

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dunia saat ini sedang memasuki babak baru yaitu era perdagangan bebas dimana setiap negara bersaing menawarkan komoditasnya untuk menjaga pertumbuhan ekonomi pada tren yang positif. Data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan pertumbuhan ekonomi Indonesia pada Triwulan II-2012 mencapai 6 - 6,5 persen. Salah satu indikasi perekonomian Indonesia tumbuh adalah investasi. Bentuk investasi yang positif dan berkelanjutan yaitu investasi yang diarahkan pada sektor industri karena dapat mendatangkan keuntungan bagi devisa negara, menciptakan lapangan kerja dan memicu sektor lain untuk berkembang. Industri yang layak untuk didirikan yaitu industri kimia salah satunya urea formaldehida. Hal ini dikarenakan Indonesia masih mengimpor bahan baku atau produk-produk industri kimia dari luar negeri yang mengakibatkan devisa negara berkurang. Kebutuhan impor urea formaldehida ke Indonesia saat ini mencapai 6.110 ton sedangkan ekspor urea formaldehida hanya 76,290 ton/tahun pada tahun 2012 (Data ekspor- impor BPS, 2012). Dengan didirikannya pabrik urea formaldehida diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang semakin meningkat dari tahun ke tahun dan memberikan lapangan kerja bagi masyarakat Indonesia.

Urea formaldehida merupakan resin hasil reaksi antara urea dan formaldehida yang termasuk ke dalam golongan *thermosetting* artinya mempunyai sifat tahan terhadap asam, basa, tidak dapat melarut dan tidak dapat meleleh. Resin urea formaldehida banyak dimanfaatkan dalam industri perekatan, kayu lapis dan mebel yaitu sekitar 82% (Meyer, 1979).

Urea formaldehida dihasilkan dari bahan baku metanol dan urea. Bahan baku ini dapat diperoleh dari dalam negeri. Metanol diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Indonesia (KMI) di Bontang dan PT Medco Methanol Bunyu Kalimantan Timur serta urea diperoleh dari PT Pupuk Kaltim. Dengan mempertimbangkan adanya bahan baku yang cukup untuk memproduksi urea

formaldehida dan kebutuhan urea formaldehida yang cukup banyak pula, maka sangat memungkinkan untuk mendirikan pabrik urea formaldehida di Indonesia.

1.2. Kapasitas Perancangan

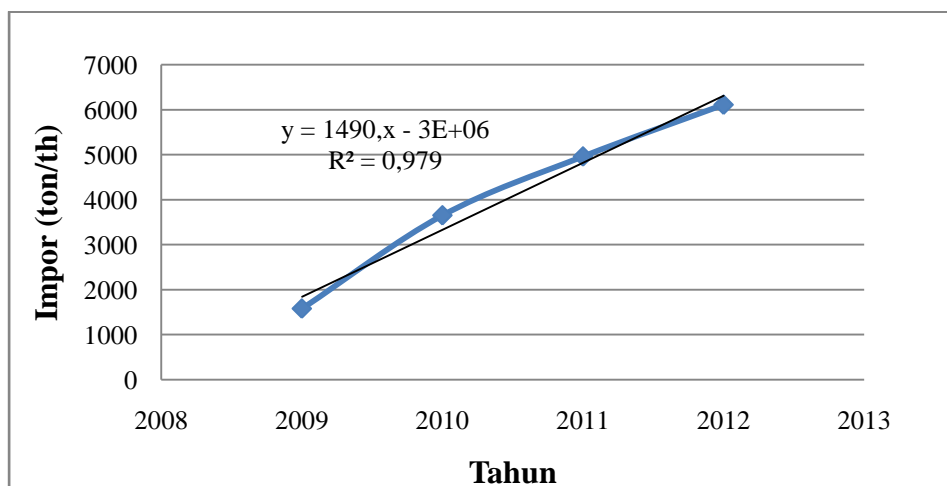
Dalam menentukan kapasitas pabrik urea formaldehida ada beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan diantaranya kebutuhan produk, ketersediaan bahan baku dan kapasitas perancangan minimum.

