

**SKRIPSI**

**PRA RENCANA  
PABRIK PEMBUATAN MELAMIN  
KAPASITAS PRODUKSI 25.000 TON/TAHUN**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Serjana Teknik Kimia di Universitas Sriwijaya**



**Muhammad Bayu Saputra**  
NIM 03031181320010

**Achmad Ryno Putraritama**  
NIM 03031381320024

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PRA RENCANA  
PABRIK PEMBUATAN MELAMIN  
KAPASITAS PRODUKSI 25.000 TON/TAHUN**

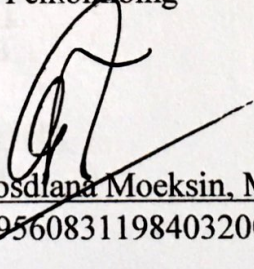
**SKRIPSI**

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana


Oleh

Muhammad Bayu Saputra	03031181320010
Achmad Ryno Putraritama	03031381320024

Pembimbing

  
Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.  
NIP. 195608311984032002

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 19581003186031003

## LEMBAR PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

**Muhammad Bayu Saputra 03031181320010**

**Achmad Ryno Putraritama 03031381320024**

Judul :

### **“PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN MELAMIN KAPASITAS PRODUKSI 25.000 TON/TAHUN”**

Mahasiswa tersebut diatas telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 November 2018 oleh Dosen Penguji :

Palembang, Desember 2018

1. Lia Cundari, S.T., M.T.  
NIP. 198412182008122002
2. Dr. David Bahrin, ST. MT  
NIP. 198010312005011003

(.....  
  
.....)

(.....  
  
.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dr. Ir. H. Syaiful, DEA

NIP. 195810031986031003



## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “ Pra Rencana Pabrik Pembuatan Melamin Kapasitas Produksi 25.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan Muhammad Bayu Saputra dan Achmad Ryno Putraritama dihadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 November 2018

Palembang, November 2018

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Skripsi

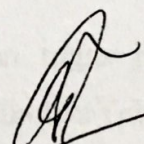
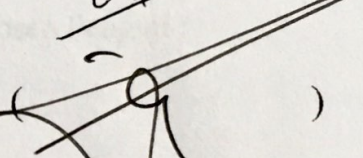
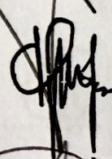
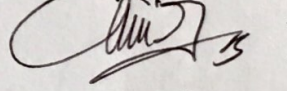
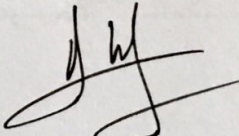
1. Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.  
NIP. 195608311984032002

2. Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

3. Lia Cundari, S.T., M.T.  
NIP. 198412182008122002

4. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.  
NIP. 198010312005011003

5. Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197505112000122001

(  )  
(  )  
(  )  
(  )  
(  )

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Bayu Saputra  
NIM : 03031181320010  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Melamin Kapasitas  
Produksi 25.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Muhammad Bayu Saputra** didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Desember 2018

METERAI  
TEMPEL  
TGL. 20  
9BAFF400124590  
6000  
ENAM RIBU RUPIAH  
**Muhammad Bayu Saputra**  
NIM. 03031181320010



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Ryno Putraritama  
NIM : 03031381320024  
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Melamin Kapasitas  
Produksi 25.000 Ton/Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Achmad Ryno Putraritama** didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Pale:  ber 2018  
  
**Achmad Ryno Putraritama**  
NIM. 03031381320024



## ABSTRAK

### PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN MELAMIN KAPASITAS PRODUKSI 25.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, November 2018

Muhammad Bayu Saputra dan Achmad Ryno Putraritama, Pembimbing Skripsi oleh Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

373 halaman, 61 Tabel, 8 Gambar, 4 Lampiran

## ABSTRAK

Pabrik Melamin direncanakan berlokasi di daerah Kawasan Industri Bontang, Kalimantan Timur. Pabrik ini meliputi area seluas 6 Ha dengan kapasitas 25.000 ton per tahun. Proses pembuatan Melamin dilakukan dengan proses bertekanan tinggi dan *temperature* tinggi tanpa katalis di dalam Reaktor-01 (R-01) dengan tipe *Multitubular Tube Reactor* pada temperatur 188°C dengan tekanan 180 bar pada fase gas dan pada Reaktor-02 (R-02) dengan tipe CSTR pada temperatur 210°C dengan tekanan 110 bar pada fase *aquos*.

