



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Melamin adalah suatu bahan kimia dengan rumus $C_3H_6N_6$ dikenal dengan nama 2-4-6 triamino 1-3-5 triazine. Pada pra rancangan pabrik ini digunakan bahan baku urea. Melamin mempunyai banyak kegunaan diantaranya adalah sebagai bahan baku pembuatan melamin resin, bahan pencampur cat, pelapisan kertas, tekstil, dan lain-lain.

Kebutuhan melamin di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat dengan berkembangnya industri-industri kertas, cat, dan tekstil. Selain itu melamin baru sedikit diproduksi dalam negeri sehingga untuk mencukupinya harus di datangkan dari luar negeri.

Pendirian pabrik melamin ini dapat mengurangi impor dalam negeri selain itu keuntungan lainnya bahan bakunya pun langsung tersedia oleh pabrik yang ada di dalam negeri. Keuntungan yang lainnya hal ini dapat membantu pemerintah dalam mengatasi masalah tenaga kerja dan sekaligus dapat mendukung berkembangnya industri-industri yang ada di Indonesia.

Kebutuhan bahan baku merupakan faktor yang sangat penting demi kelangsungan produksi. Harga dari melamin US\$ 50/kg sedangkan harga bahan baku US\$ 0,384/kg. Kebutuhan urea dapat dipenuhi oleh PT Pupuk Kujang Cikampek.

Dengan pertimbangan diatas maka direncanakan pendirian pabrik melamin baru di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan pasar melamin dalam negeri perlu didirikan.

1.2 Kapasitas Rancangan

Menentukan kapasitas pabrik melamin dengan berbagai pertimbangan sebagai berikut ini:

1. Perkiraan kebutuhan melamin di Indonesia



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

a. PT. DSM Kaltim Melamin

PT. DSM Kaltim Melamin mulai beroperasi pada tahun 1996, sebagai hasil kerja sama antara Pupuk Kalimantan Timur Tbk dengan DSM Holland. Kapasitas design pabrik ini 40.000 ton/ tahun dan telah dinaikkan menjadi 50.000 ton / tahun.

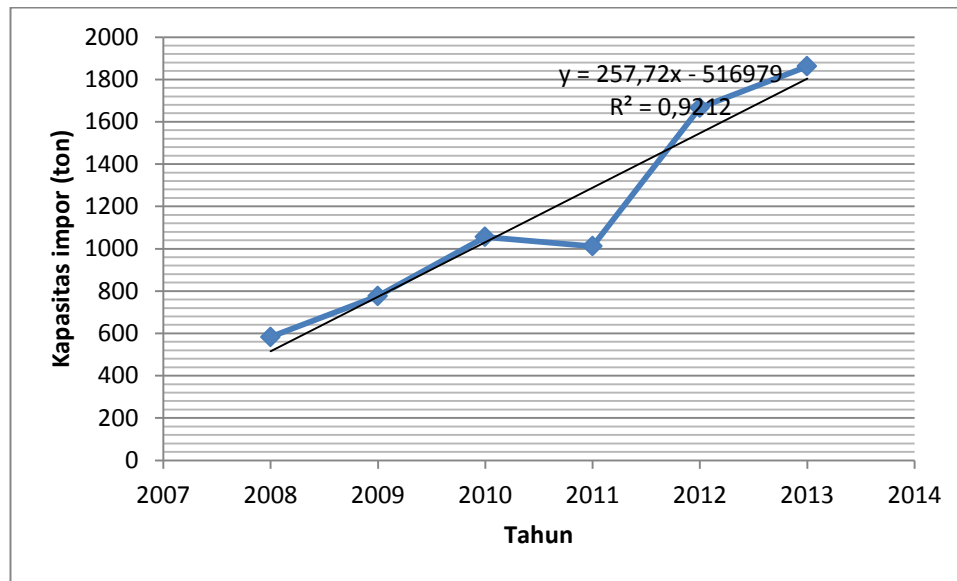
b. PT. Sri Melamin Rejeki (SMR)

PT SMR mulai memproduksi pada tahun 1994 dengan kapasitas 20.000 ton/ tahun. Pabrik ini mendapat pasokan bahan baku dari PT Pupuk Sriwijaya Palembang.

Sampai saat ini kebutuhan melamin yang belum dapat dipenuhi oleh produksi dalam negeri, masih mengimpor dari negara lain. Berikut data impor melamin dari tahun 2008 sampai 2013

Tabel 1. Perkembangan Impor Melamin Indonesia 2008-2013 (Badan Pusat Statistik, 2013)

Tahun	Impor (ton)
2008	582,694
2009	776,702
2010	1055,739
2011	1011,757
2012	1665,736
2013	1862,081



Gambar 1. Kapasitas Impor Melamin

Berdasarkan data pada tabel 1 maka dapat dihitung jumlah melamin yang harus diimpor pada tahun 2020, $y = 257,7x - 51697$, maka pada tahun 2020 didapatkan kebutuhan melamin sebesar 468.857 ton/tahun.

2. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku dari pembuatan melamin yaitu urea, dapat dipenuhi dari dalam negeri dimana produksi urea di Indonesia cukup besar.

3. Kapasitas Komersial

Berdasarkan data (Ullman, 2003). Tabel 2 menunjukkan beberapa produsen melamin yang telah beroperasi di dunia.

Tabel 2. Kapasitas Produksi Perusahaan Melamin di Dunia (Ullman, 2003)

Negara	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
Fed. Rep. Germany	BASF	42.000
Netherland	DSM	90.000
United Sates	<i>Melamine Chemical</i>	47.000
Japan	<i>Mitsui Toatsu</i>	38.000
Taiwan	<i>Taiwan Fertilizer</i>	10.000



Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas maka ditetapkan pabrik melamin didirikan dengan kapasitas 100.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sisanya untuk diekspor.

I.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat penting dalam perancangan pabrik karena hal ini dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun kelangsungan hidup pabrik tersebut. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat dapat memberikan keuntungan yang maksimal.

Ada beberapa faktor yang secara langsung dapat mempengaruhi tujuan utama dari suatu pabrik, dimana tujuan utama ini meliputi kegiatan produksi dan distribusi produk. Kegiatan produksi dan distribusi produk diatur menurut jenis, kualitas, waktu, dan tempat yang dibutuhkan konsumen dengan tingkat harga yang terjangkau, namun masih memberikan keuntungan bagi pabrik itu sendiri.

Faktor tersebut meliputi:

1. Letak sumber bahan baku

Bahan baku utama pembuatan melamin adalah urea. Bahan baku melamin diperoleh dari PT. Pupuk Kujang di daerah Cikampek, Jawa Barat. Sumber bahan baku merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik, karena hal ini dapat mempengaruhi biaya transportasi dan biaya penyimpanan.

2. Pemasaran produk

Lokasi pemasaran dapat mempengaruhi harga produk. Pendirian lokasi pabrik yang berdekatan dengan pasar utama bertujuan untuk mempermudah pemasaran produk agar segera sampai ke konsumen. Industri yang menggunakan produk Melamin di Pulau Jawa, seperti Jawa Timur, Jawa Barat dan Jawa Tengah, DKI Jakarta sebagai contoh PT. Arjuna Karya Utama yang merupakan produsen bahan perekat, dan lain-lain.



3. Sarana transportasi

Sarana dan prasarana sangat diperlukan untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Fasilitas transportasi yang memadai seperti jalan raya sebagai sarana transportasi darat dan tersedia pelabuhan sebagai sarana transportasi laut dapat mempermudah dalam transportasi bahan baku dan pemasaran produk.

4. Tenaga kerja

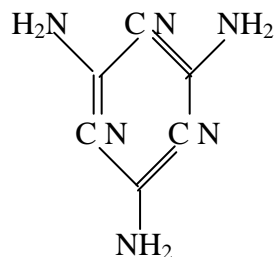
Tenaga kerja yang diperlukan adalah tenaga kerja yang terampil dan diprioritaskan diambil di daerah sekitar pabrik.

5. Utilitas

Utilitas yang utama meliputi air, steam, bahan bakar, dan listrik. Sumber kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PLN dan generator set sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan, sedangkan kebutuhan air untuk proses produksi dapat diperoleh dari sumber air Sungai Parungkadali dan Sungai Cikao.

1.4 Tinjauan Pustaka

Melamin pertama kali dipelajari oleh Leibig pada tahun 1834 (Ullman, 2003). Pada saat itu Leibig mendapatkan melamin dari proses peleburan antara *potassium thiosianat* dengan ammonium klorida. Kemudian pada tahun 1885 A.W Von Hoffman mempublikasikan struktur molekul melamin, sebagai berikut:



Melamin banyak dijumpai pada aplikasi industri untuk proses produksi resin melamin formaldehid. Pada sekitar tahun 1960, melamin diproduksi dari

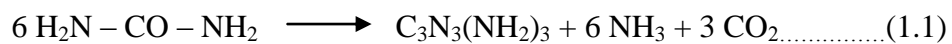


dicyanamid (Ullman, 2003). Proses ini berlangsung didalam *autoclave* pada tekanan 10 MPa dan suhu 400°C dengan adanya gas amoniak.

Pada awal 1940, Mackay menemukan bahwa melamin juga bias disintesa dari urea pada suhu 400°C dengan atau tanpa katalis. Sejak saat itu melamin mulai diproduksi dari bahan baku urea (Ullman, 2003).