1.2.1. Proyeksi Kebutuhan Urea formaldehida

Berdasarkan data statistik perdagangan luar negeri Indonesia kebutuhan urea formaldehida mengalami peningkatan dalam kurun waktu lima tahun terakhir yang disajikan pada Tabel 1.1 berikut (Badan Pusat Statistik, 2013):

Tabel 1.1 Data Impor Urea Formaldehida Indonesia

Tahun	Kebutuhan Impor (Ton/tahun)
2009	1577,639
2010	3650,832
2011	4959,438
2012	6109,797



Gambar 1.1 Impor Urea Formaldehida di Indonesia Tahun 2009 -2012

Dari data diatas memperlihatkan bahwa impor urea formaldehida cenderung mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus $y = 1490x - 3 \times 10^6$ dengan y adalah data impor urea formaldehida pada tahun tertentu dalam ton sedangkan x adalah tahun . Sehingga kebutuhan urea formaldehida pada tahun 2020 dapat dihitung sebesar 9800 ton/tahun.

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk membuat urea formaldehida adalah metanol dan urea. Urea formaldehida merupakan senyawa yang tersusun dari kumpulan metilol urea. Satu mol metilol urea membutuhkan satu mol urea dan satu mol formaldehida sedangkan satu mol formaldehida membutuhkan satu mol metanol dan setengah mol oksigen. Kebutuhan metanol dapat dipenuhi dari PT Kaltim *Methanol Industry* yang berkapasitas 660.000 ton/tahun. Urea dapat dipenuhi dari PT Pupuk Kaltim yang berkapasitas 2.980.000 ton/tahun. Sedangkan bahan baku oksigen diperoleh dari udara di lingkungan sekitar. Untuk menjaga kelangsungan dan ketersediaan bahan baku pabrik yang akan dirancang maka perlu dilakukan suatu perjanjian pembelian dengan produsen bahan baku terlebih dahulu.

1.2.3. Kapasitas Pabrik Yang Sudah Beroperasi

Kapasitas rancangan minimum pabrik urea formaldehida dapat diketahui dari data kapasitas pabrik urea formaldehida yang telah berdiri di Indonesia. Berikut daftar nama – nama pabrik urea formaldehida yang masih beroperasi di Indonesia beserta kapasitasnya yang disajikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Produsen Urea Formaldehida di Indonesia

Nama Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Pamolite Adhesive <i>Industry</i>	55.000
PT Arjuna Utama Kimia	43.000
PT Korindo Ariabimasari	24.000
PT Dyno Mugi Indonesia	42.000
PT Superin	48.000
PT Intanwijaya Internasional	56.000
PT Batu Penggal	41.000
PT Sabak Indah Jambi	69.000
PT Dover Chemicals	50.000
PT Nusa Prima Pratama	50.400
PT Uforin prajen	45.000
PT Duta Pertiwi Nusantara	45.000
PT Gelora Citra Kimia	124.000
Total	692.400

(CIC Magazine, 2003)

Kapasitas minimal pabrik yang telah beroperasi dengan proses DB Western pada saat ini di Indonesia adalah PT. Korindo Ariabimasari dengan kapasitas 24.000 ton/tahun sedangkan kapasitas maksimal adalah 424.100 ton/tahun yang merupakan kapasitas produksi Georgia-Pacific Resins, Inc di Amerika Serikat. Berikut produsen-produsen urea formaldehida di dunia:

Tabel 1.3 Produsen Urea Formaldehida di Dunia

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
Georgia-Pacific Resins, Inc (AS)	424.100
Dynea (AS)	406.000
Borden Chemical, Inc (AS)	338.400
La Porte, Texas (AS)	362.900
JSC Metafrax (Rusia)	62.000

Berdasarkan data diatas maka kapasitas produksi pabrik urea formaldehida yang akan dibangun sebesar 30.000 ton/tahun .

