

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri kimia merupakan sektor industri yang sangat penting dan banyak memberikan devisa pada negara. Sejalan dengan kemajuan zaman, maka kebutuhan akan bahan kimia semakin meningkat pula. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, kiranya perlu dibangun industri kimia sendiri agar tidak bergantung pada negara lain. 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. Senyawa ini berbentuk kristal *monocyclic* berwarna putih. Melamin diantaranya digunakan sebagai bahan baku pembuatan melamin resin, bahan sintesa organik, bahan pencampur cat, pelapis kertas, tekstil, *leather tanning* dan lain-lain. Bahan baku yang digunakan pada proses pembuatan melamin adalah urea dan campuran amonia dan karbon dioksida sebagai *fluidizing gas* dengan katalis alumina.

1.1.1 Perkiraan Kebutuhan Melamin di Indonesia

Seiring kemajuan industri-industri dengan bahan baku melamin di Indonesia, seperti *moulding*, *industry adhesive*, *industry surface coating* menyebabkan kebutuhan melamin di Indonesia semakin meningkat. Saat ini di Indonesia memiliki dua pabrik yang memproduksi melamin yaitu :

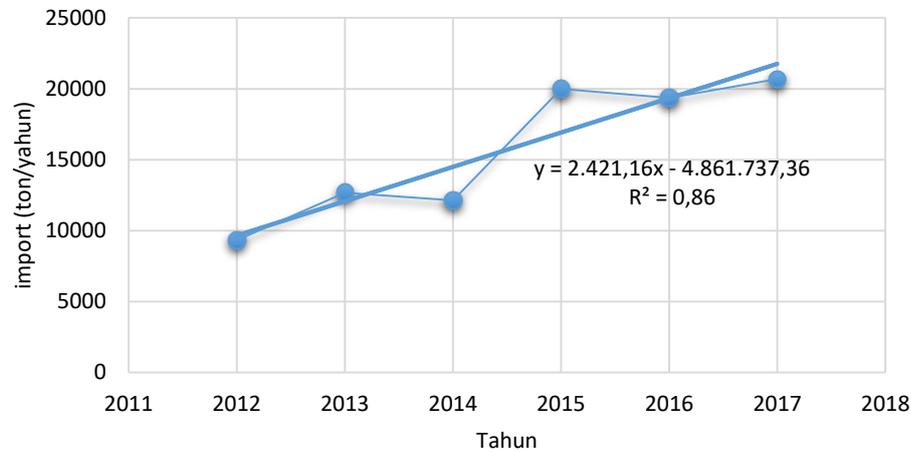
- a) PT. Sri Melamin Rezeki mulai berproduksi pada tahun 1994. Kapasitas design pabrik ini 20.000 ton/tahun. Dengan bantuan pasokan urea dari Pupuk Sriwijaya
- b) PT. DSM Kaltim Melamin mulai berproduksi pada tahun 1996 sebagai hasil kerja sama antara Pupuk Kalimantan Timur tbk dan DSM Holland. Kapasitas design pabrik ini 50.000 ton/tahun.

Untuk memenuhi kebutuhan melamin dalam negeri. Indonesia masih harus mengimpor melamin dari negara-negara lain. Data impor tersebut dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 1. 1 Perkembangan Impor Melamin di Indonesia Pada Tahun 2012-2017

No	Tahun	Impor (ton/tahun)
1	2012	9320.42
2	2013	12668.9
3	2014	12141.1
4	2015	19988.8
5	2016	19361.2
6	2017	20683.6

Sumber : Data Badan Pusat Statistik, 2017



Gambar 1. 1 Perkembangan Impor Melamin di Indonesia Pada Tahun 2012-2017

Pabrik melamin ini direncanakan beroperasi pada tahun 2022. Perkiraan kebutuhan melamin pada tahun tersebut dapat dilihat dari persamaan yang ada pada Gambar 1.1 ($Y = 2421.16x - 4861737.36$). Maka pada tahun 2022 kebutuhan melamin di Indonesia sebesar 31.427 ton/tahun.

