

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Proses pembuatan melamin dengan metode BASF dengan bahan baku urea dapat dibagi menjadi tiga tahap :

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap separasi produk

3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

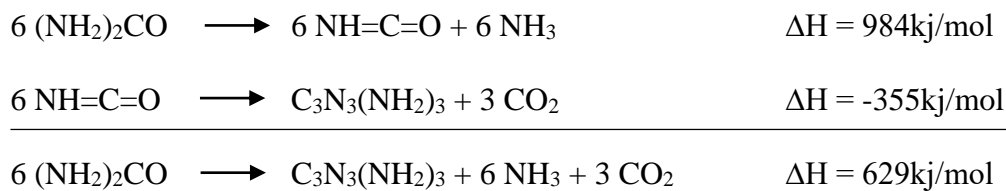
Bahan baku urea berbentuk prill dengan kemurnian 99,3% berat disimpan di silo penyimpanan urea pada suhu kamar dan tekanan 1 atm. Dari silo penyimpanan kemudian urea prill diumpankan ke dalam *melter* untuk dilelehkan pada suhu 140°C dan tekanan 1 atm. Pada kondisi ini urea akan meleleh dan kandungan airnya akan menguap.

Dari *melter* lelehan urea lalu dipompa ke *holding tank*, kemudian dari tangki lelehan urea dialirkan ke dua tempat, yaitu *scrubber* dan reaktor. Pada *scrubber* lelehan urea digunakan untuk men-*scrub off gas* untuk megambil sisa melamin yang terikut dalam *off gas*. Keluar *scrubber* lelehan urea dikembalikan lagi ke *holding tank* melalui *droplet* separator dan bercampur dengan lelehan urea dari *melter* dan digunakan sebagai umpan pada reaktor.

3.1.2 Tahap Reaksi

Dari tangki lelehan urea pada suhu 140°C dipompa dan diinjeksikan ke reaktor *fluidized bed* melalui beberapa nozzle pada reaktor sehingga lelehan urea akan menguap secara spontan dan terdispersi kedalam partikel-partikel katalis yang terfluidisasi karena aliran dari *fluidizing gas* dari bawah reaktor.

Pada saat lelehan urea menguap secara spontan, saat itulah terjadi proses reaksi dengan reaksi sebagai berikut :



Fluidizing gas adalah campuran gas amonia dan karbondioksida diperoleh dari *off gas* yang dihasilkan dari hasil reaksi pembentukan melamin yang dipisahkan dalam *scrubber*. Dari *scrubber fluidizing gas* dialirkan dengan kompresor menuju *desublimer* dan *heater*. Gas yang dialirkan menuju *desublimer* nantinya digunakan sebagai *quenching gas*. Sedangkan gas yang menuju *heater* dipanaskan sampai suhu 400°C dan tekanan 3,2 atm, kemudian digunakan sebagai *fluidizing gas* pada reaktor.

Reaktor beroperasi pada suhu 395°C dan tekanan 3 atm menggunakan katalis alumina, dimana reaksi yang terjadi berlangsung secara endothermis. Kebutuhan panas reaksi didapat dari lelehan garam yang dialirkan melalui *coil* didalam reaktor. Didalam reaktor terjadi penguraian urea menjadi melamin, amonia dan CO₂. Konversi yang didapat sebesar 95% dan yield 95%. Gas hasil reaksi keluar reaktor

pada suhu 395°C dan tekanan 2,9 atm berupa campuran gas melamin, amonia, CO₂, biuret dan urea yang tidak bereaksi

3.1.2 Tahap Separasi Produk

Gas hasil reaksi keluar dari reaktor, kemudian didinginkan di *heat exchanger* sampai suhu 310°C. Gas tersebut kemudian masuk ke *filter* gas untuk memisahkan gas melamin yang diinginkan dan membuang gas sisanya. Dari *filter* gas dialirkan ke *desublimer*. Dalam *desublimer* gas tersebut dikontakkan dengan *off gas* dari *scrubber* digunakan sebagai pendingin (*quenching gas*) sehingga gas melamin akan mengkristal. Melamin yang mengkristal sebanyak 99% dengan kemurnian 99,9%. Kristal melamin dan gas-gas hasil reaksi keluar *desublimer* pada suhu 200°C. Kemudian dialirkan menggunakan *pneumatic conveyor* menuju *cyclone*. Didalam *cyclone* terjadi proses pemisahan antara padatan kristal dengan *off gas* dimana semua kristal yang terbentuk dapat terpisahkan sebagai produk. Kristal melamin yang masih mempunyai suhu 200°C ini didinginkan didalam *belt conveyor* tertutup dengan udara pendingin sampai suhu 40°C, kemudian disimpan didalam silo untuk selanjutnya dilakukan *packaging* dan *bagging*, lalu disimpan didalam gudang dan siap untuk dipasarkan.

