



---

---

## BAB II

### SELEKSI DAN URAIAN PROSES

#### II.1 Macam-Macam Proses

Melamin dapat disintesa dari urea pada suhu 390°C - 410°C. Dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



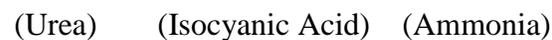
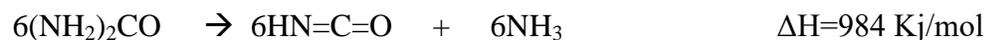
Reaksinya bersifat endotermis membutuhkan 649 kJ per mol melamin dimulai dengan molten urea bersuhu 135°C. Secara garis besar proses pembuatan melamin dapat diklasifikasikan menjadi 2 :

1. Proses tekanan rendah (1 MPa) menggunakan katalis
2. Proses tekanan tinggi ( $\geq 8$  MPa) tanpa menggunakan katalis

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

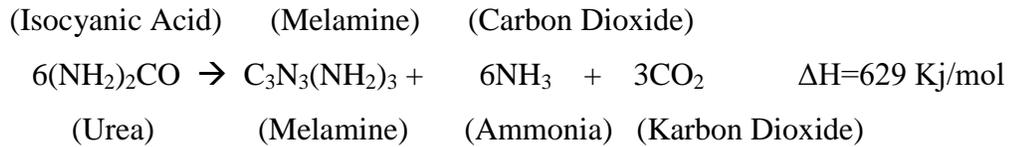
1. Proses tekanan rendah menggunakan katalis

Proses tekanan rendah dengan katalis menggunakan reaktor *fluidized bed* pada tekanan atmosferik sampai 1 MPa pada suhu 390 - 410 °C. Sebagai *fluidizing gas* digunakan amonia murni atau campuran antara amonia dan karbondioksida yang terbentuk selama reaksi. Katalis yang digunakan yaitu katalis silika dan alumina. Melamin meninggalkan reaktor berupa gas bersama dengan *fluidizing gas*. Kemudian dipisahkan dari amonia dan karbondioksida dengan *quenching gas* dengan menggunakan air (yang diikuti dengan kristalisasi) maupun dengan gas reaksi dingin (desublimasi). Pada proses menggunakan katalis, langkah pertama adalah dekomposisi urea menjadi asam isocyanat dan amonia kemudian diubah menjadi melamin.





## PRA RANCANGAN PABRIK “PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”



Yield yang diperoleh adalah 90-95%. Dimasa sekarang, ada 3 proses operasi yang digunakan secara komersial yaitu Proses BASF, Proses Chemie Linz, dan Proses Stamicarbon.