1.1.2 Ketersediaan Bahan baku

Bahan baku pembuatan melamin adalah urea, dimana bahan baku tersebut dapat terpenuhi dari dalam negeri. Karena cukup besarnya produksi urea di dalam negeri. Hal tersebut dapat dilihat dari terus meningkatnya jumlah produksi urea pertahun dan besarnya nilai ekspor urea setiap tahunnya. Pabrik-pabrik urea yang ada di Indonesia ditunjukkan pada table 1.2

Tabel 1. 2 Pabrik Urea di Indonesia

No	Nama Pabrik	Lokasi	kapasitas (ton/thn)
1	PT Pupuk Sriwijaya	Palembang,Sulsel	2.262.000
2	PT Pupuk Iskandar Muda	Lhoksumawe,Nad	1.140.000
3	PT Petrokimia Gresik	Gresik,Jatim	460.000
4	PT Pupuk Kujang	Cikampek,Jabar	1.140.000
5	PT Pupuk Kaltim	Bontang,Kaltim	2.980.000

1.1.3 Kapasitas Komersial

Dari data yang ada pada *Ullmans Encyclopedia of Industry Chemistry*, ternyata kapasitas pabrik melamin yang ada di dunia 10.000-90.000 ton/tahun. Tabel 1.3. menunjukan beberapa pabrik melamin yang ada di luar negeri.

Tabel 1. 3 Kapasitas Produksi Perusahaan Melamin di Dunia

No	Negara	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Fed. Rep. Germany	BASF	42.000
2	Netherland	DSM	90.000
3	United States	<i>Melamine Chemical</i>	47.000
4	Austria	<i>Chemie Linz</i>	55.000
5	Italy	Ausind	28.000
6	Japan	Mitsui Toatsu	38.000
7	Polandia	Polimex Cekop	28.000
8	Prancis	Norsolor	15.000
9	Taiwan	Taiwan Fertilizer	10.000

No	Negara	Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
10	Soviet Union	Techmashimport	10.000
11	Saudi Arabia	Safco	20.000
12	China	Sichuan <i>Chemical Works</i>	12.000
13	Korea	Korea <i>Fertilizer</i>	16.000
14	Rumania	Romchim	12.000

Sumber : *Ullmans Encyclopedia of Industry Chemistry*

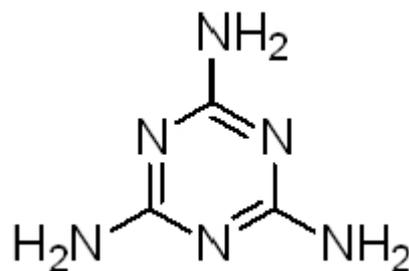
Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada di atas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sedang berjalan (Meyers,1960). Berdasarkan beberapa pertimbangan dari data kebutuhan dalam dan luar negeri,ketersediaan bahan baku dalam negeri dan beberpa referensi kapasitas produksi pabrik melamin. Maka kapasitas awal rancangan pabrik yang akan didirikan sebesar 38.000 ton/tahun.

1.2 Tinjauan Pustaka

Melamin merupakan polimer termoplas yang dapat diperoleh melalui polimerisasi fenol- atau melamin- formaldehida. Fenol dan melamin merupakan senyawa yang berbeda struktur, tetapi memperlihatkan beberapa kesamaan pada sifat kimiawinya yaitu berkaitan dalam hal bereaksi dengan formaldehida baik dalam hal pemrosesan maupun aplikasi polimer-polimer yang terbentuk. Formaldehida merupakan pengawet yang bersifat karesgenik, akan tetapi sifat *toxic* tersebut akan hilang karena telah menjadi satu senyawa, yaitu melamin. Melamin merupakan senyawa berwarna, termasuk dalam kelompok senyawa heterosiklik-basa kuat yang memiliki molekul $C_3H_6N_6$ dengan nama IUPAC 1,3,5-triazine-

2,4,6-triamine, diperoleh dari sintesis sianamida. Melamin banyak digunakan sebagai bahan dasar dalam industri sintatesis resin. Melamin dapat berkondensasi dengan formaldehida membentuk polimer termoplas dengan berat molekul tinggi. Melamin bereaksi dengan formaldehida dalam suasana basa, membentuk melamin metilol, selantjutnya dengan pemanasan dihasilkan resin melamin-formaldehida.