Gas keluar *cyclone* sebagai *off gas* sebagian dialirkan menggunakan blower menuju *scrubber* untuk nantinya digunakan sebagai *fluidizing gas* dan *quenching gas*. Di dalam *scrubber* terjadi proses pemisahan dikontakkan dengan lelehan urea yang memiliki suhu 147°C sehingga suhu *off gas* akan turun sampai 152°C. Karena penurunan suhu ini maka komponen yang *condensable* dalam *off gas* sebagian besar akan mengembun dan ter-*scrub* oleh lelehan urea. Sedangkan gas yang tidak ter-

scrub akan keluar *scrubber* yang nantinya digunakan sebagai pendingin pada *desublimer* dan sementara digunakan sebagai *fluidizing gas* pada reaktor.

3.2 Spesifikasi Alat/Mesin Produk

3.2.1 Spesifikasi Alat Besar

1. MELTER

Kode	: M-01
Fungsi	: Mencairkan (melelehkan) bahan baku (urea)
Jenis	: Silinder tegak dengan <i>flat blade</i> turbin <i>impellers</i>
Diameter dalam (ID)	: 1,209 m
Diameter luar (OD)	: 1,219 m
Tekanan design	: 31,73 psi
Bahan	: <i>Carbon Steel</i>
Tebal shell	: 0,1875 in
Tinggi total	: 2,44 m
Harga	: Rp 35.120.120

2. TANGKI

Kode	: T-01
Fungsi	: Menyimpan bahan baku urea <i>melt</i> sementara (3 jam) pada $T = 140^{\circ}\text{C}$ dan $P = 1 \text{ atm}$

Jenis	: <i>Cylindrical Vessel</i>
Diameter tangki	: 3,048 m
Tinggi tangki	: 3,66 m
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel type SA 283 grade C</i>
Tebal Tangki	: 0,25 in
Harga	: Rp 413.031.113

3. REAKTOR

Kode	: R-01
Fungsi	: Mereaksikan urea menjadi melamin, CO ₂ dan NH ₃
Tipe	: <i>Fluidized bed reactor</i>
Jumlah	: 1 buah
Tinggi total	: 6,199 m
Total <i>Disengaging Head</i>	: 1,840 m
Tinggi <i>zone</i> reaksi (Lt)	: 4,13 m
Tinggi <i>head</i> bawah (Lh)	: 0,230 m
Diameter <i>Freeboard</i> (Df)	: 1,42 m
Diameter <i>zone</i> reaksi (Dt)	: 0,920 m

Tebal	: 0,30 in
Bahan	: <i>Plate steel SA 129 grade B</i>
Kondisi Operasi	: 3 atm, 395°C
Harga	: Rp 13.788.978.080

4. CYCLONE DALAM REAKTOR

Kode	: CY-01
Fungsi	: Memisahkan partikel padatan yang terikut pada gas hasil reaksi
Tipe	: <i>Internal cyclone</i>
Diameter partikel, min	: 0,0214 μm
Tinggi	: 0,573 m
Diameter luar	: 0,254 m
<i>Pressure Drop</i>	: 12,8 lb/ft^2
Harga	: Rp 19.601.366

5. FILTER

Kode	: F-01
Fungsi	: Menyaring katalis pada gas yang diumpankan ke desublimer sebanyak 159,456 kg/jam

Diameter <i>bag</i>	: 0,2032 m
Panjang <i>bag</i>	: 2,4384 m
Jumlah <i>bag</i>	: 1 buah
<i>Pressure Drop</i>	: 2,273 inH ₂ O
Bahan	: <i>Carbon steel</i>
Harga	: Rp 50.259.913

6. DESUBLIMER / CRYSTALLIZER

Kode	: Ds-01
Fungsi	: Mengkristalkan melamin
Tipe	: CSTC (<i>Continue Stirred Tank Crystallizer</i>)
Diameter tangki	: 2,49 m
Diameter <i>head</i>	: 2,49 m
Tinggi <i>Shell</i>	: 3,73 m
Tinggi <i>Head</i>	: 0,25 m
Tinggi total	: 4,23 m
Tebal <i>Shell</i> tangki	: 0,32 m
Tinggi Pengaduk dari dasar	: 0,75 m
Panjang daun pengaduk	: 0,16 m