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang penting dalam suatu perancangan pabrik, karena berkaitan dengan nilai ekonomis. Urea formaldehida termasuk dalam produk *weight losing*, sehingga lokasi pabrik yang dipilih sebaiknya dekat dengan lokasi bahan baku. Bahan baku yang diperlukan adalah metanol dan urea yang didapat dari dalam negeri. Pabrik metanol di Indonesia adalah PT. KMI dan Pertamina Pulau Bunyu yang berada di Kalimantan Timur. Sedangkan Pabrik Urea di Indonesia adalah PT. Pupuk Iskandar Muda yang berada di Nangro Aceh Darussalam, PT. Pupuk Sriwidjaja (Sumatera Selatan), PT. Pupuk Kujang (Jawa Barat), PT. Petrokimia Gresik (Jawa Timur) dan PT. Pupuk Kaltim (Kalimantan Timur). Berdasarkan beberapa alasan tersebut maka lokasi pendirian pabrik tersebut direncanakan di Bontang, Kalimantan Timur dengan pertimbangan.

- a. Dekat dengan sumber bahan baku sehingga biaya transportasi dan pengangkutan bisa di minimumkan selain itu ketersediaan bahan baku akan semakin terjaga dan terjamin sehingga kemungkinan terjadinya defisit bahan baku dapat dikontrol.
- b. Bontang merupakan daerah yang strategis karena letaknya yang dekat dengan pelabuhan sehingga mudah dalam proses transportasi dan pemasaran produk.
- c. Bontang dikenal dengan daerah industri yang memiliki tenaga kerja ahli yang melimpah serta memiliki fasilitas dan kelengkapan infrastruktur yang memadai untuk mendirikan pabrik.
- d. Produk urea formaldehida mayoritas digunakan oleh industri *plywood*, *particle board* dan industri perekatan lainnya dimana lokasi pabrik-pabrik tersebut sebagian besar berada di pulau Kalimantan. Berikut daftar perusahaan perekatan di Indonesia.

Tabel 1.4 Daftar Perusahaan Perekatan di Indonesia

Nama Perusahaan	Lokasi	Produk
PT Aceh Plywood Prima Indonesia	Aceh	<i>Plywood</i>
PT Canang Indah Industri Particle board	Sumatera Utara	<i>Particle board</i>
PT Panca Eka Bina Plywood Industri	Riau	<i>Plywood</i>
PT Siak Raya Timber	Riau	<i>Plywood</i>
PT Putra Sumber Utama Timber	Jambi	<i>Plywood</i>
PT Andatu Lestari Plywood	Lampung	<i>Plywood</i>
PT Kayu Lapis Indonesia	Jawa Tengah	<i>Plywood</i>
PT Nusantara Plywood	Jawa Timur	<i>Plywood</i>
PT Sumber Mas Indah Plywood	Jawa Timur	<i>Plywood</i>
PT Adinaco serasi	Kalimantan Barat	<i>Particle board</i>
PT Antang Cahaya Baru	Kalimantan Barat	<i>Plywood</i>
PT Khatulistiwa Indah Wood Industries	Kalimantan Barat	<i>Plywood</i>
PT Nuvopan Indotama	Kalimantan Barat	<i>Plywood</i>
PT Sari Bumi Kusuma	Kalimantan Barat	<i>Particle board</i>
PT Akhates	Kalimantan Tengah	<i>Particle board</i>
PT IDEC Abadi Wood Industries	Kalimantan Timur	<i>Plywood</i>
PT Intracowood Manufacturing	Kalimantan Timur	<i>Plywood</i>
PT Meranti Sakti Indah plywood	Kalimantan Timur	<i>Plywood</i>
PT Segara Timber	Kalimantan Timur	<i>Plywood</i>
PT Tirta Mahakam Plywood Industry	Kalimantan Timur	<i>Plywood</i>
PT Barito Pacific Timber	Kalimantan Selatan	<i>Particle board</i>
PT Daya Sakti Unggul Corporindo, Tbk	Kalimantan Selatan	<i>Plywood</i>
PT Hendratna Plywood	Kalimantan Selatan	<i>Plywood</i>
PT Tanjung Raya Plywood	Kalimantan Selatan	<i>Plywood</i>

