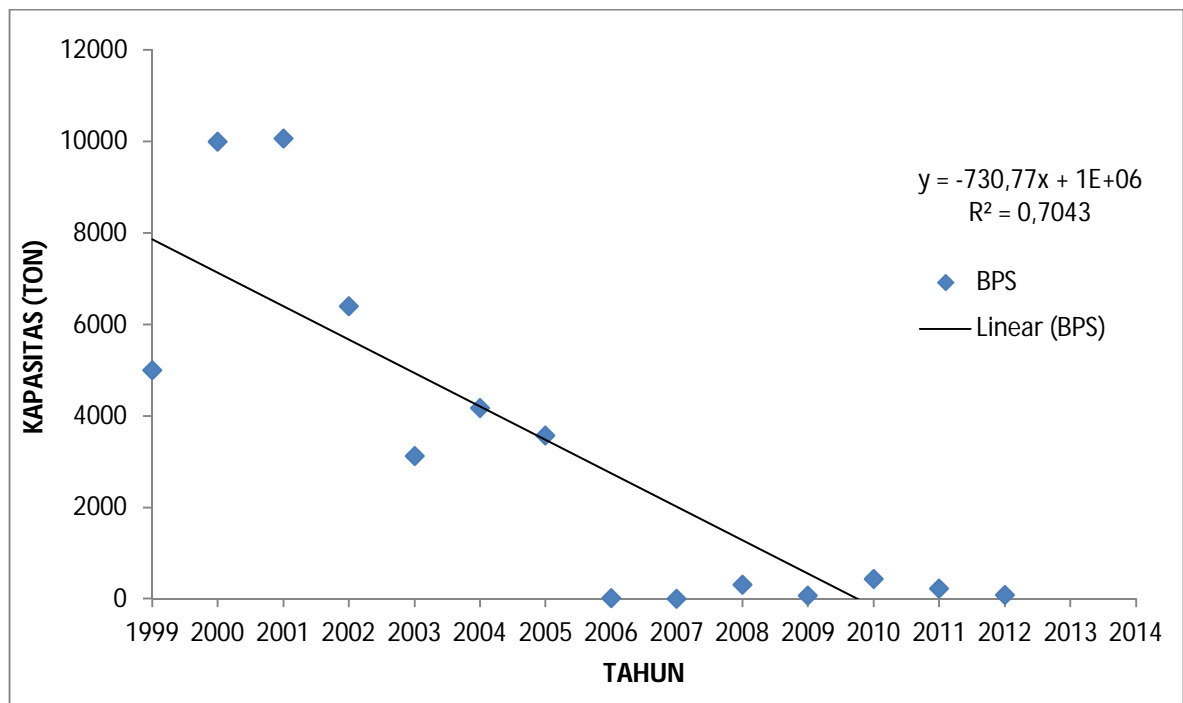
Tabel 1. Kebutuhan Impor Formaldehida di Indonesia.

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
1999	5.001,96
2000	10.007,60
2001	10.068,30
2002	6.399,17
2003	3.132,09
2004	4.175,26
2005	3.571,61
2006	19,075
2007	3,444

Tabel 1. Kebutuhan Impor Formaldehida di Indonesia (lanjutan).

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
2008	318,051
2009	78,051
2010	445,077
2011	229,231
2012	83,26

(Badan Pusat Statistik, 2013)



Gambar 1. Data Impor Formaldehida di Indonesia Tahun 1999-2014

Dari Gambar 1 dapat dilihat kebutuhan impor formaldehida mengalami kenaikan dan penurunan, akan tetapi Indonesia masih mengimpor tiap tahunnya dalam jumlah berkisar 3-400 ton/tahun. Hal ini menjadi peluang untuk mendirikan pabrik formaldehida dengan mengacu pada kapasitas pabrik yang telah berdiri di Indonesia sehingga bisa menghemat devisa negara dan memberikan pemasukan negara melalui pajak.