Lebar *baffle* : 0,15 m

Luas permukaan perpindahan panas : 120,91 ft²

Bahan : *Carbon steel*

Harga : Rp 1.609.795.722

7. CYCLONE

Kode : CY-01

Fungsi : Memisahkan padatan (melamin) dan gas (urea, biuret, amonia dan karbondioksida)

Tinggi : 1,2068 m

Diameter bawah (Hc) : 0,1508 m

Diameter partikel min (Jc): 0,0754 m

Jumlah : 1 buah

Pressure Drop : 0,0184 atm

Bahan : *Carbon steel, SA-204 grade C*

Harga : Rp 26.135.155

8. SCRUBBER

Kode : SC-01

Fungsi : Mencuci Urea *melt* untuk di kembalikan ke tangki

Diameter	: 18,47 in
Tinggi	: 0,9395 m
Tebal	: 0,0047 m
Bahan	: <i>Carbon steel</i>
Harga	: Rp 714.721.607

9. SEPARATOR

Kode	: SP-01
Fungsi	: Memisahkan cairan dan uap sebelum masuk reaktor
Type	: <i>Silinder Vertical</i>
Bahan	: <i>Carbon steel</i>
Volume	: 1,0643 m ²
Diameter	: 1,5240 m
Tinggi	: 2,5570 m
Tebal <i>shell</i>	: 0,0047 m
Tebal <i>head</i>	: 0,0044 m
Harga	: Rp 512.416.574

3.2.2 Spesifikasi Alat Kecil

1. POMPA

Kode	: P-01
Fungsi	: Mengalirkan urea melt dari melter menuju tangki urea <i>melt</i> (T-01)
<i>Type</i>	: Pompa <i>Reciprocating</i>
Kapasitas	: 13.716,65 kg/jam
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Daya pompa	: 0,26 Hp
Daya motor	: 0,32 Hp
<i>Schedule</i>	: 40
ID	: 3,068 in
Harga	: Rp 53.610.574

2. POMPA

Kode	: P-02
Fungsi	: Mengalirkan dan menaikkan tekanan urea <i>melt</i> sebelum masuk ke reaktor
<i>Type</i>	: Pompa <i>Reciprocating</i>
Kapasitas	: 15.259,15 kg/jam

Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Daya pompa	: 2,87 Hp
Daya motor	: 3,46 Hp
<i>Schedule</i>	: 40
ID	: 3,068 in
Harga	: Rp 82.091.192

3. **HEATER**

Kode	: HE-01
Fungsi	: Memanaskan gas amonia dan CO2 sebagai <i>fluidizing gas</i> reaktor
Jenis	: <i>Double pipe</i>
T operasi cairan	: 152 – 395°C
T operasi <i>steam</i>	: 400°C
Diameter <i>inner</i>	: 1,380 in
Diameter <i>annulus</i>	: 2,07 in
Panjang pipa	: 12 ft
H	: hi : 145321,2772 Btu/j.Ft ² .°F
	: hio : 126209,6974 Btu/j.Ft ² .°F