Melamin pertama kali dipelajari oleh Leibig pada tahun 1834. Pada saat itu Leibig mendapatkan melamin dari proses fusi antara potassium thiosianat dengan amonium klorida. Kemudian ditahun 1885 A.W Von Hoffman mempublikasikan struktur molekul melamin, sebagai berikut :



Gambar 1. 2 rumus Struktur Melamin

Saat ini Melamin banyak dijumpai pada aplikasi industri untuk proses produksi resin melamin formaldehida.

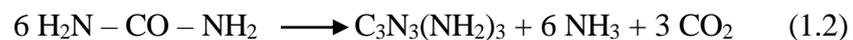
Pada sekitar tahun 1960, melamin diproduksi dari dicyanamid. Proses ini berlangsung dalam *autoclave* pada tekanan 10 MPa dan suhu 400°C dengan adanya gas amoniak, sesuai persamaan berikut ini (Ullman's.2002) :



Pada awal tahun 1940, Mackay menemukan bahwa melamin juga bisa disintesa dari urea pada suhu 400°C dengan atau tanpa katalis. Sejak saat itu melamin mulai diproduksi dengan bahan baku urea. Pada akhir *decade* 1960, penggunaan dicyanamid sebagai bahan baku mulai dihentikan (*Ullman's, 1990*).

1.2.1 Macam-macam Proses

Melamin dapat disintesa dari urea pada suhu 350°C – 400°C dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Reaksinya bersifat endotermis membutuhkan 629 kJ per mol melamin. Secara garis besar proses pembuatan melamin dapat diklasifikasikan menjadi 2 :

1. Proses tekanan rendah dengan menggunakan katalis
2. Proses tekanan tinggi (≥ 8 MPa) tanpa menggunakan katalis

Masing-masing proses terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap sintesa, *recovery* dan pemurnian serta pengolahan gas buang.

1. Proses Tekanan Rendah Dengan Menggunakan Katalis

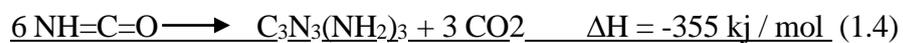
Proses tekanan rendah dengan katalis menggunakan reaktor *fluidized bed* pada tekanan atmosferik sampai 1 MPa pada suhu 390 – 410 °C. Sebagai *fluidizing gas* digunakan amoniak murni atau campuran antara amoniak dan karbondioksida yang terbentuk selama reaksi. Katalis yang digunakan yaitu silika dan alumina.

Melamin meninggalkan reaktor berupa gas bersama dengan *fluidizing gas*. Kemudian dipisahkan dari amonia dan karbondioksida dengan

quenching gas atau menggunakan air (yang diikuti dengan kristalisasi) atau sublimasi.

Pada proses menggunakan katalis, langkah pertama adalah dekomposisi urea menjadi asam isosianat dan amonia kemudian diubah menjadi melamin.

Mekanisme Reaksi :



(Ullman's, 2002)

Yield yang diperoleh adalah 90-95%. Ada 4 proses pada tekanan rendah yaitu :

a) Proses BASF (*Badische Anilin and Soda Fabric*)

Proses BASF adalah proses satu *stage*, tekanan rendah, dengan katalis proses fase uap. Lelehan Urea adalah umpan pada reaktor *fluidizing bed* pada suhu 395-400°C dan tekanan atmosferik. Katalis yang digunakan adalah alumina dengan *fluidizing gas* berupa amoniak dan karbondioksida. Suhu reaktor dijaga dengan mensirkulasi lelehan garam dengan menggunakan koil pemanas. Produk yang keluar dari reaktor berupa gas terdiri dari campuran melamin, urea yang tidak bereaksi, biuret, amoniak dan karbondioksida. Katalis yang terbawa aliran gas ditahan pada siklon separator dalam reaktor. Campuran gas

tersebut didinginkan dalam *cooler* sampai temperatur *dew point* campuran gas produk.