1.2.2 Ketersediaan bahan baku

Bahan baku utama formaldehida adalah metanol. Kebutuhan dari metanol dapat dipenuhi oleh PT Kaltim Metanol Industri dan dari Perusahaan Nasional Pertamina Pulau Bunyu, Kalimantan Timur.

1.2.3 Kapasitas pabrik formaldehida

Berdasarkan kebutuhan dan kapasitas pabrik yang telah ada dirancang kapasitas pabrik 26.000 ton per tahun dengan pertimbangan :

- a. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.
- b. Terbuka kemungkinan untuk melakukan kegiatan ekspor ke luar negeri khususnya di wilayah Asia.

Tabel 2. Daftar Pabrik Produsen Formaldehida di Indonesia

No	Nama produsen	Kapasitas (ton/tahun)
1	PT. Arjuna Utama Kimia	24.540
2	PT. Batu Penggal Chemical Industry	28.000
3	PT. Duta Pertiwi Nusantara	50.000
4	PT. Benua Multi Lestari	68.000
5	PT. Dyno Mugi Indonesia	28.000
6	PT. Gelora Citra Kimia Abadi	48.000
7	PT. Korindo Abadi	15.000
8	PT. Cakram Utama Jaya	10.492
9	PT. Dover Chemical	50.000
10	PT. Intan Wijaya Chemical Industry	61.500
11	PT. Kayu Lapis Indonesia	40.000
12	PT. Korindo Ariatima sari	15.000
13	PT. Kurnia Kapuas Utama Glues Industries	38.000
14	PT. Lakosta Indah	30.000
15	PT. Nusa Prima Pratama	28.000
16	PT. Polmolite Adhesive Industry	36.000
17	PT. Sabak Indah	45.000
18	PT. Superin	28.000
19	PT. Susel Prima Permai	38.000
20	PT. Uforin Projen Adhesive	30.000
21	PT. Wiranusa Trisatrya	90.000
Total Kapasitas (ton / tahun)		801.532

(Widiyanti,2006)



1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pabrik formaldehida direncanakan akan didirikan di Bontang Kalimantan Timur. Dalam penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh banyak faktor. Yang ideal lokasi dipilih harus dapat memberikan kemungkinan memperluas atau memperbesar pabrik dan memberikan keuntungan dalam jangka panjang.

1.3.1 Letak sumber bahan baku

Letak dari lokasi bahan baku pembuatan formaldehida sangat mempengaruhi kelangsungan hidup suatu pabrik. Bahan baku harus dekat dengan pabrik. Bahan baku metanol diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri dan dari Perusahaan Nasional Pertamina Pulau Bunyu, Kalimantan Timur. Dengan mendekati lokasi pabrik dan 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 yaitu metanol pada proses maka ketersediaan bahan baku akan semakin terjaga dan terjamin sehingga kemungkinan terjadi defisit bahan baku akan dapat terkontrol

1.3.2 Letak daerah pemasaran

Kebutuhan formaldehida sebagai bahan utama dan pembantu dalam proses-proses pabrik kimia di Indonesia masih sangat dibutuhkan. Produk formaldehida yang dihasilkan di pabrik ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yaitu akan digunakan sebagai bahan setengah jadi pada pembuatan fenol formaldehida, urea formaldehida, dan melamin formaldehida yang digunakan sebagai bahan perekat pada industri *plywood*. Jika kebutuhan dalam negeri telah terpenuhi, maka produk formaldehida tersebut dapat juga dengan mudah untuk dapat dipasarkan di pasar Internasional atau diekspor.



1.3.3 Fasilitas pengangkutan

Daerah Bontang adalah daerah yang strategis, memiliki kekayaan alam yang berlimpah ruah. Letak daerahnya juga dekat dengan pantai yang telah difasilitasi dengan pelabuhan yang memadai. Sehingga proses transportasi untuk pengiriman produk maupun untuk penerimaan bahan baku dapat terhubung dengan mudah. Selain itu daerah Bontang juga memiliki kondisi geografis kawasan industri dengan kelengkapan infrastruktur yang memadai.