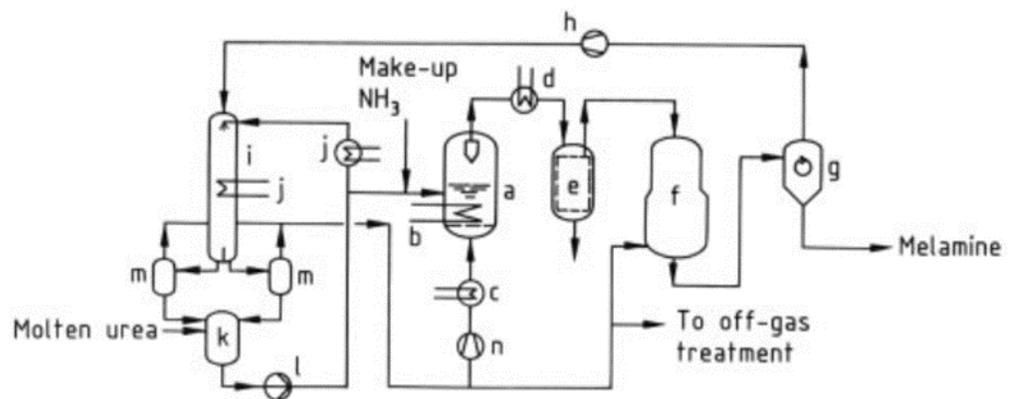
### a. Proses BASF

Proses BASF merupakan proses dengan tahapan tunggal, bertekanan rendah, fase uap katalitik. Lelehan urea diumpankan ke fluidized catalytic bed reactor (FBR) (a) pada suhu 395 - 400 °C dan tekanan atmosferik (sekitar 1 atm - 3 atm). Katalis yang digunakan berupa alumina dengan fluidizing gas berupa campuran NH<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub> (off-gas proses). Suhu reaktor dipertahankan pada 395°C menggunakan coil pemanas (b). Fluidizing gas juga harus dipanaskan awal menjadi 400°C. Produk keluaran reaktor berupa: campuran gas melamin, melem (produk samping) dalam jumlah sangat kecil, urea yang tidak bereaksi, biuret, amonia, dan karbondioksida. Katalis yang terbawa aliran gas yang berukuran lebih kasar dapat ditahan pada cyclone separator yang dipasang di dalam reaktor, sedangkan katalis yang berukuran sangat halus masih dapat terbawa oleh aliran gas produk. Campuran gas produk tersebut didinginkan di dalam gas cooler (d) sampai suhu di mana hanya komponen melem (dan melam) yang mengkristal dan mengendap, yaitu sekitar 360°C. Lalu, endapan melem dalam bentuk bubuk halus dapat dipisahkan bersama dengan bubuk halus katalis yang terikut tersebut di dalam gas filter (e). Alternatif lain, komponen produk samping (melem, melam) dapat ditekan dengan menambahkan gas amonia ekses ke reaktor, sehingga mendorong reaksi samping pembentukan melem dan atau melam dari amonia menjadi reaksi sebaliknya. Campuran gas yang telah tersaring selanjutnya masuk melalui atas desublimer (f) dan bercampur dengan off-gas yang telah di-recycle pada temperatur 140°C.



## PRA RANCANGAN PABRIK “PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”

Suhu desublimasi 190-200°C. Lebih dari 98% melamin mengkristal menjadi kristal halus. Kristal melamin yang terbentuk kemudian dilakukan pemisahan dari campuran gas menggunakan cyclone (g), lalu didinginkan dan disimpan. Proses ini dapat menghasilkan melamin dengan kemurnian 99,9% tanpa treatment lebih lanjut. Gas recycle (hampir bebas melamin) dari cyclone dialirkan ke scrubber (washing tower) di mana gas di-scrub dengan lelehan urea (suhu 135°C), yang berfungsi untuk mendinginkan dan mencuci atau mengambil urea yang tidak bereaksi, kemudian urea dipisahkan dari gas tersebut. Gas yang keluar dari scrubber ( $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ ) digunakan untuk dua tujuan: sebagai fluidizing gas pada reaktor dan sebagai media pendingin (quenching gas) pada desublimasi (Crystallizer). Selebihnya diumpankan ke unit pengolahan off-gas. Reaktor dengan stage Tunggal memiliki keuntungan dalam mengkonversi asam isocyanat yang korosif menjadi melamin. Dan juga panas dari reaksi eksotermis dapat digunakan dalam dekomposisi urea di keadaan endotermis, pada Langkah pertama sintesis melamin.



**Gambar II. 1** Proses BASF

(a) Reaktor; (b) Heating Coils; (c) Fluidizing Gas Pre Heater; (d) Gas Cooler; (e) Gas Filter; (f) Crystallizer; (g) Cyclone; (h) Blower; (i) Urea



## PRA RANCANGAN PABRIK “PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”

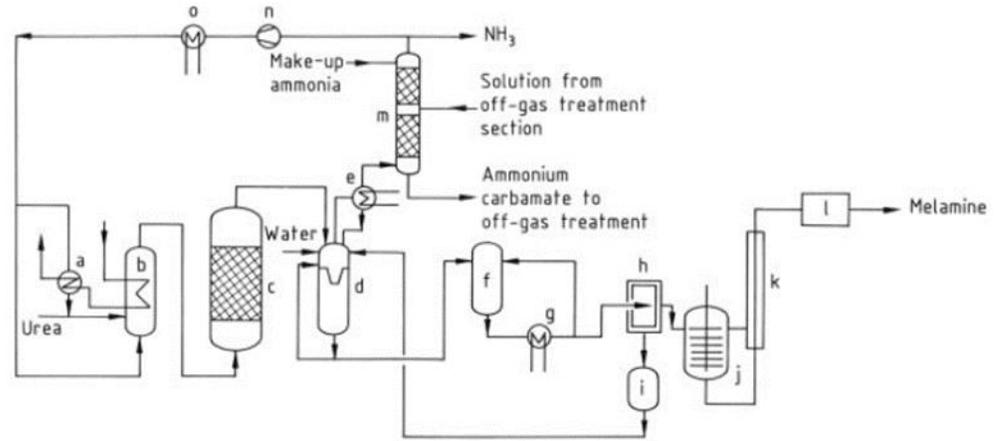
---

---

Washing Tower; (j) Heat Exchanger; (k) Urea Tank; (l) Pump; (m) Droplet Separator; (n) Compressor