Pabrik ini merupakan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff*, yang dipimpin oleh seorang direktur utama dengan jumlah karyawan 189 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, maka Pabrik Melamin ini dinyatakan layak didirikan :

a. <i>Annual Cash Flow</i>	= US \$ 13.770.035,10
b. Hasil penjualan per tahun	= US \$ 97.489.030,84
c. Biaya produksi per tahun	= US \$ 80.837.470,71
d. <i>Pay out time</i>	= 1,62 tahun
e. <i>Rate of return on investment</i>	= 75,39%
f. <i>Break evenpoint</i>	= 36,88 %
g. <i>Service life</i>	= 11 tahun

**Kata Kunci :** NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, Melamin, *High Pressure and High Temperature*, *Multitubular Tube Reactor and Continous Stirred Tank Reactor*.

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Pada saat ini pemerintah Indonesia sedang melakukan pengembangan dalam berbagai bidang industri. Salah satunya dengan cara memenuhi kebutuhan bahan-bahan industri melalui pendirian pabrik-pabrik industri kimia. Jumlah dan macam industri yang belum dapat dipenuhi sendiri cukup banyak dan biasanya diperoleh dengan cara mengimpor dari negara lain, salah satu bahan yang diimpor dalam jumlah banyak adalah melamin.

Melamin salah satu bahan yang dihasilkan oleh industri petrokimia dengan rumus  $C_3H_6N_6$  juga dikenal dengan nama 2-4-6 triamino 1-3-5 triazine yang berbentuk kristal berwarna putih. Penggunaan melamin diantaranya sebagai bahan baku pembuatan melamin resin, bahan pencampur cat, pelapis kertas, tekstil, *leather tanning* dan lain-lain. Bahan baku yang digunakan pada proses pembuatan melamin adalah urea dan campuran amoniak karbon dioksida sebagai *fluidizing* gas dengan katalis alumina.

Pembangunan pabrik industri melamin di Indonesia didukung dengan adanya industri lain, seperti pabrik industri Amonia dan Karbondioksida yang menjadi produsen bahan baku utama dalam pembuatan melamin. Bahan baku yang digunakan berupa Amonia dan Karbon Dioksida yang didapatkan dari PT. Samator Aneka Gas Industri TBK Kalimantan Timur. Ketersediaan bahan baku Amonia pada tahun 2014 sebesar 652.823 ton/tahun, jumlah tersebut mengalami peningkatan sebesar 47% per tahun. Sedangkan ketersediaan bahan baku Karbondioksida as pada tahun 2015 sebesar 131.400 ton/tahun ( Bps, Samator Gas), jumlah tersebut mengalami peningkatan sebesar 38% per tahun. Melihat kebutuhan melamin pada masa sekarang ini, seiring dengan industri-industri pemakainya yang semakin meningkat, maka pendirian pabrik melamin dirasa sangat perlu. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi permintaan didalam negeri, mengurangi impor melamin dan membuka tenaga kerja baru.



**Tabel 1.1** Kebutuhan Melamin di Indonesia

TAHUN	JUMLAH (Ton/Tahun)
2013	22.365
2014	25.554
2015	28.538
2016	29.981
2017	29.250

*Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS)*

## 1.2. Sejarah dan Perkembangan

Senyawa melamin pertama kali diperkenalkan oleh Liebig pada tahun 1834, dimana melamin diperoleh dari reaksi fusi Potassium Tiosianat dengan Ammonium Klorida. Struktur melamin diperkenalkan pada tahun 1885 oleh A.W. Von Hoffman. Melamin ( $C_3N_6H_6$ ) nama lain yang dikenal 2,4,6 triamine-1,3,5 triazin, dengan molekul 126,13, senyawa melamin disusun dengan gugus amino sebagai gugus utama.

Kurang dari 100 tahun kemudian, didapatkan aplikasi penggunaan melamin dalam dunia industri yaitu dalam produksi melamin formaldehid resin. Resin ini dalam kehidupan sehari-hari sering digunakan sebagai *laminating*, senyawa *molding*, sebagai bahan pelapis, bahan baku kertas, perekat dan lain-lain. Pabrik komersial pertama muncul pada akhir tahun 1930 dengan menggunakan *Dicyandiamida* sebagai bahan baku utama. Sejak saat itu, melamin berkembang menjadi suatu komoditas kimia yang cukup penting.