1.3.4 Tenaga kerja

Melihat keberadaan dan kemampuan tenaga ahli di bidang industri kimia di Indonesia yang begitu banyak, maka menjamin terlaksananya pendirian pabrik produksi formaldehida di Indonesia. Ketersediaan 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 yang demikian rencana pendirian pabrik formaldehida di Bontang tersebut akan dapat terlaksana dan terwujud dengan baik.

1.3.5 Kebijakan pemerintah

Di daerah Bontang Kalimantan Timur merupakan kawasan industri yang telah ditetapkan pemerintah, sehingga kebijakan pemerintah dalam hal perijinan, lingkungan masyarakat sekitar, faktor sosial, serta perluasan pabrik sangat memungkinkan untuk berdirinya pabrik formaldehida. Daerah Bontang merupakan daerah yang kawasan industrinya memiliki kepadatan penduduk yang tinggi di Indonesia. Sehingga penyediaan tenaga kerja baik tenaga kerja kasar, tenaga kerja yang menengah, dan tenaga kerja ahli dapat terpenuhi.



1.3.6 Sumber tenaga listrik dan air

Sumber tenaga listrik untuk kebutuhan pabrik dipenuhi dari PLN, untuk air dapat dipergunakan PDAM dan air sungai. Sedangkan untuk cadangannya dipakai unit pembangkit tenaga diesel.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Macam-macam proses pembuatan formaldehida

Formaldehida dengan rumus kimia HCHO pertama kali ditemukan oleh Betrelov pada tahun 1959 dengan cara menghidrolisis metilen iodida dan perak asetat. Betrelov mencatat adanya bau khas dari larutan hasil reaksi. Tahun 1968 Hofman mengidentifikasi formaldehida yang diperoleh dengan cara melewatkan uap metanol dan udara melalui spiral platinum yang dipanaskan. Metode ini menjadi metode perintis pembuatan formaldehida meskipun dengan katalis yang berbeda.

Dalam pemilihan suatu proses didasarkan pada satu proses yang memberikan keuntungan yang lebih besar dipandang dari segi teknik maupun ekonomis. Untuk menentukan pemilihan proses yang tepat maka perlu diperhatikan beberapa macam proses pembuatan formaldehida. Proses-proses antara lain (Kirk Othmer, 1998) :

a. *Complete conversion of methanol.*

Merupakan salah satu proses dehidrogenasi dan oksidasi dengan katalis perak membentuk kristal. Katalis perak ini dapat diregenerasi setelah 3-4 bulan. Dimana reaksinya terjadi pada suhu sekitar 680-720°C, dengan konversi metanol kurang lebih 97-98 %. Pada pelaksanaannya proses ini memakai unit-unit proses *vapourizer*, reaktor dan kolom absorpsi. Awalnya umpan metanol-air masuk secara bersama-sama ke *vapourizer* untuk diuapkan, selanjutnya dilewatkan ke *bed reactor* yang berisi kristal perak, dimana di reaktor ini terjadi reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehida. Kemudian hasil umpan produk keluar reaktor dialirkan ke kolom absorpsi untuk menyerap formaldehida dengan menggunakan pelarut air. Hasil akhir



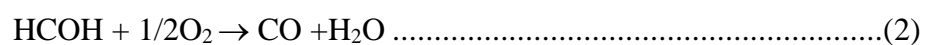
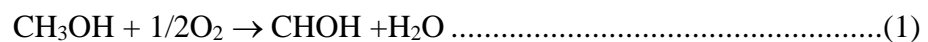
umpan produk kolom adsorpsi mengandung formaldehida sampai 50% (berat) dan memiliki yield proses 89,5-90,5% (mol).

b. Proses *silver*.