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam – Macam Proses

Dalam prarancangan pabrik urea formaldehida ini terdapat 2 buah unit perencanaan, yaitu :

A. Unit *Formaldehyde Plant*

Proses pembentukan urea formaldehida diawali dengan pembentukan formaldehida yang dilakukan pada unit formaldehida *plant*. Proses pembuatan formaldehida ada beberapa macam, yaitu :

a. Proses Hidrokarbon

Proses Hidrokarbon ini adalah proses yang dikembangkan pada awal perkembangan industri formaldehida. Proses ini merupakan oksidasi langsung dari hidrokarbon alifatik, selain itu formaldehida juga diproduksi secara langsung dari gas alam atau metana. Biasanya yang digunakan adalah etilen dengan katalis asam borat atau asam fosfat atau garamnya dari campuran tanah diatom. Jika menggunakan gas alam sebagai bahan baku maka reaksi berjalan pada suhu 430-480°C dan tekanan 7-20 atm dengan katalis aluminium fosfat atau logam oksida. Proses ini memiliki kelemahan yaitu produknya mengandung 34-36% metanol, 20-23% formaldehida, 5-6% asetaldehida dan sejumlah besar aldehida, keton, alkohol serta air. Sehingga diperlukan pemurnian untuk mendapatkan formaldehida dengan kemurnian tertentu. (Keyes, 1965)

b. Proses *Incomplete Conversion and Distillative Recovery of Metanol (ICDRM)*

Proses ini merupakan proses pembuatan formaldehida dimana konversi yang terjadi tidak sempurna. Campuran yang terdiri dari uap metanol murni dan udara segar diumpankan ke dalam *vaporizer* kemudian umpan keluar dari *vaporizer* dicampur dengan steam dan selanjutnya masuk reaktor. Konversi tidak sempurna (77-78%) dan reaksi terjadi pada suhu 590-650°C. Katalis yang digunakan adalah perak dengan masa efektif berkisar antara 3-8 bulan. Formaldehida dihasilkan dengan oksidasi parsial kemudian metanol yang tidak

bereaksi *direcovery* dengan destilasi dan selanjutnya *direcycle*. Kerugian dari proses ini adalah konversi reaksi yang kecil dibandingkan proses lainnya. (Ullmans, 1988)

c. *Proses Complete Conversion of Metanol*

Proses ini menggunakan katalis perak dengan reaktor *fixed bed multitube*. Alat proses yang digunakan adalah *vaporizer*, reaktor dan *absorber*. Katalis yang digunakan adalah perak yang diregenerasi secara elektrolitikal dengan massa efektif 3-4 bulan. Kondisi operasi pada suhu 600-650°C dan tekanan atmosferis. *Yield* yang diperoleh sebesar 89,5-90,5% mol. Pada proses ini udara yang telah dimurnikan dan metanol, masing-masing dilewatkan pemanas kemudian masuk ke dalam reaktor katalitik. Produk didinginkan dan selanjutnya dialirkan ke menara *absorber*. Kerugian dari proses ini adalah suhu yang digunakan cukup tinggi dan umur katalis yang digunakan pendek. (Ullmans, 1988)

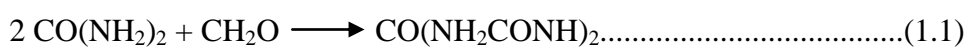
d. *Proses D.B. Western*

Proses *D.B. Western* merupakan proses pembentukan formaldehida atau urea formaldehida secara kontiyu dengan bahan baku metanol, oksigen dan urea. Katalis yang digunakan adalah *iron molydenum oxide* dengan umur 12-18 bulan. Metanol yang diuapkan direaksikan dalam sebuah reaktor *fixed bed multitube* yang terdiri atas beberapa tube yang berisi katalis dengan dikelilingi *dowtherm A*. Kondisi operasi pada suhu 200-400°C dan tekanan atmosferis. Konversi yang diperoleh mencapai 99% dengan selektivitas formaldehida 94%. Gas hasil reaksi yang mengandung gas formaldehida dilewatkan ke menara *absorber* untuk diserap dengan larutan urea sehingga membentuk urea formaldehida. Dipilih proses *D.B. Western* karena konversi tinggi serta umur katalis yang lebih panjang. (www.dbWestern.com)