### b. Proses Chemie Linz

Proses Chemie Linz adalah proses dua tahap. Pada tahap pertama, urea cair diuraikan dalam *fluidized sand-bed reactor* (b) menjadi amonia dan asam isosianat pada suhu sekitar 350 °C dan 0,35MPa. Amonia digunakan sebagai gas fluidisasi. Panas yang dibutuhkan untuk dekomposisi disuplai ke reaktor oleh garam cair (*hot molten salt*) yang disirkulasikan melalui kumparan pemanas internal. Aliran gas kemudian diumpankan ke *fixed-bed catalytic reactor* (c) di mana asam isosianat dikonversi menjadi melamin pada suhu sekitar 450°C dan tekanan mendekati atmosfer. Melamin dipulihkan dari gas reaksi dengan pendinginan dengan air dan cairan induk dari sentrifugal (h). Pendingin (d) dirancang khusus untuk bekerja dengan cepat, sehingga mencegah hidrolisis melamin yang signifikan menjadi *ammelide* dan *ammeline*. Suspensi melamin dari *quencher* didinginkan lebih lanjut untuk menyelesaikan proses kristalisasi melamin. Setelah disentrifugasi, kristal dikeringkan, digiling, dan disimpan. Langkah rekristalisasi terpisah tidak diperlukan. Gas buang dari *quencher* diumpankan ke *absorber* (m) di mana karbon dioksida dihilangkan sebagai amonium karbamat dengan cara mencuci dengan larutan karbamat tanpa lemak dari bagian pengolahan gas. Gas amonia basah dikeringkan dengan amonia *make-up*. Sebagian dikompresi dan didaur ulang ke pengurai urea, dan sebagian lagi diekspor. Sisa amonia dan karbon dioksida dalam limbah cair kemudian dipulihkan di bagian pengolahan *off-gas*.



**Gambar II. 2** Proses Chemie Linz

(a) Heat Exchanger; (b) Urea Decomposer; (c) Converter; (d) Quencher; (e) Heat Exchanger; (f) Suspension Tank; (g) Heat Exchanger; (h) Centrifuge; (i) Mother-liquor Vessel; (j) Disk Dryer; (k) Elevator; (l) Delumper; (m) CO<sub>2</sub> absorption column; (n) Compressor; (o) Heat Exchanger;

c. Proses Stamicarbon

Seperti proses BASF, proses DSM Stamicarbon hanya melibatkan satu tahap katalitik. Namun, proses ini berbeda dengan proses sebelumnya karena dioperasikan pada 0,7 MPa, gas fluidisasinya adalah amonia murni, katalisnya adalah jenis silika - alumina, dan melamin diperoleh kembali dari gas keluaran reaktor dengan pendinginan air dan rekristalisasi. Lelehan urea dimasukkan ke bagian bawah reaktor (b). Katalis silika - alumina difluidisasi dengan amonia yang dipanaskan (150°C), yang masuk ke dalam reaktor pada dua titik: di bagian bawah reaktor untuk memfluidisasi unggun katalis, dan pada nozel urea untuk mengatomisasi umpan urea. Reaksi dipertahankan pada suhu 400°C dengan menyirkulasikan lelehan (*molten*) garam melalui *heating coils* di dalam *catalyst bed*. Campuran reaksi yang mengandung melamin dari reaktor

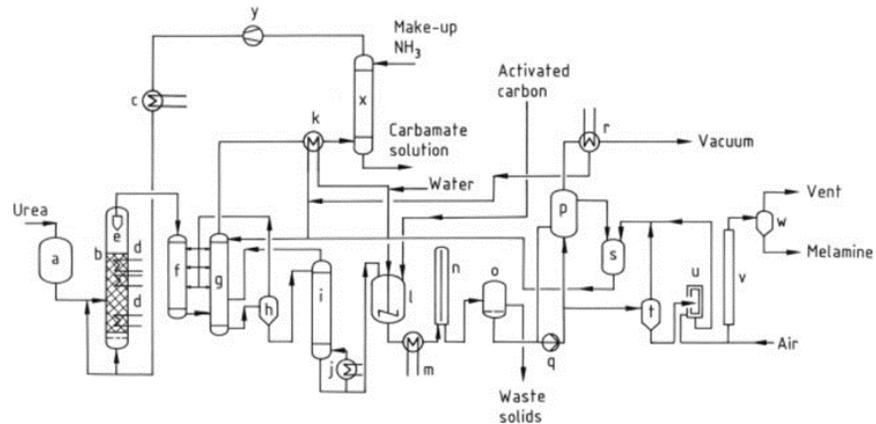


## PRA RANCANGAN PABRIK “PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”

---

dinginkan terlebih dahulu dalam pendingin pendinginan (f) dan kemudian dalam *scrubber* (g) dengan *mother liquor* yang didaur ulang dari bagian kristalisasi. Suspensi melamin yang dihasilkan dipekatkan menjadi ca. 35wt% melamin dalam hidrosiklon (h), setelah itu diumpankan ke kolom desorpsi (i) di mana sebagian amonia dan karbon dioksida yang terlarut dalam suspensi dilepaskan dan dikembalikan ke *scrubber*. Langkah-langkah sebelumnya dilakukan pada tekanan reaksi; untuk tahap-tahap berikutnya, tekanan dikurangi.