Proses ini hampir sama dengan proses *complete conversion of methanol*. Perbedaannya reaksi diproses, terjadi pada suhu 300-750°C, dengan konversi metanol 77-87% dan memiliki yield 91-92% mol. Pada pelaksanaannya proses ini memakai unit-unit proses hampir sama dengan *complete conversion of methanol* yaitu *vaporizer*, reaktor dan kolom absorpsi. Awalnya umpan metanol-air masuk secara bersama-sama ke evaporator untuk diuapkan, selanjutnya dilewatkan ke *bed reactor* yang berisi kristal perak. Di reaktor ini terjadi reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehida pada tekanan 0,8-1,8 atm. Kemudian hasil umpan produk keluar reaktor dialirkan ke kolom absorpsi untuk memyerap formaldehida dengan menggunakan pelarut air untuk menjadi produk formaldehida.

c. Proses *formox*

Dalam proses *formox* digunakan katalisator logam seperti besi moldat atau oksida vanadium untuk mengkonversi metanol menjadi formaldehida. Kondisi khusus ditentukan oleh proses dan keaktifan katalisator. Pada proses pembuatan formaldehida dengan menggunakan proses ini hanya terjadi proses oksidasi :



Seperti pada proses ini, sejumlah kecil dari bahan lain juga terbentuk. Reaksi ini berlangsung pada suhu yang lebih rendah dibandingkan proses lain yaitu pada suhu 300-400°C. Dan sedikit diatas tekanan atmosferis 1,2 atm. Udara berlebih digunakan untuk memastikan terjadinya konveksi yang sempurna dan untuk mencegah terjadinya konveksi yang sempurna dan untuk mencegah terjadinya ledakan (*range explosive methanol* 6,7-8,5% volume udara). Konversi dari metanol adalah 90-99% dan memiliki yield proses 88-91% (mol).



1.4.2 Pemilihan proses

Dari berbagai macam proses diatas, pabrik formaldehid akan menggunakan proses silver dengan pertimbangan sebagai berikut (Mc.Ketta, 1997) :

1. Memiliki yield tinggi yaitu 91-92%, sedangkan proses *complete conversion of methanol* 89,5-90,5%, dan proses *formox* 88-91%.
2. Katalis yang hilang pada saat proses kecil.
3. Biaya investasi total lebih kecil dari proses *formox*.
4. Kebutuhan bahan baku lebih kecil dari proses *complete conversion of methanol*.
5. Suhu operasi lebih rendah dari pada proses *complete conversion of methanol*.

1.4.3 Kegunaan produk

Kegunaan formaldehida dalam industri kimia sebagai berikut (Mc.Ketta, 1997) :

1. Sebagai bahan pengawet
Umumnya formaldehida digunakan untuk mengawetkan mayat dan untuk mengawetkan makanan tertentu, dengan kadar pemurnian sesuai aturan dan dibawah pengawasan.
2. Sebagai resin formaldehida
Resin formaldehida digunakan untuk memproduksi resin polimer *adesive* dengan reaksi formaldehida dengan fenol, urea, dan melamin. Resin yang terbentuk digunakan untuk *plywood* dan perekat kayu dalam industri *furniture*.
3. Sebagai desinfektan
Formaldehida digunakan pabrik-pabrik besar sebagai bahan sterilisasi alat, untuk membunuh kuman, dan bakteri yang masih melekat pada alat-alat proses pabrik.



4. Sebagai bahan setengah jadi

Formaldehida digunakan sebagai bahan *intermediet* pada pembuatan urea formaldehida, melamin formaldehida, fenol formaldehida dan juga dipakai sebagai bahan pembantu dalam industri tekstil, kulit, karet, dan semen.

5. Sebagai penghambat korosi dan *finishing* kaca dalam industri logam, bahan pengawet dan desinfektan dalam dunia kedokteran dan kosmetik.

1.4.4 Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk.