Campuran gas kemudian masuk *desublimer* lalu bercampur dengan *off gas* yang telah direcycle pada temperatur 140°C hingga berbentuk Kristal melamin. Lebih dari 98% melamin dapat mengkristal. Kristal melamin yang dihasilkan dipisahkan dari campuran gas dengan menggunakan siklon. Gas *recycle* dari siklon dialirkan ke *scrubber* atau *washing tower* untuk mengambil urea yang tidak beraksi, dan gas digunakan sebagai *fluidizing gas* pada reaktor dan media pendingin pada *desublimer*. Proses ini dapat menghasilkan melamin dengan kemurniaan 99,9%.

b) Proses *Chemie Linz*

Proses ini ada dua tahap, tahap pertama yaitu *molten urea* terdekomposisi dalam *Fluidized Sand Bed Reactor* sehingga menjadi amoniak dan *isocyanic acid* pada kondisi suhu 350°C dan tekanan 0,35 MPa. Amoniak digunakan sebagai *fluidizing gas*. Panas yang dibutuhkan untuk dekomposisi disuplai ke reaktor oleh lelehan garam panas yang disirkulasi melalui koil pemanas. Aliran gas kemudian diumpankan ke *fixed bed* reaktor dimana *isocyanic acid* dikonversi menjadi melamin pada suhu 450°C dan tekanan mendekati tekanan atmosfer. Melamin dipisahkan dari hasil reaksi yang berupa fase gas melalui *quenching* dengan menggunakan air *mother liquor* yang berasal dari *centrifuge*. Suspensi melamin dari *quencher* didinginkan lalu

dikristalisasi menjadi melamin. Setelah di *centrifuge*, Kristal dikeringkan dan dimasukkan ke penyimpanan.

c) Proses *Stamicarbon*

Seperti pada proses BASF, proses DSM stamicarbon menggunakan reaktor satu *stage*. Proses berlangsung pada tekanan 0,7 Mpa, dengan *fluidizing gas* berupa amoniak murni. Katalis yang digunakan berupa alumina dan *silica*.

Lelehan urea diumpankan kedalam reaktor bagian bawah. Katalis silica alumina difluidisasi oleh amoniak yang masuk ke reaktor bagian bawah dari reaktor *fluidized bed*. Reaksi dijaga pada suhu 400°C dengan mensirkulasikan lelehan garam melewati koil pemanas dalam bed katalis.

Melamin yang terkandung dalam campuran zat keluaran reaktor kemudian di *quenching*. Pertama dalam *quench cooler* kemudian dalam scrubber untuk di srub dengan *mother liquor* dari *centrifuge*. Dari scrubber, *suspense* melamin dialirkan kedalam kolom KO drum dimana sebagian dari amoniak dan CO₂ terlarut dalam *suspense* dipisahkan, lalu campuran gas ini dialirkan ke absorber dan akan membentuk ammonium karbamat dari KO drum kemudian produk dialirkan ke mixing vessel dan dicampur dengan dengan karbon aktif. Kemudian dimasukkan dalam precoat filter kemudian airnya diuapkan dalam evaporator, kemudian dikristaliser dan pemisahan dari *mother liquirnya* oleh *centrifigue*.

d) Proses *Osterreichische stickstoffwerke* (OSW)

Dalam proses ini dibagi menjadi 2 tahapan yaitu :

1. Terdekomposisinya urea dalam reaktor unggun terfluidisasi (*Fluidized Bed Reactor*)
2. Terbentuknya melamin dalam *Fixed Bed Catalytic* Reaktor Urea yang yang digunakan dalam pembuatan melamin terbentuk butiran-butiran kecil (*prilled urea*) dengan kemurnian 99,3%.

2. Proses Tekanan Tinggi Tanpa Menggunakan Katalis

Reaksi yang terjadi pada tekanan tinggi dengan tekanan lebih dari 7 Mpa dan suhu yang digunakan lebih dari 370°C.

Secara umum, lelehan urea dimasukan dalam reaktor menjadi campuran lelehan urea dan melamin. Proses ini menghasilkan melamin dengan kemurnian >94%. Panas yang dibutuhkan untuk reaksi disupply dengan *electric heater* atau *system heat transfer* dengan menggunakan lelehan garam panas.