Pada awal tahun 1940, Mackay menemukan bahwa melamin juga dapat disintesa dari urea pada temperatur  $400^{\circ}C$  dengan atau tanpa menggunakan katalis. Terdapat kurang lebih 20 negara produsen melamin didunia, seperti Amerika, Jepang, Austria, Perancis, Italia, Belanda, India dan masih banyak negara-negara lain. Total jumlah kapasitas dari melamin yang diproduksi negara tersebut sekitar 912 juta lb (414.000 ton), dimana dari jumlah tersebut kurang

lebih 109 juta lb (49.000 ton) yang diproduksi dengan menggunakan proses lama dengan menggunakan bahan baku *Dicyandiamida*. Kapasitas tersebut mencukupi kebutuhan konsumen pada masa itu.

Proses dengan bahan baku *Dicyandiamida* berakhir sekitar tahun 1960, ketika proses dengan bahan baku urea mulai diperkenalkan secara komersial. Proses ini didirikan pertama kali oleh Allied Chemical, kemudian diikuti proses yang dibangun oleh *Chemie linz, montedison, Stami carbon, Nissan Chemical dan BASF (2002, Ullman)*.

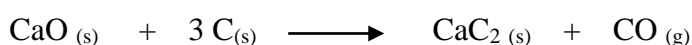
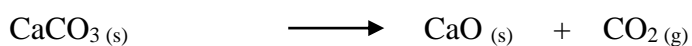
Dengan adanya proses baru yang menggunakan bahan baku Urea, menyebabkan adanya suatu kekuatan baru, baik itu dari segi ekonomi ataupun dari segi teknologi yang menyebabkan proses dengan menggunakan *Dicyandiamida* dipandang kurang menguntungkan sehingga banyak pabrik yang menggunakan proses ini ditutup. Hingga kini terdapat sekitar 20 negara produsen Melamin di dunia dan lebih dari 85 % dari total kapasitasnya diproduksi dengan menggunakan bahan baku urea.

### 1.3. Proses Pembuatan

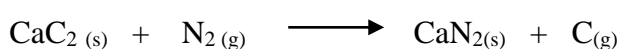
Berdasarkan bahan baku yang dipergunakan melamin diproduksi secara komersil dari Kalsium carbida, *Dicyandiamida*, atau Urea. Untuk ketiga bahan baku tersebut, Melamin yang dihasilkan diproses melalui pemanasan Kalsium carbida, *Dicyandiamida* atau Urea tersebut.

#### 1.3.1. Proses dengan bahan baku kalsium karbida

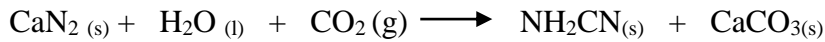
Pada proses ini terlebih dahulu dilakukan pembuatan *Dicyandiamida* dari batu kapur dan *coke* dengan penambahan Nitrogen dari udara. Batu kapur dan Coke dipanaskan dalam *furnace* akan menghasilkan Kalsium karbida :



Selanjutnya kalsium karbida dengan nitrogen akan membentuk Kalsium Sianamida ( $\text{CaN}_2$ ).



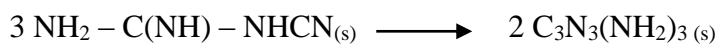
Kalsium Sianamida dilarutkan dalam air (dihidrolisa) sambil dialiri gas karbondioksida untuk mengendapkan Kalsium karbonat.



Setelah endapan dipisahkan, filtrat yang mengandung Sianamida dipanaskan untuk menghilangkan kandungan airnya, pada waktu ini Sianamida akan berubah menjadi *Dicyandiamida*.



Setelah *Dicyandiamida* didapat, proses selanjutnya adalah pembentukan Melamin dengan memanaskan *Dicyandiamida* sampai suhu 200°C dan ditambah Ammonia dengan tekanan 3 sampai 150 atm. *Dicyandiamida* akan membentuk melamin.

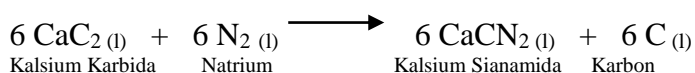
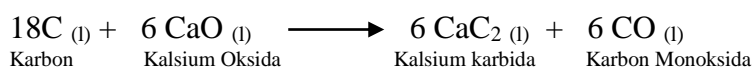


Pengembangan proses ini secara komersial telah dilakukan oleh Ciba Corporation (Jerman Barat), American Cyanamide and Co (USA) dan Sudecstche Kalksticktoff Warke (Austria).