1.4.1 Macam-Macam Proses

Menurut Ullman, (2003) melamin dapat disintesa dari urea pada suhu 350 – 400°C dengan persamaan (1.1) berikut ini:



Reaksinya bersifat *endotermis* membutuhkan 629 kJ/mol melamin. Secara garis besar proses pembuatan melamin dapat diklasifikasikan menjadi dua :

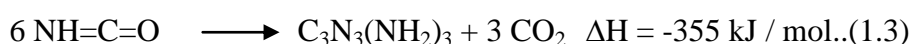
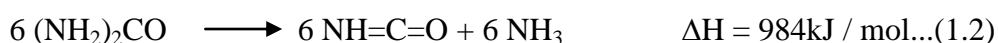
1. Proses tekanan rendah (1MPa) dengan menggunakan katalis.
2. Proses tekanan tinggi (≥ 8 MPa) tanpa katalis.

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

1. Proses Tekanan Rendah dengan Menggunakan Katalis.

Proses tekanan rendah dengan katalis menggunakan *fluidized bed reactor* 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 digunakanya itu silica dan alumina.

Melamin meninggalkan reaktor berupa gas bersama dengan *fluidizing gas*. Kemudian dipisahkan dari amoniak dan karbondioksida dengan *quenching gas* menggunakan air (yang diikuti dengan kristalisasi) atau sublimasi. Langkah pertama adalah dekomposisi urea menjadi asam isosianat dan amoniak kemudian diubah menjadi melamin. Mekanisme Reaksi :



Yield yang diperoleh adalah 90 – 95 %.



Ada tiga proses pada tekanan rendah yaitu:

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

Menurut Ullman, (2003) proses BASF menggunakan reaktor satu stage, dimana lelehan urea diumpankan ke *fluidized bed reactor* pada suhu 395 – 400°C pada tekanan atmosferik. Katalis yang digunakan adalah alumina dengan *fluidizing gas* berupa amoniak dan karbondioksida. Suhu reaktor dijaga dengan menyirkulasi 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 ke kristaliser lalu bercampur dengan *off gas* yang telah direcycle pada temperatur 140°C hingga berbentuk kristal melamin. Lebih dari 98 % melamin dapat mengkristal (Ullman, 2003). 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 bereaksi, dan gas digunakan sebagai *fluidizing gas* pada reaktor dan media pendingin pada kristaliser. Proses ini dapat menghasilkan melamin dengan kemurnian 99,9 %.

b. Proses *Chemie Linz*

Proses ini terdiri dari dua tahap. Tahap pertama yaitu molten urea terdekomposisi dalam *Fluidized Sand Bed Reactor* sehingga menjadi amoniak dan asam isosianat pada kondisi suhu 350°C dan tekanan 0,35 MPa. Amoniak digunakan sebagai *fluidizing gas* panas yang dibutuhkan untuk dekomposisi dialirkan ke reaktor oleh lelehan garam panas yang disirkulasi melalui koil pemanas. Aliran gas kemudian diumpankan ke reaktor *fixed bed* dimana asam isosianat 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*. *Quencher* didesain khusus agar dapat bekerja dengan cepat sehingga mencegah hidrolisis melamin menjadi *ammelid* dan *ammelin*. Suspensi melamin dari *quencher* didinginkan lalu dikristalisasi menjadi melamin. Kemudian 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 silika.

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

Melamin yang terkandung dalam campuran reaksi dari reaktor kemudian di-*quenching* dalam *quench cooler*, kemudian dalam *scrubber* untuk disaring dengan *mother liquor* dari *centrifuge*. Dari *scrubber*, suspensi melamin dialirkan ke dalam *hydrocyclone* dimana sebagian dari amoniak dan CO₂ terlarut dalam suspensi dipisahkan, lalu campuran gas ini dialirkan ke *absorber* dan akan membentuk amonium karbamat, dari *hydrocyclone* kemudian produk dialirkan ke tangki pencampuran untuk dicampur dengan karbon aktif. Kemudian dimasukkan dalam *precoat filter* dan dialirkan ke kristalizer vakum untuk menghasilkan melamin.

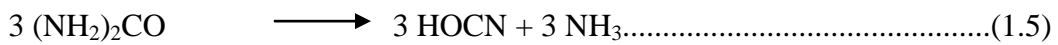
2. Proses Tekanan Tinggi Tanpa Menggunakan Katalis

Reaksi yang terjadi pada tekanan tinggi dengan tekanan lebih dari 7 MPa dan suhu yang digunakan lebih dari 370°C (Ullman, 2003).