1.4.4.1 Bahan baku

a. Metanol

Sifat fisis :

1. Berat molekul : 32,04 g/gmol
2. Densitas (T=25°C) : 0,79 g/cm³
3. Rumus molekul : CH₃OH
4. Tekanan kritis : 79,9 atm
5. Temperatur kritis : 239,43°C
6. Titik didih (1 atm) : 64,7°C
7. Viskositas pada 25°C
- Cairan : 0,54 cP
8. Wujud : Cairan tak berwarna

(Kirk and Othmer, 1998)

Data termodinamika :

1. $C_p U_{ap} = 40,046 - 3,8287E-02T + 2,4529E-04T^2 - 2,1679E-07T^3 + 5,9909E-11T^4$ J/mol.K
2. Entalpi pembakaran = 22,662 J/g pada 25°C fase gas
3. Entalpi pembentukan = 103 J/g pada 25°C fase gas
4. ΔS gas = 1,37 J/gK (pada T=25°C dan P=1 atm)
5. ΔS cairan = 2,533 J/gK (pada T=25°C dan P=1 atm)

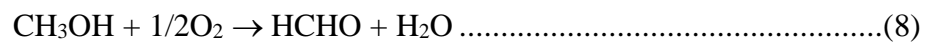
(Yaws, 1992)



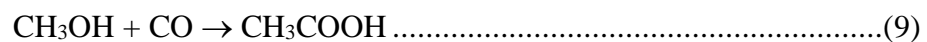
Sifat kimia :

1. Metanol adalah gugus alkohol alifatik yang paling sederhana.
2. Reaktivitasnya ditentukan oleh gugus hidroksil.
3. Reaksi dengan metanol terjadi melalui pecahnya ikatan C-O atau ikatan C-H dan bercirikan reaksi substitusi gugus -H dan -OH oksidasi metanol membentuk formaldehida dengan katalis Ag dan Fe-Mo
4. Reaksi metanol yang terjadi

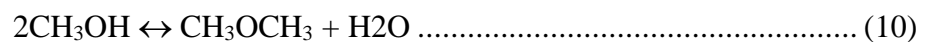
- Dehidrogenasi dan dehidrogenasi oksidatif dengan katalis silver atau molybdenum oksida membentuk formaldehida



- Karbonilasi dengan katalis kobalt atau rhodium membentuk asam asetat



- Dehidrasi dengan katalis asam membentuk dimethyl eter dan air



(Kirk and Othmer, 1998)

b. Udara

Udara terdiri dari campuran utama gas N₂, O₂, H₂O, dan Inert dengan komposisi udara N₂ = 74,3%, O₂ =19,9%, H₂O = 4,8%, Inert = 1%

Sifat fisis oksigen :

1. Berat molekul : 31,966 g/gmol
2. Densitas (T=21°C) : 1,33 g/cm³
3. Rumus molekul : O₂
4. Suhu kritis : 154,6 K
5. Tekanan kritis : 49,77 atm
6. Titik didih (1 atm) : -182,96°C
7. Viskositas pada 25°C : 0,002 cP
8. Wujud : gas tak berwarna, tak berasa dan tak berbau



9. Jika didinginkan hingga $-182,81^{\circ}\text{C}$ menjadi cairan kebiru-biruan, dan menjadi padatan berwarna biru jika didinginkan lebih lanjut.