### 1.3.2. Proses dengan menggunakan bahan baku *dicyandiamida*

Proses dengan bahan baku *Dicyandiamida* ini tidak dapat dikonversikan menjadi Melamin secara langsung walaupun prosesnya berlangsung pada kondisi uap, dimana *Dicyandiamida* dikondensasikan terlebih dahulu, dan kemudian ditambahkan Ammonia. Senyawa *intermediate* seperti Guanidin, Biguanid, Guanilmelamin dan Sianomelamin yang terbentuk lama kelamaan akan berubah menjadi melamin dengan adanya Ammonia.

Pembentukan Melamin dari *Dicyandiamida* dan Ammonia cair berlangsung pada suhu 100-130°C (212-266°F) dan reaksi ini berorde dua dengan memperhatikan *Dicyandiamida*. Energi aktivasi yang diperlukan adalah sebesar 22,1 kkal/mol. Reaksi pembentukan Melamin dengan bahan baku *Dicyandiamida* adalah sebagai berikut :





relatif konstan atau menjadi turun dengan cepat. Oleh karena itu, maka dekomposisi Melamin sebaiknya dilakukan pada temperatur tinggi.

Melamin akan dikomposisi dan ditambahkan Ammonia pada suhu diatas 350 °C (662 °F), walaupun akan menghasilkan sisa berupa Ammonia. Pada proses tekanan tinggi ini dengan temperatur antara 360-450 °C (680-842 °F) dan tekanan dibawah 100-150 atm, konsentrasi dari Melamin naik dengan cepat sebanding dengan kenaikan tekanan Ammonia. Konsentrasi dari melamin, produk samping dengan adanya penambahan Ammonia dicatat selalu naik sesuai dengan naiknya tekanan Ammonia sampai 75-80 atm, selanjutnya berkurang sampai tekanan Ammonia kira-kira 80 atm.

Waktu reaksi yang diperlukan untuk mendapat hasil yang maksimal dapat dikurangi apabila temperatur reaksi dinaikkan dari 360 °C ke 400 °C (680 °F ke 752 °F). Temperatur optimumnya adalah sekitar 400-430 °C (752-806 °F), yang dapat digunakan untuk mengkonversikan senyawa Asam isosianat menjadi Melamin. Proses yang menggunakan tekanan tinggi adalah hanya Proses *Nissan Chemical* dari keempat proses komersil yang ada.

a. Proses *Nissan Chemical*

Pada proses *Nissan Chemical*, sintesa dilaksanakan pada tekanan sekitar 100 atm (1,470 psia) pada dua tingkat, yaitu pertama dalam suatu reaktor, kemudian dalam suatu “*cushion*” vessel dimana *effluent* cair reaktor dimatangkan dengan penambahan Ammonia murni. Larutan yang telah matang di-*quench* dengan suatu larutan *recycle* Ammonia encer, dan Melamin dikristalisasikan dan dikumpulkan dari larutan encer yang diperoleh setelah sebagian Ammonia di-stripp dan larutan disaring. Ammonia yang ter-stripp dari larutan dan diuapkan dari *crystallizer* diserap kembali dalam air dan di-*recycle* ke *quencher*. Pematangan *effluent* cair reaktor dan menjaga kadar Ammonia 20 – 50 b % dalam larutan Melamin encer panas dimaksudkan untuk meminimumkan pembentukan produk samping yang tidak diinginkan, memproduksi suatu produk Melamin yang tidak membutuhkan pemurnian lanjutan. Off-gas yang terbentuk mengandung terutama Ammonia dan Karbondioksida

diperoleh dari reaktor dan dikirim pada tekanan reaksi dan suhu 200 °C (390 °F). Kapasitas pabrik terbesar yang telah beroperasi 88 juta lb/tahun (40,000 metrik ton/tahun).