Suspensi yang keluar dari bagian bawah desorber diencerkan dengan *mother liquor* dan air yang telah didaur ulang dan dipanaskan sebelumnya. Karbon aktif dan alat bantu penyaring juga dapat ditambahkan. Melamin larut sepenuhnya, meskipun vessel pelarutan terpisah (n) diperlukan untuk memberikan waktu yang cukup untuk pelarutan. Larutan yang dihasilkan disaring dengan menggunakan filter tipe *precoat* (o). Kristalisasi melamin dilakukan dalam alat kristalisasi vakum (p), dan kristal dipisahkan dari larutan induk dengan hidrosiklon (t) dan sentrifugasi (u). Kristal dikeringkan dalam pengering pneumatik dan kemudian dikirim ke tempat produk. Kelebihan amonia harus dipulihkan sebagai gas fluidisasi dari campuran amonia basah - karbon dioksida yang meninggalkan kolom desorpsi dan *scrubber*. Campuran gas panas sebagian terkondensasi melalui pertukaran panas (k) dengan *mother liquor* dari pelarutan melamin. Kondensat dan gas yang tidak terkondensasi kemudian dialirkan pada tekanan 0,7 MPa ke kolom absorpsi (x). Amonia *makeup* cair diumpankan ke bagian atas kolom ini untuk mengembunkan karbon dioksida yang tersisa di dalam gas amonia. Amonia kemudian dikompresi dan didaur ulang sebagai gas fluidisasi dan atomisasi urea untuk reaktor.



**Gambar II. 3** Proses Stamicarbon

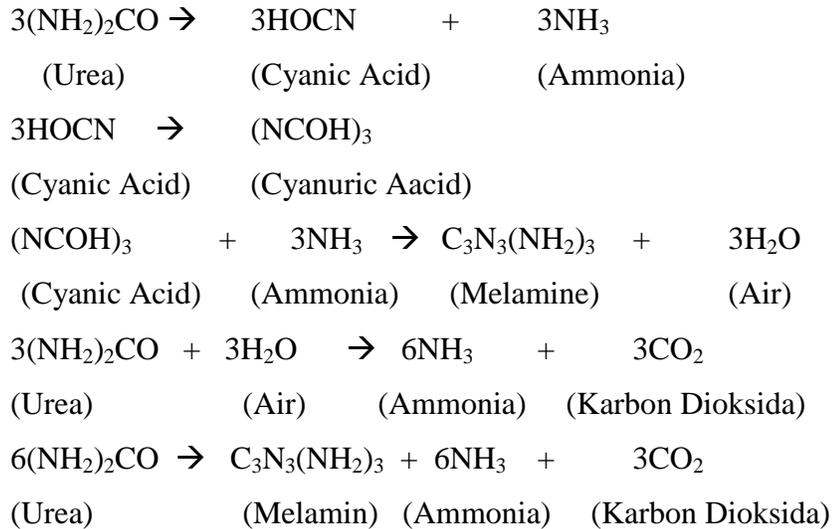
(a) Urea Tank; (b) Reaktor; (c) Preheater; (d) Heating Coils; (e) Internal Cyclone; (f) Quench Cooler; (g) Scrubber; (h) (t) Hydrocyclone; (i) Desorption Column; (j) (k) (m) (r) Heat Exchanger; (l) Mixing Vessel; (n) Dissolving Vessel; (o) Precoal Filter; (p) Vacuum Crystallizer; (q) Pompa; (s) Mother-liquor Vessel; (u) Centrifuge; (v) Pneumatic Dryer; (w) Hydrocyclone; (x) absorption column; (y) Compressor

## 2. Proses tekanan tinggi tanpa menggunakan katalis

Sintesa melamin dengan proses tekanan tinggi berbeda dengan proses tekanan rendah karena memproduksi melamin dalam bentuk cairan dan bukan dalam bentuk atau fase uap. Keuntungannya adalah menyediakan *off-gas* bertekanan tinggi yang lebih cocok untuk digunakan dalam fasilitas sintesis urea. Reaksi bertekanan tinggi terjadi tanpa menggunakan katalis pada tekanan  $> 7$  Mpa dan suhu yang digunakan  $> 370^{\circ}\text{C}$ . Lelehan urea dimasukkan dalam reaktor hingga menjadi campuran lelehan urea dan melamin dan menghasilkan melamin dengan kemurnian  $>94\%$ . Panas yang dibutuhkan untukj reaksi disupply dengan *electric heater* atau *system heat transfer* dengan menggunakan lelehan garam. Mekanisme reaksi yang terjadi sebagai berikut:



PRA RANCANGAN PABRIK  
“PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”



(Ullman, 2016)