Mekanisme reaksi yang terjadi sebagai berikut :



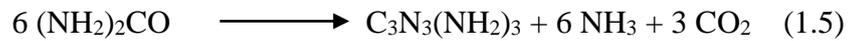
urea *cyanic acid*



cyanuric acid



Melamin



Pada proses dengan tekanan tinggi dikenal ada 3 macam proses, yaitu :

a) Proses Melamin *Chemical Proses*

Proses ini menghasilkan melamin dengan kemurnian 96 – 99,5 %. *Molten urea* yang dikonversi mejadi melamin dalam reaktor tubuler pada suhu 370 - 425°C dan tekanan 11 – 15 MPa, liquid melamin dipisahkan dari *off gas* dalam gas separator dimana produk melamin akan terkumpul dibagian bawah. Produk yang keluar *diquenching* dengan NH₃ cair pada unit pendingin, konversi yang dihasilkan adalah 99,5%. *Molten urea* diumpankan ke reaktor pada suhu 150°C. Campuran hasil reaksi meninggalkan reaktor masuk ke *quencher* kemudian *diquenching* dengan amoniak cair dan CO₂ untuk mengendapkan melamin. Amoniak dan CO₂ terpisah dibagian atas *quencher* *direcycle* ke pabrik urea.

b) Proses Mont Edison

Proses ini berlangsung pada suhu 370°C dan tekanan 7 MPa. Panas reaksi disuplai dengan *system* pemanasan menggunakan lelehan garam. Hasil reaksi yang dihasilkan kemudian *diquenching* dengan amoniak cair dan CO₂ untuk

mengendapkan melamin, sedangkan gas CO₂ dan NH₃ direcycle ke pabrik urea. (Ullman's,2002)

c) Proses Nissan

Proses nissan berlangsung pada suhu 400°C dan tekanan 10 Mpa. Produk melamin yang dihasilkan didinginkan dan diturunkan tekanannya dengan larutan ammonia, setelah melalui proses pemisahan produk melamin dikeringkan dengan *prilling* sehingga diperoleh melamin serbuk. (Ullman's,2002)

Tabel 1. 4 Pertimbangan Macam-macam Proses

No	Pertimbangan	Proses (Tekanan Rendah Menggunakan Katalis)			
		BASF	Chemie Linz	Stamicarbon	OSW
1	Bahan Baku	Urea	Urea	Urea	Urea
2	Reaktor	<i>Fluidized Bed</i>	<i>Fluidized Bed</i>	<i>Fluidized Bed</i>	<i>Fixed Bed Catalytic Reactor</i>
3	Suhu	395-400°C	350°C	400°C	-
4	Konversi	99,90%	99,80%	99,30%	99,30%
5	Tekanan	3 atm	3,45 atm	7 atm	-

Tabel 1. 5 Pertimbangan Macam-macam Proses

No	Pertimbangan	Proses (Tekanan Tinggi Tanpa Menggunakan Katalis)		
		<i>Melamine Chemical Process</i>	Montedison	Nissan
1	Bahan Baku	Urea	Urea	Urea
2	Reaktor	<i>Fluidized Bed</i>	<i>Fluidized Bed</i>	<i>Fluidized Bed</i>
3	Suhu	370-425°C	370°C	400°C
4	Konversi	96-99,5%	-	-
5	Tekanan	11-15 Mpa	7 Mpa	10 Mpa

1.2.2 Metode Proses

Dalam pra rancangan pabrik ini menggunakan proses BASF (*Badische Anilin and Soda Fabric*) dikarenakan beberapa alasan dan keunggulan dibandingkan dengan metode lain, yakni :

1. Proses BASF berjalan pada tekanan rendah, dibandingkan dengan proses tekanan tinggi. Proses BASF dengan tekanan rendah ini lebih aman dan lebih mudah dalam pengontrolan.
2. Kemurnian yang dihasilkan pada proses BASF ini adalah 99,9%. Dibandingkan dengan proses tekanan rendah lainnya yang hanya menghasilkan kemurnian produk 99,3% sampai 99,8%.

1.2.3 Kegunaan Produk

Kegunaan melamin diantaranya adalah digunakan sebagai bahan baku pembuatan melamin resin, bahan sintesa organik, *leather tanning* dan lain-lain. Berikut beberapa industri yang menggunakan melamin :

1. Industri *Moulding*
Merupakan industri yang diantaranya menghasilkan alat rumah tangga.
2. Industri *Adhesiv*
Merupakan industri yang memproduksi *Adhesiv* untuk keperluan industri *woodworking* seperti industri *pollywood* , seperti *blackboard*, industri *particleboard*.
3. Industri Laminasi
Industri yang menghasilkan *furniture*
4. Industri *surface coating*

Adalah industri yang menghasilkan cat, *thinner*, dempul