b. Proses *Technimont*

Pada proses *Technimont*, sintesa dilaksanakan pada tekanan sekitar 80 kg/cm<sup>2</sup>G suhu 380 °C dalam satu tingkat, yaitu dalam reaktor yang dibentuk dari rangkaian pipa-pipa konsentris jenis *bayonet* dengan penambahan Ammonia murni. Larutan hasil reaksi di-*quench* dengan suatu larutan *recycle* Karbondioksida encer, dan Melamin dikristalisasi dan dikumpulkan dari larutan encer yang diperoleh setelah sebagian Ammonia di-stripp dan larutan disaring. Gas Ammonia dan Karbondioksida yang ter-stripp dari larutan dijenuhkan dengan uap air dan sebagian dikirim ke pabrik sintesa Urea. Larutan yang keluar dari bagian bawah stripper, kemudian dikristalisasi. Kapasitas pabrik terbesar yang telah beroperasi 55 juta lb/tahun (25.000 metrik ton/tahun).

c. Proses *Allied Signal*

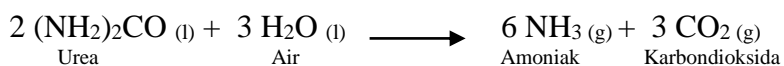
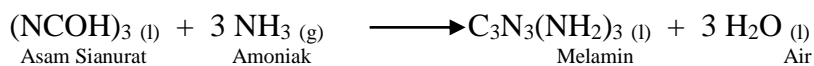
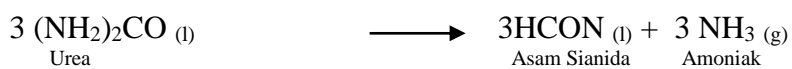
Pada proses *Allied Signal*, sintesa berlangsung pada tekanan sekitar 136 kg/cm<sup>2</sup> G suhu 339 °C dalam satu tingkat, yaitu dalam reaktor tube (*tube reactor*), dimana ditambahkan Ammonia murni. *Effluent* reaktor di-*quench* dengan menggunakan larutan *recycle* Ammonia-Karbondioksida encer, dan Melamin dikristalisasi dan dikumpulkan dari larutan encer yang dihasilkan setelah Ammonia dan Karbondioksida di-stripp dan dikristalkan untuk mengambil berbagai produk samping yang tak diinginkan. Ammonia dipisahkan dari larutan dengan cara stripping dan penguapan dari evaporator dan diabsorpsi kembali dengan air. *Off-gas* mengandung terutama Ammonia dan Karbondioksida dihasilkan dari *quencher* dan stripper dengan kadar Ammonia dan Karbondioksida rendah yang dikirim dalam bentuk campuran gas Ammonia-Karbondioksida pada tekanan 25 kg/cm<sup>2</sup> G suhu 160 °C. Pabrik yang telah beroperasi berkapasitas 33 juta lb/tahun (15.000 metrik ton/tahun).

## 2. Proses pada Tekanan Rendah

Pada proses tekanan rendah, Asam sianat diperoleh dari urea sebagai bahan baku dengan bantuan katalis. Asam sianat tersebut merupakan senyawa yang tidak stabil, sehingga mudah berubah Sianamida atau Karbodiimida. Kedua senyawa inilah yang kemudian diubah menjadi Melamin pada proses ini.

Proses pada tekanan rendah ini berlangsung pada fase uap, dan reaksi yang terjadi berlangsungnya dengan bantuan katalis Alumina aktif.

Reaksinya adalah sebagai berikut :



Reaksi totalnya adalah sebagai berikut :



Karakteristik dari proses yang menggunakan tekanan rendah ini adalah pada umumnya mempunyai hasil dan konversi yang cukup tinggi. Pada konversi teori 100%, kurang lebih 0,16 kg Melamin, 0,13 Amonia dan 0,17 kg CO<sub>2</sub> dihasilkan dari 0,46 kg Urea. Akan tetapi secara praktek, hasil melamin adalah kurang dari 100%, yaitu sekitar 80-90%, dan sejumlah kecil produk samping tersebut, seperti Biuret, Triuret, Asam sianurat, Melamin sianurat, Melam dan Melem.

