



## **BAB VI**

### **TUGAS KHUSUS**

#### **VI.1 Judul**

Evaluasi Kinerja *Prilling Tower* (IA-301) di Pabrik Urea Departemen I A PT. Petrokimia Gresik

#### **VI.2 Latar Belakang**

Produksi Urea pada PT. Petrokimia Gresik khususnya urea IA adalah urea yang berbentuk *prill* yang dihasilkan pada bagian akhir proses yaitu pada bagian Prilling Tower. Di dalam Prilling Tower tersebut terjadi pembentukan urea prill yang semula berwujud molten urea diubah menjadi butiran-butiran urea atau yang disebut urea prill. Ukuran butiran urea yang diinginkan adalah 6-18 mesh dengan suhu keluaran urea di dasar menara pembutiran adalah 45-52 C. Pada range suhu ini butiran urea yang terbentuk mempunyai kualitas yang baik, yaitu padat dan tidak lengket. Suhu produk urea ini ditentukan oleh banyaknya laju alir udara pendingin yang disuplai. Jika laju alir udara pendingin terlalu besar, maka sebagian kandungan uap air dalam udara pendingin dapat terserap oleh butiran-butiran urea karena sifatnya yang higroskopis. Akibatnya butiran urea yang terbentuk akan lembek, sebaliknya jika laju alir udara pendingin kurang, maka sebagian panas dari urea tidak bisa diambil, akibatnya proses pendinginan tidak sempurna. Urea yang dihasilkan masih leleh atau belum cukup dingin terutama pada bagian tengah butiran. Indikasi tersebut menyebabkan butiran urea yang dihasilkan bersifat lengket. Untuk dapat menghasilkan proses pembuatan prill urea kita harus menentukan besarnya komponen yang terkandung dalam urea umpan, agar proses membentuk urea dari molten urea menjadi urea prill dapat memberikan hasil yang maksimal, harus dilakukan kendali operasi yang baik dengan menghitung neraca massa di Prilling Tower untuk mengetahui apakah jumlah produk yang dihasilkan sudah optimum atau belum. Dari hasil perhitungan dapat diketahui efisiensi alat dan efektivitas prilling tower dalam menghasilkan produk, sehingga kita dapat

mengatur kondisi operasi dengan tepat agar menghasilkan produk urea dengan kualitas yang baik dan hasil yang maksimum.

### **VI.3 Tujuan**

1. Menghitung neraca massa desain prilling tower
2. Menghitung neraca massa aktual prilling tower
3. Mengevaluasi efisiensi panas prilling tower dengan membandingkan efisiensi panas desain terhadap aktual ditinjau dari neraca energi desain dan aktual prilling tower

### **VI.4 Manfaat**

Mengetahui efisiensi secara desain dan aktual Prilling Tower pada Pabrik Urea Departemen I A PT. Petrokimia Gresik dengan ditinjau dari neraca massa dan neraca energi

### **VI.5 Deskripsi Proses**

Desain Prilling Tower (IA-301) didesain dengan free fall height sekitar 52 m dan diameter 13 m. Udara dingin blower (GB-302) yang terlebih dahulu dipanaskan dengan heater (EC-301) dihisap melewati intake di bagian bawah Prilling Tower dan naik di dalam Prilling Tower sebelum di-blownout dari Prilling Tower oleh empat Induced Fan (GB-301 A-D) yang dipasang di bagian atas dari Prilling Tower. Sistem scrubbing debu juga dipasang di bagian atas Prilling Tower untuk menangkap debu urea. Larutan urea 99,8% dari final separator (FA-203) akan dipompa ke head tank (FA-301). Pada head tank (FA-301) larutan akan dialirkan ke distributor (FJ-301) yang berupa acoustic granulator. Acoustic granulator akan membuat larutan urea menjadi bentuk tetesan dengan cara di spray. Level head tank dijaga pada rentang 50-70 %. Untuk menjaga agar pembentukan biuret seminimum mungkin dan untuk menjaga waktu tinggal yang sesingkat mungkin, sistem harus dirancang dan dioperasikan pada temperatur sedikit di atas titik leleh urea, yaitu 132,7 C dengan menjaga temperatur larutan urea pada rentang 139-140 C. Selama menuruni Prilling Tower, urea droplets mengalami kontak dengan udara yang naik. Pada saat itu, urea droplets tersebut didinginkan dan dipadatkan sebelum mencapai Fluidizing Cooler (FD-302) di bagian bawah Prilling Tower (IA -301). Urea prill

didinginkan oleh udara yang masuk ke unggun terfluidisasi di Fluidizing Cooler (FD-302). Kemudian dilakukan pengayakan, untuk yang overflow masuk ke Trommel (FD-303) yang memisahkan urea prill yang ukurannya tidak sesuai atau oversize dari produk. Urea yang oversize ini dilarutkan dengan larutan dari Dust Chamber (FD-301) dan turun di Dissolving Tank (FA-302). Urea prill yang diproduksi kemudian dikirim ke Belt Scale (JF-301) dan dikirim ke unit pengantongan.