B. Unit Urea Formaldehida Plant

Proses pembuatan urea formaldehida terjadi didalam *absorber*. Proses ini merupakan tahap pembentukan monomer metilolurea yang merupakan reaksi metiolasi. Urea mengalami adisi ke formaldehida untuk memberikan turunan metilol. Larutannya dijaga dalam suasana pH basa untuk mencegah terjadi penggumpalan karena turunan metilol berkondensasi secara cepat pada kondisi asam.

Reaksi :



Urea Formaldehida Metilol diurea

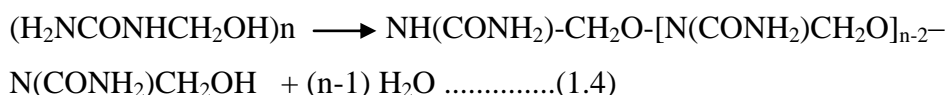


Urea Formaldehida Metilol urea



Urea Formaldehida Dimetilol urea

Reaksi kondensasi merupakan tahap pertumbuhan dan pembentukan rantai polimer urea formaldehida. Struktur polimer sederhana yang paling mungkin terbentuk di sini adalah polimer rantai lurus (linier). Pada tahap kondensasi ini terbentuk hasil samping berupa air.



(Subekti, 1995)

1.4.2. Kegunaan Produk

Urea formaldehida mempunyai beberapa kegunaan sebagai berikut :

a. Industri *Adhesive*

Merupakan industri yang memproduksi *adhesive* untuk keperluan *wood working* seperti industri *plywood*, industri *particle board*, *chipboard*, industri kertas dan tekstil.

b. Industri *Moulding*

Merupakan industri yang diantaranya menghasilkan alat keperluan rumah tangga.

c. Industri *Surface Coating*

Merupakan industri yang menghasilkan cat, tinner dan dempul.

d. Industri *Laminating*

Merupakan industri yang menghasilkan furnitur atau mebel untuk menginsulasi busa.

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1. Bahan Baku

a. Metanol

Sifat fisis :

Rumus molekul	: CH ₃ OH
Berat Molekul	: 32,042 g/gmol
Wujud	: cairan tak berwarna
Titik lebur (1 atm)	: -97,69°C
Titik didih (1 atm)	: 64,7°C
Densitas (25°C)	: 0,79 g/ml
Temperatur kritis	: 239,43°C
Volume kritis	: 118 ml/mol
Tekanan kritis	: 79,9 atm
Panas pembentukan (25°C)	: -57,130 kkal/gmol (cairan)
Energi Gibbs (25°C)	: -39,869 kkal/gmol (cairan)
Panas spesifik (25°C)	: cairan = 0,6054 kal/jam°C gas = 0,3274 kal/jam°C
Viskositas (25°C)	: cairan = 0,541 cp gas = 0,00968 cp
Konduktivitas termal (25°C)	: cairan = 163,5 kal/jam°C gas = 12,1 kal/jam°C

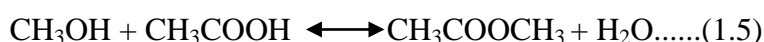
(Mc.Ketta, 1988)

Sifat kimia :

Metanol adalah gugus alkohol alifatik yang hanya mempunyai satu atom karbon. Reaksi-reaksi kimia dari metanol melibatkan gugus hidroksil seperti reaksi esterifikasi, adisi, oksidasi, dehidrogenasi dan penggantian gugus hidroksil.