Secara umum terdapat 3 proses, yaitu

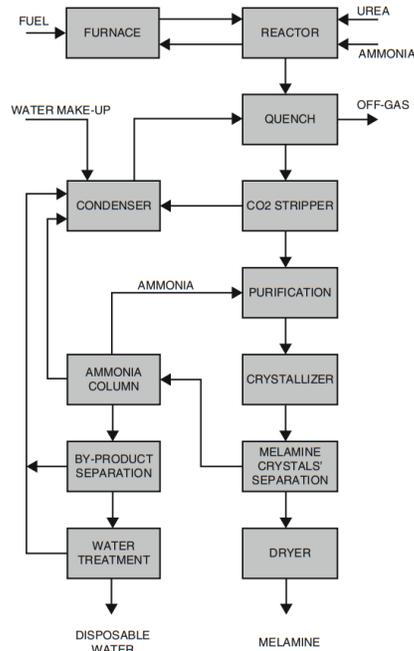
a. Proses *High Pressure Eurotecnica*

Dalam proses tekanan tinggi eurotecnica, reaksi terjadi dalam fase *liquid* (tanpa menggunakan katalis). Kondisi operasi yang dijalankan sekitar 90-150 bar (9-15 Mpa) dan bersuhu 380–450°C. Dalam kondisi ini, urea membentuk *cyanuric acid* yang kemudian bereaksi dengan ammonia untuk membentuk melamin. Pada tahap awal, urea diumpangkan ke reactor untuk dilakukan dekomposisi menghasilkan *intermediate* produk. Kebutuhan pertukaran panas reaksi didapatkan melalui *furnace*. Produk intermediet hasil dekomposisi kemudian bereaksi dengan ammonia untuk membentuk melamin (diperoleh 88-95% melamin dan fase gas lain seperti NH<sub>3</sub> dan CO<sub>2</sub>). Produk yang dihasilkan didinginkan dalam *Quencher* yang bersuhu 210-230°C. Setelah dilakukan pendinginan, produk melamin yang masih terkandung dalam *effluent* hasil keluaran reactor (campuran NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, dan Melamin) dipisahkan dalam *gas separator*. Melamin yang didapatkan kemudian dipurifikasi untuk menaikkan kemurnian dengan tambahan aliran ammonia (Hasil separasi sisa gas ammonia yang masih terkandung setelah tahap kristalisasi).



## PRA RANCANGAN PABRIK “PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”

Melamin dengan kemurnian tinggi kemudian dikeringkan sebagai hasil akhir produk melamin.



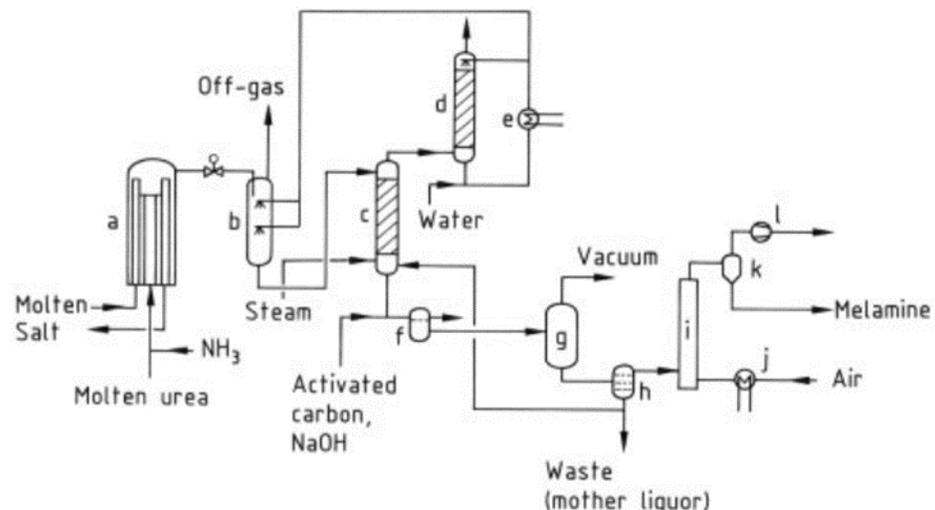
**Gambar II. 4** Proses Eurotecnic

(Kent, 2017)

### b. Proses Montedison (Ausind)

Proses Montedison beroperasi pada suhu 370 °C dan 7 MPa. Suhu yang dibutuhkan dipertahankan oleh sistem pemanas *molten-salt* yang terdiri dari tabung tipe bayonet konsentris. Urea cair pada suhu 150 °C diumpangkan ke reaktor (a) bersama dengan amonia yang telah dipanaskan sebelumnya. Waktu tinggal rata-rata campuran di dalam reaktor adalah sekitar 20 menit. Saat campuran reaksi meninggalkan reaktor, tekanan diturunkan menjadi 2,5MPa, dan campuran tersebut diolah pada suhu 160 °C di dalam *quencher* (b) dengan larutan amonia dan karbon dioksida untuk mengendapkan melamin. Campuran amonia dan karbon dioksida jenuh air yang keluar dari bagian atas *quencher* dapat didaur ulang ke pabrik untuk produksi urea atau pupuk. Bubur melamin encer tetap berada