## **VI.6 Teori Dasar**

### **VI.6.1 Prilling Tower**

Untuk memproduksi padatan berbentuk granular dari keadaan cair digunakan alat dengan prinsip metode spray. Metode ini banyak digunakan pada operasi skala besar. Alat yang menggunakan metode tersebut salah satunya adalah Prilling Tower. Pada alat ini dari droplet cairan disemprotkan dari bagian atas menara sehingga jatuh berkontak dengan arus gas secara berlawanan arah (counter current). Pada saat dari droplet cairan jatuh menuju dasar menara sehingga terjadi pepadatan sampai terbentuk butiran.

Prilling Tower atau menara pembutir merupakan bagian yang penting dari unit finishing urea. Selama butiran jatuh, terjadi peristiwa transfer massa H<sub>2</sub>O dan transfer panas dari urea butiran ke udara pendingin yang dihembuskan dari bawah. Perpindahan panas yang terjadi adalah dari urea leleh masuk menara ke udara pendinginan yang terjadi di sepanjang Prilling Tower. Dilihat dari peralatan yang tersedia, udara pendingin yang digunakan dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. Udara Primer, yaitu udara yang berasal dari blower
2. Udara sekunder, yaitu udara yang diakibatkan induced fan pada puncak menara.

### **VI.6.2 Fungsi Alat di Seksi Pembutiran (Prilling Tower)**

1. Prilling Tower (IA-301) : Alat ini berfungsi untuk merubah molten urea menjadi butir (prill).

2. Induced Fan for Prilling Tower (GB-301 A-D) : Alat ini berfungsi untuk menghisap udara panas yang digunakan untuk mengeringkan butir-butir urea yang terbentuk.
3. Head Tank (FD-301) : Alat ini berfungsi untuk menampung molten urea sebelum dihamburkan oleh distributor.
4. Distributor (FJ-301 A-I) : Alat ini berfungsi untuk menghamburkan molten urea.
5. Fluidizing Cooler (FD-302) : Alat ini berfungsi untuk mengeringkan butiran urea
6. Trommel (FD-303) : Alat ini berfungsi untuk mengetahui ukuran butir-butir urea yang dihasilkan.
7. Dust Chamber (FA-302) : Alat ini berfungsi untuk menangkap debu-debu dari siklon.
8. Demister for Prilling Tower : Alat ini berfungsi untuk menahan debu-debu urea yang dihasilkan selama proses pemptiran sebelum dibuang ke udara.
9. Packed Bed for Prilling Tower : Alat ini berfungsi untuk menahan debu-debu yang dihasilkan selama proses pemptiran.
10. Urea Solution Tank (FA-201) : Alat ini berfungsi untuk menampung air yang digunakan untuk membersihkan debu pada sistem scrubbing
11. Water Tank (FA-305) : Alat ini berfungsi untuk menampung air yang digunakan untuk membersihkan debu pada sistem scrubbing
12. Blower (GB 302) : Alat ini berfungsi untuk menghisap udara dari bawah menara untuk mengkontakkan udara dengan molten urea.

### **VI.6.3 Fungsi Alat di Seksi Pemptiran (Prilling Tower)**

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemptiran urea, yaitu :

- A. Pendinginan oleh udara pendingin
- B. Kadar air yang dikandung udara pendingin
- C. Ukuran urea yang dihasilkan
- D. Debu urea yang terbang oleh udara pendingin di puncak menara

Dari penentuan kualitas urea, butir urea yang baik seharusnya mempunyai kandungan biuret dan air yang rendah. Jika urea yang dibutirkan mengandung terlalu banyak air, misalnya 10% atau lebih sebagian besar butir urea yang diperoleh akan banyak ruang kosongnya. Ruang kosong ini akan mengakibatkan menjadi bubuk dan akhirnya membeku menjadi cake jika disimpan.