1) Reaksi esterifikasi

- Dengan asam organik



- Dengan asam anorganik



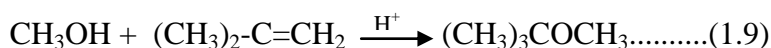
dimetil sulfat



dimetil karbonat

2) Reaksi adisi

- Dengan hidrokarbon tak jenuh



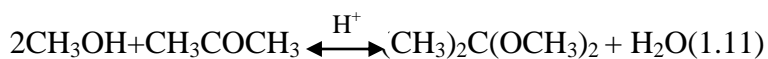
Metil t-butyl eter

- Dengan aldehid



asetal

- Dengan keton



ketal

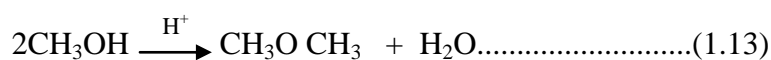
3) Reaksi pergantian gugus hidroksi

- Halogenasi



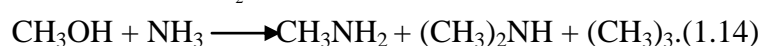
metil klorida

- Dehidrasi bimolekuler



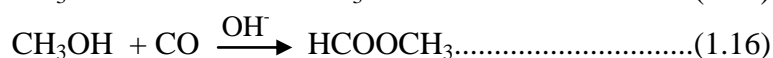
dimetil eter

- Ammonolisis $-\text{H}_2\text{O}$



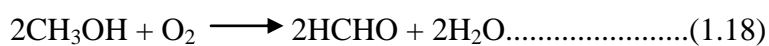
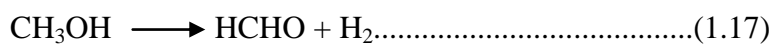
metil amin

- 4) Reaksi karbonilasi



- 5) Reaksi oksidasi

Reaksi oksidasi ini menggunakan katalis perak atau ferric molybdate untuk meminimalkan oksidasi selanjutnya dari formaldehid menjadi asam formiat dan karbondioksida.



(Mc.Ketta, 1988)

b. Udara

Udara adalah campuran gas yang sebagian besar terdiri dari oksigen, nitrogen, dan argon serta gas-gas lainnya dalam jumlah yang sangat kecil dengan kandungan seperti tertera pada Tabel 1.5, sedangkan sifat fisis udara tersaji pada Tabel 1.6.

Tabel 1.5 Komposisi Udara

Komponen	% Mol	% Berat
Nitrogen	78,084	75,5
Oksigen	20,946	23,2
Argon	0,934	1,33
Karbon Dioksida	0,0335	0,045
Neon	0,001818	-
Helium	0,000524	-
Methana	0,00002	-
Krypton	0,0000114	-
Nitro Oksida	0,00005	-
Xenon	0,0000087	-

Tabel 1.6 Sifat Fisis Komponen Udara

Sifat Fisis	N₂	O₂	Ar
Berat Molekul, g/mol	28,013	31,999	39,948
Densitas gas (0 °C, 1 atm), kg/m ³	1,2505	1,4292	1,7828
Volume jenis 0 °C, 1 atm), m ³ /kg	0,799	0,700	0,56
Titik didih, (°C)	-195,8	-182,98	-185,87
Temperatur kritis, (°C)	-147,05	-118,57	-122,29
Tekanan kritis, bar	33,94	50,43	48,98
Volume kritis, cm ³ /mol	90,1	73,4	74,60
Titik beku, (°C)	-210	-218,79	-189,35
Densitas cairan, kg/l	0,645	0,8	0,78

(Shreve, 1956)

Sifat kimia udara meliputi hal-hal berikut ini :