di dalam quencher pada suhu 160 °C selama beberapa waktu untuk menguraikan urea yang tidak terkonversi dan produk sampingan seperti biuret dan triuret menjadi amonia dan karbon dioksida. Kemudian diumpankan ke *steam stripper* (c), di mana setiap Sisa amonia dan karbon dioksida dihilangkan. Gas yang keluar dari *stripper* dilarutkan dalam air di kolom absorpsi (d) dan larutan ini didaur ulang ke *quencher*. Bubur melamin bebas amonia dan karbon dioksida yang keluar dari bagian bawah *stripper* diencerkan dengan *mother liquor* untuk melarutkan melamin. Natrium hidroksida juga ditambahkan, dan larutannya kemudian dijernihkan dengan karbon aktif (f). Melamin dikristalisasi dari larutan yang telah dijernihkan dalam alat kristalisasi (g) yang dioperasikan secara adiabatik di bawah vakum. Kristal melamin dipisahkan dari *mother liquor* dalam *rotary filter* (h), dikeringkan dalam konveyor pneumatik - pengering (i), dan disimpan.



**Gambar II. 5** Proses Montedison (Ausind)

(a) Reaktor; (b) Quencher; (c) Stripper; (d) Absorption Column; (e) Heat Exchanger; (f) Filter; (g) Vacuum Crystallizer; (h) Filter; (i) Pneumatic Dryer; (k) Cyclone; (l) Blower;



## PRA RANCANGAN PABRIK “PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”

---

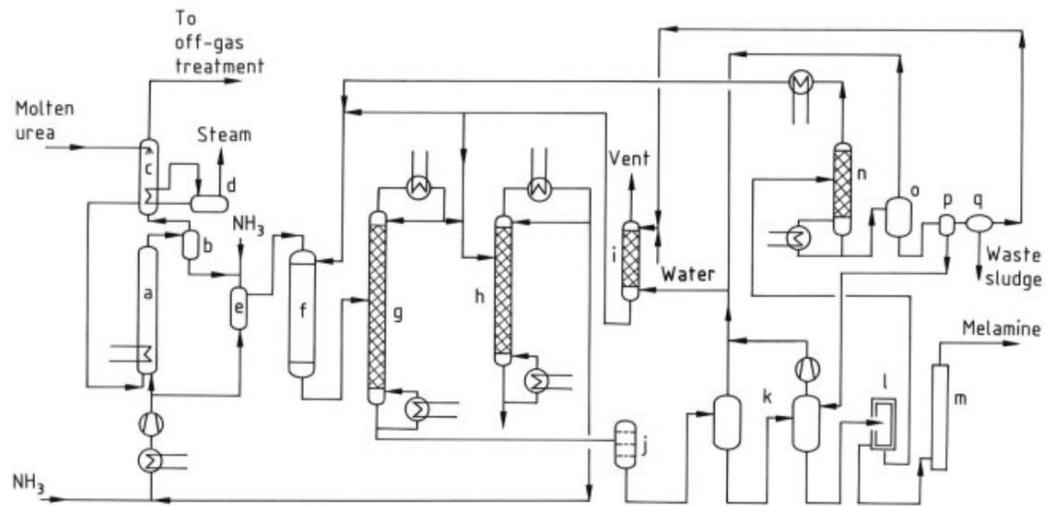
### c. Proses Nissan

Proses Nissan beroperasi pada 10 MPa dan 400 °C. Salah satu ciri khasnya adalah pencucian urea dari gas buang reaktor. Untuk tujuan ini, urea molten juga diberi tekanan hingga 10 MPa dan dilewatkan melalui menara pencucian bertekanan tinggi (c) di mana ia menyerap melamin dan urea yang tidak bereaksi yang ada dalam gas yang keluar dari reaktor. Urea kemudian mengalir ke dalam reaktor (a) secara gravitasi. Amonia juga diumpankan ke reaktor. Di dalam *level tank* (b), efluen dari reaktor dipisahkan menjadi fase gas dan cair. Fase gas melewati menara pencucian urea yang telah dijelaskan sebelumnya ke fasilitas pengolahan *off-gas*. Fase cair sebagian besar terdiri dari melamin cair. Lelehan ini dicampur dengan amonia gas panas dan diumpankan ke *vessel "cushion"* (e) untuk proses *aging* (yaitu, untuk memungkinkan produk sampingan dikonversi menjadi melamin). Setelah *aging*, lelehan melamin didinginkan (f) di bawah tekanan dengan amonia *aqueous*, yang kemudian terlarut. Larutan melamin dengan kadar 20 - 30 % berat yang dihasilkan dipertahankan dalam *quencher* pada suhu 180 °C sampai kotoran yang tersisa terurai. Sebagian besar amonia yang ditambahkan selanjutnya dikeluarkan dari larutan dalam *stripper* amonia (g) (dioperasikan pada 1,5MPa) dan larutan disaring. Amonia yang didapatkan didaur ulang. Kristalisasi terjadi dalam dua alat kristalisasi (k) yang dioperasikan secara seri. Larutan induk dan kristal melamin dipisahkan dalam sentrifugal (l), setelah itu kristal dikeringkan dan dihancurkan sebelum disimpan. Perlakuan lebih lanjut terhadap *mother liquor* dimulai dengan *stripper* amonia (n), di mana oksoaminotriazin mengendap. Oleh karena itu, bubur dari *tower recovery* amonia ini dibasakan sebelum diumpankan ke *crystallizer* ketiga (o) yang beroperasi pada suhu dan tekanan yang lebih rendah. Melamin tambahan mengkristal di sini, dan setelah pemisahan dari cairan (p) dikembalikan ke kristalisasi kedua. Menurunkan pH larutan