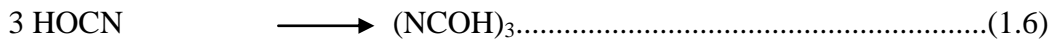
Secara umum, lelehan urea dimasukkan dalam reaktor menjadi campuran lelehan urea dan melamin. Proses ini menghasilkan melamin dengan kemurnian >94 %. Panas yang dibutuhkan untuk reaksi disuplai dengan panas elektrik atau sistem penukar panas dengan menggunakan lelehan garam panas.



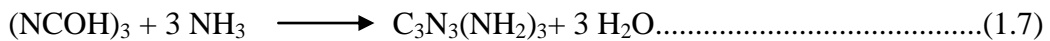
Mekanisme reaksi yang terjadi sebagai berikut :



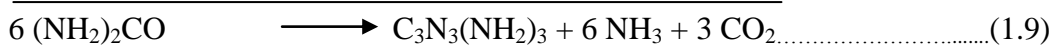
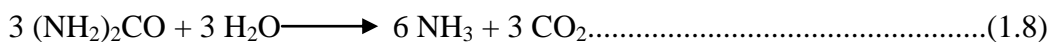
Urea Cyanic acid Amoniak



Cyanic acid Cyanuric acid



melamin



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

a. Proses Melamin Chemicals

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

b. Proses Montedison

Proses ini berlangsung pada suhu 370°C dan tekanan 7 MPa. Panas reaksi disuplai dengan sistem pemanasan menggunakan lelehan garam. Hasil reaksi yang dihasilkan kemudian di-*quenching* dengan NH₃ cair dan CO₂ untuk mengendapkan melamin, sedangkan gas CO₂ dan NH₃ di daur ulang ke pabrik urea.



c. Proses *Nissan*

Proses *Nissan* berlangsung pada suhu 400°C dan tekanan 10 MPa. Produk melamin yang dihasilkan didinginkan dan diturunkan tekanannya dengan larutan amonia, setelah melalui proses pemisahan produk melamin dikeringkan dalam *prilling tower* sehingga diperoleh melamin serbuk.

Pada prarancangan pabrik melamin ini dipilih proses BASF karena memiliki tekanan rendah dan kemurnian produk sebesar 99,9 %.

1.4.2 Kegunaan Produk

Kegunaan melamin diantaranya adalah digunakan sebagai bahan baku pembuatan melamin resin, bahan sintesa organik, penyamakan kulit, dan lain-lain. Berikut beberapa sector industri yang menggunakan bahan baku melamin.

1. Industri *adhesive*

Merupakan industri yang memproduksi *adhesive* untuk keperluan industry *woodworking* seperti industry *plywood*, industry *blackboard*, industry *particleboard*.

2. Industri *moulding*

Merupakan industri yang diantaranya menghasilkan alat keperluan rumah tangga.

3. Industri *surface coating*

Adalah industri yang menghasilkan cat, tiner, dempul.

4. Industri laminasi

Industri yang menghasilkan *furniture*.

Tabel 3 menunjukkan data prosentase penggunaan melamin di beberapa negara maju di dunia.

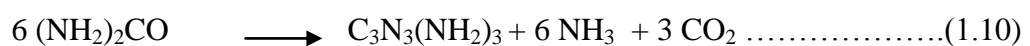
**Tabel 3. Prosentase penggunaan melamin di beberapa negara (Ullman, 2003)**

Kegunaan	Eropa (%)	Amerika Serikat (%)	Jepang (%)
Laminasi	47	35	6
<i>Glue, adhesive</i>	25	4	62
Industri <i>moulding</i>	9	9	16
<i>Coating</i>	8	39	12
Kertas dan tekstil	11	5	3
Lain-lain	-	8	1

1.4.3 Tinjauan Proses

Bahan baku berupa urea *prill* yang dilelehkan pada *Melter* kemudian dialirkan ke tangki penampung. Dari tangki penampung, lelehan urea sebagian digunakan untuk menyerap *off gas* dan sebagian diumpungkan ke reaktor melalui *nozzle*. Katalis yang digunakan adalah alumina, sedangkan media yang digunakan untuk terjadinya fluidisasi digunakan gas daur ulang yang dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu 400°C. Koil pemanas pada reaktor digunakan untuk menjaga suhu reaktor konstan pada suhu 410°C.

Urea yang diinjeksikan melalui *nozzle* akan menguap secara spontan dan akan terjadi reaksi sebagai berikut :



Konversi reaksi sekitar 95 % dan yield proses 93 %. Melamin, urea yang tidak bereaksi, biuret, amoniak dan karbondioksida yang terbentuk keluar reaktor secara bersama-sama. Selama reaksi berlangsung, tidak ada penambahan katalis karena deaktivasi katalis terjadi selama 3 tahun.