1. Oksigen merupakan unsur yang sangat aktif. Meskipun tidak terbakar tetapi oksigen membantu pembakaran dan bergabung langsung maupun tidak langsung dengan semua unsur kecuali He, Ne dan Ar.
2. Oksigen bersama-sama dengan gas asetilena digunakan untuk mengelas baja sedangkan oksigen cair dan hidrogen cair dimanfaatkan sebagai bahan bakar roket pesawat ruang angkasa.
3. Nitrogen merupakan unsur yang sulit bereaksi dengan unsur lain karena ikatan N dengan N sangat besar, tidak mudah terbakar serta tidak membantu dalam proses pembakaran.
4. Nitrogen bereaksi dengan logam aktif seperti kalsium, natrium dan magnesium.
5. Nitrogen bereaksi dengan gas hidrogen membentuk amonia pada suhu 400 – 600°C dan pada tekanan 200 – 600 atm.
6. Argon termasuk gas mulia yang sama sekali tidak reaktif secara kimia.

(Yaws, 1999)

c. Urea

Sifat fisis :

Rumus molekul	: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
Berat Molekul	: 60,06 g/mol
Bentuk	: kristal tetragonal berwarna putih
Titik lebur (1 atm)	: 132,7°C
Panas pembakaran	: 2531 kal/g
Indeks refraksi	: 1,484
Panas peleburan	: 251 J/g
Panas pelarutan dalam air	: -57,8 kal/g
Energi Gibbs (25°C)	: -47120 kal/mol
Densitas	: 1,33 kg/m ³

Panas spesifik (20°C) : 0,320 kal/g°C

Sifat kimia :

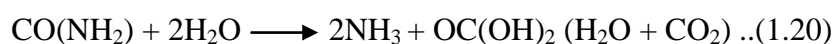
1. Dengan Pemanasan

Bila urea dipanaskan di atas titik leburnya yaitu pada 150-160°C akan melepaskan amonia, amonium sianida (NH₄OCN) dan biuret (CONH₂)₂NH.



2. Hidrolisis

Urea dihidrolisis akan menghasilkan asam dan amonia. Proses hidrolisis dapat berjalan cepat dengan menggunakan asam atau basa dan juga bila ada enzim urease. Organisme tertentu dalam tanah juga dapat menyebabkan hidrolisis urea yang membentuk amonium karbonat.

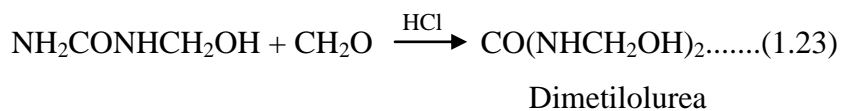
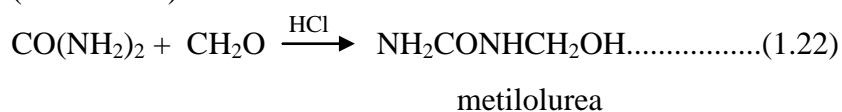


3. Urea bereaksi dengan alkohol menghasilkan urethane

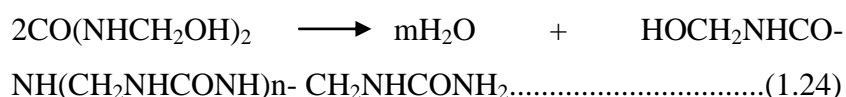


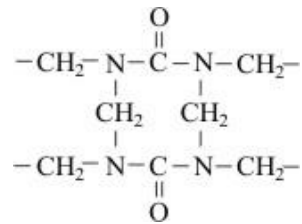
4. Reaksi dengan formaldehida

Dalam larutan asam akan terjadi hidroksi methyl urea (metilolurea) dan dimetilolurea.



Selanjutnya akan terbentuk resin





Resin urea formaldehida

(Kirk and Othmer, 1995)

1.4.3.2. Produk

Urea formaldehida

Sifat fisis :

Wujud	: Cairan
Indeks refraksi	: 1,54 – 1,56
<i>Specific gravity</i>	: 1,32 g/cm ³
Panas spesifik	: 0,4 kal/gr
Densitas	: 1,46 g/cm ³
pH	: 7 – 8
Titik beku	: - 20 – (-30)°C

(Meyer, 1979)