Proses-proses yang menggunakan proses tekanan rendah ini diantaranya adalah:

### a. Proses BASF

Proses BASF menggunakan reaksi satu tahap, yaitu proses yang terjadi dalam *fluidized catalyst-bed* reaktor. Reaksinya berlangsung pada tekanan sekitar 4,5 Kg/cm<sup>2</sup> G suhu 390<sup>0</sup>C dan gas reaksi yang terbentuk di-*quench* (diturunkan tekanannya secara tiba-tiba) dengan menggunakan sebagian off-

gas yang telah didaur ulang dan dikembalikan dari proses daur ulang berikutnya setelah gas reaksi dari reaktor yang diinginkan sebagian dan disaring untuk mengambil berbagai produk samping yang tak dikehendaki seperti melem. Endapan melamin yang terbentuk dapat diambil dan off-gasnya dialirkan ke scrubber untuk diserap dengan menggunakan urea lebur yang akan diumpukan ke reaktor. Gas dari scrubber dibagi menjadi tiga bagian sebagian *directly* ke reaktor, di *recycle* ke *quencher*, dan dikirim ke pabrik-pabrik seperti pabrik pupuk atau pabrik sintesa urea. Pada proses ini, tidak ada air yang ditambahkan dengan tujuan untuk meminimasi masalah korosi dan memproduksi limbah cair, dan bed katalisator terfluidisasi dengan off-gas, sehingga diharapkan tidak ada daur ulang suatu aliran ammonia murni untuk *recycle* ke reaktor. *Quenching* gas reaksi dengan off-gas membutuhkan suatu *quencher* relatif besar dan jumlah off-gas relatif besar, dan off-gas yang dikirim dalam bentuk campuran gas ammonia-karbon dioksida pada tekanan rendah. Umumnya, pabrik terbesar yang telah terpasang mempunyai kapasitas 66 juta lb/tahun (30.000 metric tons/tahun), tetapi BASF telah merancang sebuah pabrik yang dapat memproduksi 88 juta lb/ tahun (40.000 metrik ton/tahun) dan layak teknis.

b. Proses *Chemie Linz*

Proses *Chemie Linz* menggunakan reaksi dua tahap, yaitu suatu *fluidized sandbed* untuk menguraikan urea bertekanan 5,2 kg/cm<sup>2</sup> G suhu 352 °C dan suatu *fixed alumina catalyst bed* untuk mensintesa melamin pada tekanan 4,1 kg/cm<sup>2</sup> G suhu 452 °C. Gas reaksi di-*quench* dengan air untuk mengendapkan melamin yang akan dikumpulkan dan dikeringkan. Off-gas diproses melalui absorber dan tiga kolom destilasi untuk mengambil kembali gas ammonia dan karbon dioksida secara terpisah. Sebagian ammonia yang terambil di-*recycle* ke reaktor dan ammonia sisa dikirim pada tekanan sekitar atmosfer. Gas karbon dioksida juga dikirim pada tekanan 20 kg/cm<sup>2</sup> G (309 psia). Sintesa dua tingkat menyebabkan dekomposisi dan mengkonversi dilaksanakan pada suhu optimum yang berbeda, dan penggunaan suatu *fluidized sandbed* reaktor dan suatu *fixed catalyst-bed* reaktor tidak memproduksi padatan halus yang



akan membutuhkan pemurnian produk lanjutan. Tetapi, pada sintesa dua tahap ini, panas eksotermis yang dilepaskan oleh dekomposisi urea menjadi asam sianat dan ammonia tidak dapat dimanfaatkan oleh konversi *endothermic* asam sianat menjadi melamin dan karbon dioksida. Pengambilan ammonia dan karbon dioksida menjadi dua aliran gas terpisah dapat membuat produk samping ini lebih dapat siap dipakai untuk berbagai keperluan. Kapasitas pabrik terbesar yang telah beroperasi sekitar 44 juta lb/ tahun (20.000 metrik ton/tahun), tetapi *Chemie Linz* telah merancang untuk pabrik dengan kapasitas 88 juta ton/tahun (40.000 metrik ton/tahun).

c. Proses *Stamicarbon*

Proses *Stamicarbon* menggunakan reaksi yang satu tahap, yaitu proses yang berlangsung dalam *fluidized catalyst-bed* reaktor. Reaksinya dilaksanakan pada tekanan sekitar 7 atm (103 psia) suhu 390 °C dan gas reaksi yang terbentuk di-*quench* dengan air untuk mengendapkan melamin. Setelah ammonia dan karbon dioksida di *strip* dan *slurry* yang dihasilkan, ditambahkan lebih banyak air dan melamin dilarutkan pada suhu ruang ditinggikan. Larutan diolah dengan karbon aktif sebelum melamin dikristalkan dari larutan tersaring dan dikumpulkan. *Off-gas* dari *quencher* dan *stripper* kemudian diproses selanjutnya untuk memperoleh suatu melamin murni, yang kemudian dialirkan untuk *directly* ke reaktor dan larutan karbamat pekat dikirim ke pabrik sintesa urea. Melamin yang diperoleh oleh proses *Stamicarbon* akan memberikan ukuran partikel yang lebih besar. Proses rekristalisasi juga akan memperlengkap suatu tujuan untuk dapat memproses kembali sebagian kecil produk diluar spesifikasinya. Larutan karbamat pekat sebagai produk samping dapat dikirim dan bergabung kedalam aliran larutan karbamat dipabrik sintesa urea. Pabrik terpasang yang telah beroperasi berkapasitas 220 juta lb/ tahun (100.000 metrik ton/ tahun), sehingga sesuai untuk pabrik-pabrik berkapasitas besar.