PRA RANCANGAN PABRIK  
“PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”

induk menyebabkan oksoaminotriazin mengendap; ini dihilangkan dengan dekantasi (q). Larutan induk yang jernih digunakan untuk menyerap amonia yang keluar dari alat pengkristal dan kemudian didaur ulang ke quencher bersama dengan amonia yang dilepaskan di tower recovery ammonia.



**Gambar II. 6** Proses Nissan

(a) Reaktor; (b) Level Tank; (c) Off-gas washing tower; (d) Stream Drum; (e) Cushion Vessel; (f) Quencher; (g) NH<sub>3</sub> stripper; (h) NH<sub>3</sub> distillation column; (i) Absorber; (j) Filter; (k) Crystallizer; (l) Centrifuge; (m) Pneumatic dryer; (n) Ammonia Recovery Tower; (o) Crystallizer; (p) Separator; (q) Decanter;



PRA RANCANGAN PABRIK  
“PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”

## II.2 Seleksi dan Uraian Proses

### II.2.1 Seleksi Proses

Tabel II. 1 Pertimbangan Proses Tekanan Rendah

No	Pertimbangan	BASF	Chemie Linz	Stamicarbon
1	Bahan Baku	Urea	Urea	Urea
2	Reaktor	<i>Fluidized Bed</i>	<i>Fluidized Sand Bed dan Fixed bed catalytic reactor</i>	<i>Fluidized Bed</i>
3	Suhu	395-400 °C	350 °C	400 °C
4	Tekanan	0,3 Mpa	0,35 Mpa	0,7 Mpa
5	Konversi	90-95%	90-95%	90-95%
6	Kemurnian	99,9%	99%	99%
7	Katalis	Alumina	Alumina	<i>Alumina Silica</i>

Tabel II. 2 Pertimbangan Proses Tekanan Tinggi

No	Pertimbangan	Eurotecnica	Montedison (Ausind)	Nissan
1	Bahan Baku	Urea dan Ammonia	Urea	Urea
2	Reaktor	<i>Plug Flow Reactor</i>	<i>Fluidized Bed</i>	<i>Fluidized Bed</i>
3	Suhu	380–450°C	370 °C	400 °C
4	Tekanan	9-15Mpa	7 Mpa	10 Mpa
5	Konversi	88-95%	90-95%	90-95%
6	Kemurnian	99,5%	>94%	>94%

Dari kedua macam proses tekanan rendah dan tekanan tinggi yang paling menguntungkan adalah proses dengan tekanan rendah karena :

1. Pada proses dengan tekanan tinggi perlu peralatan khusus untuk mengontrol tekanan tinggi



## PRA RANCANGAN PABRIK “PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”

---

2. Urea cair yang dipakai sebagai bahan baku pada proses tekanan tinggi sangat korosif, maka perlu peralatan khusus anti korosif, seperti titanium yang sangat mahal
3. Kemurnian produk dengan tekanan tinggi lebih rendah dibanding dengan tekanan rendah.

Kemudian, dari proses *low pressure* terdapat beberapa pertimbangan dipilihnya proses BASF pada pembuatan melamin ini yaitu karena pada proses Chemie Linz memerlukan proses kompleks dan perlu proses lanjutan agar melamin tidak terhidrolisis, dan pada proses ini juga memerlukan dua reaktor yaitu Fluidized Bed dan fixed bed catalytic reactor. Sedangkan pada proses stamicarbon memerlukan suhu yang lebih tinggi yaitu 400°C untuk dijaga pada saat proses, dan hasil kemurniannya lebih kecil dari proses BASF. Dengan mempertimbangkan keuntungan serta kerugian dari semua proses pembuatan melamin seperti penjelasan sebelumnya, pemilihan proses BASF sangat disarankan dalam perancangan kali ini. Penentuan yang terjadi berdasarkan pada keunggulan dari proses BASF jika disandingkan pada jenis lainnya, dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Melamin yang diperoleh memiliki kemurnian tertinggi dibandingkan dengan proses-proses lainnya (99,9%)
2. Konversi yang dicapai tinggi dan yield yang diperoleh tinggi (90-95%)
3. Mekanisme prosesnya relatif lebih sederhana karena menggunakan satu reaktor fluidized bed reactor (FBR)
4. Biaya investasi relatif lebih rendah dikarenakan tidak membutuhkan alat proses yang sangat banyak dan tidak terbuat dari bahan dasar alat yang mahal
5. Kondisi operasi lebih mudah dicapai (berkisar antara suhu 395-400°C dan tekanan atmosferik (sekitar 0,3 Mpa)