Uc : 61982,8131 Btu/j.Ft².°F

Ud : 206 Btu/j.Ft².°F

Rd : 0,0048

Pressure drop annulus : 0,5434 psi

Pressure drop inner : 0,0503 psi

4. PENDINGIN (*COOLER*)

Kode : HE-02

Fungsi : Mendinginkan gas sebelum masuk *filter*

Jenis : *Shell and Tube*

T operasi gas : 395 – 310°C

T operasi *cooling water* : 100 – 150°C

Tube side : OD : ¾ in

BWG : 16

ID : 0,62 in

Panjang : 12 ft

Jumlah : 324 tubes

Shell side : *Pitch* : 1 in

Σ *Pass* : 2

Uc : 16,8190 Btu/j.Ft².°F

Ud : 10 Btu/j.Ft².°F

Rd : 0,0408

Pressure drop : *Shell side* : 0,2501 psi

Tube side : 11,8529 psi

Harga : Rp 40.207.931

5. KOMPRESOR

Kode : C-01

Fungsi : Menaikkan tekanan *fluidizing gas*

Weight flow : 652,64 lb/menit

Total head : 12725.68

Efisiensi politropic : 1,0371

Daya motor penggerak : 25 Hp

Harga : Rp 87.702.000

6. BLOWER

Kode : BL-01

Fungsi : Mengalirkan gas dari *cyclone* menuju ke
scrubber

BHP	: 0,038
η motor	: 80%
<i>Power</i>	: 0,048 Hp
Harga	: Rp 236.221.595

3.2.3 Spesifikasi Alat Pendukung

1. GUDANG

Kode	: G-01
Fungsi	: Menampung bahan baku (urea)
Lantai	: Terbuat dari beton padat dengan hardener, bersifat menahan debu dan tidak tahan terhadap tumpahan larutan bahan kimia. Lantai dilapisi ubin keramik dengan kriteria harus tahan terhadap bahan kimia dan goresan, mudah diperbaiki, keras, diperlukan penutupan celah, licin bila basah
Pencahayaan	: 200 Lux (satuan kekuatan cahaya)

Pada atap gudang dipasang turbin ventilator

2. GUDANG

Kode	: G-02
Fungsi	: Menampung produk melamin

Lantai : Terbuat dari beton padat dengan hardener, bersifat menahan debu dan tidak tahan terhadap tumpahan larutan bahan kimia. Lantai dilapisi ubin keramik dengan kriteria harus tahan terhadap bahan kimia dan goresan, mudah diperbaiki, keras, diperlukan penutupan celah, licin bila basah

Pencahayaan : 200 Lux (satuan kekuatan cahaya)

Pada atap gudang dipasang turbin ventilator

3. BELT CONVEYOR

Kode : BC-01

Fungsi : Mengantarkan urea pada *bucket elevator*

Kapasitas : 15.088,32 kg/jam

Lebar *belt* : 14 in

Daya *belt* : 3,5 Hp

Harga : Rp 168.095.500

4. BELT CONVEYOR

Kode : BC-02

Fungsi : Mengantarkan melamin pada mesin packaging

Kapasitas : 5.277,778 kg/jam

Lebar <i>belt</i>	: 14 in
Daya <i>belt</i>	: 3,5 Hp
Harga	: Rp 168.095.500

5. BUCKET ELEVATOR

Kode	: BE-01
Fungsi	: Mengangkut urea prill dari gudang ke silo
Ukuran <i>bucket</i>	: (8 x 5 x 5 ½ - 14) in
Lebar <i>bucket</i>	: 8 in
<i>Projection bucket</i>	: 5 in
Dalam <i>bucket</i>	: 5 ½ in
Lebar <i>belt</i>	: 9 in
Jarak antar <i>bucket</i>	: 14 in
Kecepatan <i>bucket</i>	: 224,797 ft/mnt
<i>Power motor</i>	: 1,916 Hp
Harga	: Rp 26.277.223

6. SILO Bahan Baku

Kode	: SL-01
Fungsi	: Tempat penyimpanan padatan urea

Kapasitas silo (Vt)	: 132,8608 m ³
Diameter silo	: 4,7861 m
Tinggi kerucut	: 0,6279 m
Tinggi silinder	: 7,1792 m
Tinggi total	: 7,8071 m
Harga	: Rp 10.325.731

7. SILO Produk

Kode	: SL-02
Fungsi	: Tempat penyimpanan melamin
Kapasitas silo (Vt)	: 1,6446 m ³
Diameter silo	: 1,1071 m
Tinggi kerucut	: 0,1453 m
Tinggi silinder	: 1,6607 m ,
Tinggi total	: 1,8060 m
Harga	: Rp 11.473.333

8. PNEUMATIC CONVEYOR

Kode	: PC-01
Fungsi	: Mangalirkan kristal melamin menuju <i>cyclone</i>

Kapasitas	: 4.793,18 kg/h
Diameter <i>Conveyor</i>	: 6 in
Daya <i>Belt</i>	: 60 Hp
Harga	: Rp 1.946.449

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisa Kebutuhan Bahan Baku

Analisa kebutuhan bahan baku berkaitan dengan ketersediaan bahan baku atau urea terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku urea dapat diperoleh dari PT. PUPUK KUJANG. Bahan baku pembuatan melamin dengan proses BASF adalah urea sebanyak 108.635,840 ton/tahun

3.3.2 Analisa Kebutuhan Peralatan Proses

Analisa kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk memproses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan diketahui anggaran yang diperlukan untuk alat proses, baik pembelian maupun untuk perawatannya.