**Tabel 1.2.** Perbandingan Proses

Nama Proses	Pembanding			
	Kodisi Operasi	Tekanan	% konversi	Hasil Samping
Proses pada Tekanan Tinggi Tanpa Katalis	Proses ini berlangsung tanpa menggunakan katalis dan reaksi berlangsung pada fase <i>liquid</i> . Apabila Urea dipanaskan sampai pada suhu sekitar 300-330°C (572-625 °F), hasil dari Melamin akan naik sangat cepat sampai lebih dari 90%	100 atm – 200 atm	90-95% melamin	Biuret dan campuran Asam sianurat
Proses pada Tekanan Rendah Menggunakan Katalis	Proses pada tekanan rendah ini berlangsung pada fase uap (300°C-400°C), dan reaksi yang terjadi berlangsungnya dengan bantuan katalis Alumina aktif.	4,5 atm – 7 atm	80-90% melamin	Biuret, Triuret, Asam sianurat, Melamin sianurat, Melam dan Melem.

## 1.4. Sifat Fisika dan Kimia

### 1.4.1. Bahan Baku

#### a. Amonia

Rumus kimia	: $\text{NH}_3$
Berat molekul	: 17,03 gr/mol
<i>Melting point</i>	: -77,74 °C
<i>Boiling point</i>	: -33,35 °C
Bentuk	: Gas
Warna	: Tidak berwarna
Densitas	: 639 kg/m <sup>3</sup>
Temperatur kritis	: 132,4 °C

Tekanan kritis	: 113,1 kg/cm <sup>2</sup> (111,5 atm)
Panas pembentukan	: -10,92 kkal/mol
Panas penguapan	: 5.590 kal/mol
C <sub>p</sub>	: 35,15 + 2,9543. 10 <sup>2</sup> T + 0,4421. 10 <sup>-5</sup> T <sup>2</sup> - 6,686. 10 <sup>-9</sup> T <sup>3</sup> (kkal/ mol °C)

*(Appendix D, Coulson, 1984)*

b. Karbon dioksida

Rumus kimia	: CO <sub>2</sub>
Berat molekul	: 44,01 gr/mol
<i>Melting point</i>	: -56,6 °C (5,2 atm)
<i>Boiling point</i>	: -78,4 °C
Bentuk	: Gas
Warna	: Tidak berwarna
Densitas	: 1,98 kg/m <sup>3</sup>
Temperatur kritis	: 31,1 °C
Panas pembentukan	: -94,05 kkal/mol
Panas penguapan	: 6.030 kkal/mol
C <sub>p</sub>	: 36,11 + 4,233. 10 <sup>-2</sup> T - 2,887. 10 <sup>-5</sup> T <sup>2</sup> + 7,464. 10 <sup>-9</sup> T <sup>3</sup> (kkal/mol °C)

*(Appendix D, Coulson, 1984)*

1.4.2. Produk

a. Melamin (2,4,6 triamine – 1,3,5 triazine)

Rumus kimia	: C <sub>3</sub> N <sub>3</sub> (NH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub>
Berat molekul	: 126,14 gr/mol
<i>Melting point</i>	: 345°C
Bentuk	: Kristal
Warna	: Putih
Densitas	: 1573 kg/m <sup>3</sup>
Kemurnian	: 99,7%
Panas pembentukan	: -71,72 KJ/mol

Entropi pembentukan	: $-835 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$
Energi Gibbs	: $177 \text{ KJ/mol}$
Cp	: $26,0662 + 3,8517 \cdot 10^{-2}T + 0,2844 \cdot 10^{-4} T^2$ $- 0,3327 \cdot 10^{-6} T^3$ (kkal/ mol $^{\circ}\text{C}$ )

*(Ullman, 2002)*