Data termodinamika :

1. $C_p \text{ gas (50-150 K)} = 29,56 - 8,8999 \times 10^{-3} T + 3,8083 \times 10^{-5} T^2 - 3,2629 \times 10^{-8} T^3 + 8,8607 \times 10^{-12} T^4 \text{ J/gmolK}$
2. $\mu \text{ gas (50-150 K)} = 44,224 + 5,62 \times 10^{-1} T - 1,13 \times 10^{-4} T^2 \text{ micropoise.}$
3. $k \text{ gas (50-150 K)} = 0,00121 + 8,6157 \times 10^{-5} T - 1,3346 \times 10^{-8} T^2 \text{ w/mK}$
(Yaws, 1992)

Sifat kimia :

1. Oksigen bereaksi dengan elemen lain kecuali Ne, He, dan Ar.
2. Bahan yang direaksikan dengan udara harus dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu tertentu untuk pembakaran awal. Jika direaksikan dengan petroleum coil, natural gas atau batu bara akan dihasilkan panas, CO_2 , H_2O residu di udara.
3. Untuk elemen tertentu seperti logam alkali, cesium, energi aktivasi pada suhu kamar mencakupi dan reaksi berjalan secara spontan.
4. Pada suhu yang lebih rendah dengan adanya katalis O_2 bereaksi dengan senyawa kimia organik akan menghasilkan *oxygenated hydrocarbon*.

(Kirk and Othmer, 1998)

c. Nitrogen

Sifat fisis nitrogen :

1. Berat molekul : 28,013 g/gmol
2. Densitas ($T=273,15\text{K}$) : 967 g/cm^3
3. Rumus molekul : N_2
4. Suhu kritis : 126,2 K
5. Tekanan kritis : 33,45 atm
6. Titik didih (1 atm) : $-195,8^{\circ}\text{C}$
7. Viskositas pada 273,15K : $15,9 \times 10^{-3} \text{ cP}$



8. Wujud : gas tak berbau, tak berasa, dan tak berwarna.

(Kirk and Othmer, 1998)

Data termodinamika :

1. C_p gas (50-1500 K) = $29,342 - 3,5395 \times 10^{-3} T + 1,0076 \times 10^{-5} T^2 - 4,31165 \times 10^{-9} T^3 + 2,5935 \times 10^{-13} T^4$ J/gmolK
 2. μ gas (50-1500 K) = $42,606 + 4,75 \times 10^{-1} T - 9,88 \times 10^{-5} T^2$ micropoise.
 3. k gas (78-1500 K) = $0,00309 + 7,593 \times 10^{-5} T - 1,1014 \times 10^{-8} T^2$ w/mK
- (Yaws, 1992)

1.4.4.2 Produk

a. Formaldehida

Sifat fisis :

1. Berat molekul : 30,026 g/gmol
2. Densitas, pada 20°C : 0,8153 g/cm³
3. Rumus molekul : CH₂O
4. Tekanan kritis : 66,95 atm
5. Temperatur kritis : 137,2-141,2°C
6. Titik didih (1 atm) : -19°C

(Kirk and Othmer, 1998)

Data termodinamika :

1. $\Delta H_f^0_{298}$ (gas) = -115,9 kJ/mol
2. ΔG^0_{298} (gas) = 109,91 kJ/mol
3. C_p gas (50-1500 K) = $34,428 - 2,9779 \times 10^{-2} T + 1,5104 \times 10^{-4} T^2 - 1,2733 \times 10^{-7} T^3 + 3,3887 \times 10^{-11} T^4$ J/gmolK
4. μ gas (254-1000 K) = $-6,439 + 4,4802 \times 10^{-1} T - 1,013 \times 10^{-4} T^2$ micropoise.
5. k gas (254-994 K) = $0,00171 + 1,9431 \times 10^{-5} T + 9,527 \times 10^{-8} T^2$ w/mK.

(Yaws, 1992)



Sifat kimia :

1. Dapat terdekomposisi menjadi CO dan H₂.
2. Dapat membentuk CH₃OH melalui proses hidrogenasi.
3. Dapat teroksidasi membentuk CO₂, H₂O, asam formiat.
4. Dapat terkondensasi dengan macam-macam senyawa membentuk turunan methylol dan methylen.
5. Pada temperature 80-100°C relatif stabil tetapi perlahan-lahan akan terjadi polimerisasi pada temperatur rendah.

(Kirk and Othmer, 1998)