## II.2.2 Uraian Proses

### II.2.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku urea berbentuk prill dengan kemurnian  $\geq 99\%$  disimpan di dalam gudang penyimpanan urea pada suhu ruang dan tekanan atmosfer. Dari gudang penyimpanan, urea kemudian dipindahkan ke silo urea. Dari silo kemudian urea prill diumpankan ke dalam melter untuk dilelehkan pada suhu  $134^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Dari melter lelehan urea lalu dipompa ke holding tank, kemudian dari tangki lelehan urea (holding tank) dialirkan ke dua tempat, yaitu scrubber dan reaktor. Pada scrubber, lelehan urea digunakan untuk men-scrub off gas dengan tujuan mengambil sisa sedikit melamin yang terikut dalam off gas beserta urea yang tidak bereaksi. Keluar scrubber lelehan urea dikembalikan lagi ke holding tank melalui droplet separator bercampur dengan lelehan urea dari melter dan pada reaktor lelehan urea digunakan sebagai umpan masuk untuk di reaksikan.

### II.2.2.1 Tahap Sintesa

Dari tangki lelehan urea pada suhu  $135^{\circ}\text{C}$  dipompa dan diinjeksikan ke reaktor fluidized bed sehingga lelehan urea akan menguap secara spontan dan terdispersi kedalam partikel-partikel katalis yang terfluidisasi karena aliran fluidizing gas dari bawah reaktor. Pada saat lelehan urea menguap secara spontan, saat itulah terjadi proses reaksi. Dari droplet separator, fluidizing gas dialirkan menuju desublimer, reaktor, dan di purge. Gas yang dialirkan menuju desublimer nantinya digunakan sebagai quenching gas. Gas yang menuju reaktor melalui kompresor dinaikkan tekanannya menjadi 3 atm dan melalui pre-heater dipanaskan sampai suhu  $395^{\circ}\text{C}$ , kemudian digunakan sebagai fluidizing gas pada reaktor. Sedangkan gas yang di purge merupakan surplus gas. Reaktor beroperasi pada suhu  $395^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 3 atm menggunakan katalis alumina, dimana reaksi yang terjadi berlangsung secara endothermis. Kebutuhan panas reaksi didapat dari steam yang disirkulasikan menggunakan koil pemanas. Didalam reaktor terjadi penguraian urea menjadi melamin, amonia dan  $\text{CO}_2$ . Konversi yang didapat sebesar 93% dan yield 93%. Gas



## PRA RANCANGAN PABRIK “PABRIK MELAMINE DARI UREA DENGAN PROSES BASF”

hasil reaksi keluar reaktor pada suhu  $395^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 3 atm berupa campuran gas melamin, amonia, karbon dioksida, biuret, dan urea yang tidak bereaksi.

### II.2.2.1 Tahap Recovery dan Purifikasi

Gas hasil reaksi keluar dari reaktor, kemudian didinginkan di gas cooler sampai suhu sekitar  $360^{\circ}\text{C}$ . Gas tersebut kemudian masuk ke gas filter (bag filter) untuk memisahkan gas melamin dari katalis yang masih terikat dan membuang entrainment serta sisanya. Dari gas filter kemudian melewati expansion valve untuk diturunkan tekanannya menjadi 1,5 atm lalu dialirkan ke desublimer dengan suhu desublimer sebesar  $190^{\circ}\text{C}$ . Dalam desublimer gas tersebut dikontakkan dengan off-gas dari scrubber dengan temperature  $140^{\circ}\text{C}$  yang digunakan sebagai pendingin (quenching gas) sehingga gas melamin akan mengkristal. Lebih dari 98% melamin mengkristal dengan kemurnian minimal 99,9%. Kristal melamin dan gas-gas hasil reaksi keluar desublimer pada suhu  $190^{\circ}\text{C}$  dan kemudian dialirkan menuju cyclone. Didalam cyclone terjadi proses pemisahan antara padatan kristal dengan off gas dimana semua kristal yang terbentuk dapat terpisahkan sebagai produk. Gas keluar cyclone sebagai off-gas dialirkan menggunakan blower menuju scrubber untuk nantinya digunakan sebagai fluidizing gas dan quenching gas. Di dalam scrubber terjadi proses pemisahan melalui pengontakkan dengan lelehan urea yang memiliki suhu  $135^{\circ}\text{C}$  sehingga suhu off gas akan turun. Karena penurunan suhu ini maka komponen urea dalam off gas akan ter-scrub oleh lelehan urea. Sedangkan gas-gas yang tidak terscrub akan keluar scrubber yang nantinya digunakan sebagai pendingin (quenching gas) pada desublimer dan digunakan sebagai fluidizing gas pada reaktor.