## **VI.7 Metodologi**

### **VI. 7. 1 Pelaksanaan Tugas Khusus**

Dalam teknik pengumpulan tugas khusus, terdapat kegiatan secara untuk menghimpun data yaitu :

1. Pemahaman flowsheet di DCS urea
2. Observasi langsung ke lapangan
3. Evaluasi ke pembimbing lapangan
4. Pengolahan data
5. Evaluasi hasil

### **VI. 7. 2 Pengumpulan Data**

Untuk mengevaluasi neraca massa desain dan aktual serta neraca energi desain dan aktual dibutuhkan data-data yaitu :

1. Data Primer

Yaitu data neraca massa desain yang diperoleh berdasarkan pengamatan langsung pada p&d yang sudah terdapat laju arus dari tiap yang masuk dan keluar prilling tower. Untuk neraca massa aktual didapatkan pada DCS urea pada tanggal 18 Desember 2023

2. Data Sekunder

Yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung dari sumbernya untuk mendukung data primer (data yang berasal dari literatur). Dari data data tersebut dapat diperoleh besaran-besaran yang mendukung perhitungan

3. Data Lapangan

Data-data tersebut diambil pada 18 Desember 2023 untuk suhu dari arus F28, F34, F36

### VI. 7. 3 Pengolahan Data

#### 1. Menghitung neraca massa pada prilling tower

Perhitungan neraca massa dilakukan dengan cara menghitung neraca massa komponen dan neraca massa total pada unit prilling tower. Neraca komponen tersebut adalah urea, biuret, air, udara kering (N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>). Persamaan yang digunakan yaitu kekekalan massa

$$\text{Neraca massa masuk} = \text{Neraca massa keluar}$$

Dimana massa masuk ke prilling tower antara lain yaitu F<sub>21</sub> (Laju molten urea dari final separator ke prilling), F<sub>34</sub> (laju water pump GA 301 ke prilling untuk spray debu urea), F<sub>37</sub> (Laju udara blower GB 302 ke EC 301) dan F<sub>37A</sub> (Laju udara sekunder dari samping prilling). Untuk massa keluar yaitu F<sub>27</sub> (Laju produk prill urea). F<sub>28</sub> (Laju larutan urea ke urea solution tank) dan F<sub>36</sub> (Laju udara keluar ke induced fan prilling tower).

#### 2. Data kapasitas panas masing-masing komponen (Yaws,1999)

**Tabel VI. 1 Kapasitas Panas Komponen**

Formula	A	B	C	D	E
Urea	965,507	-5,0993	1,00E-02	-6,40E-06	
NH <sub>3</sub> (g)	33,573	-0,012581	8,89E-05	-7,1783E-08	1,8569E-11
CO <sub>2</sub> (g)	27,437	0,042315	-1,9555E-09	3,9968E-09	-2,9872E-13
H <sub>2</sub> O (l)	92,053	-0,039953	-0,00021103	5,3469E-07	
H <sub>2</sub> O (g)	33,933	-8,42E-03	2,99E-05	-1,78E-08	3,69E-12
O <sub>2</sub> (g)	29,526	-8,90E-05	3,81E-05	3,26E-08	8,86E-12
N <sub>2</sub> (g)	29,342	-3,54E-03	1,01E-05	-4,31E-09	2,59E-13
Biuret	7,5553	0,0745	-3,18E-05	-1,78E-08	3,69E-12

#### 3. Perhitungan neraca panas

A. Menghitung kapasitas panas tiap komponen

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 + ET^5$$

$$\int_{T_{ref}}^T C_p dT = A(T - T_{ref}) + \frac{B}{2}(T^2 - T_{ref}^2) + \frac{C}{3}(T^3 - T_{ref}^3) + \frac{D}{4}(T^4 - T_{ref}^4) + \frac{E}{5}(T^5 - T_{ref}^5)$$

Dimana:

$C_p$  = Kapasitas panas (joule/mol k)

$T$  = Suhu (K)

$T_{ref}$  = Suhu referensi (298,15 K)

B. Menghitung panas kompoen

$$Q = n \int C_p dT$$

$$Q = \frac{m}{m_r} \int C_p dT$$

Dimana

$Q$  = Kalor panas (kJ/jam)

$N$  = Laju alir komponen (kmol/jam)

$M_r$  = berat molekul (kg/kmol)

C. Menghitung panas laten

Kalor Laten adalah kalor yang diperlukan pada perubahan wujud zat tetapi temperaturnya tidak berubah (tetap). Kalor laten dapat dicari dengan rumus berikut:

$$Q = M \times \lambda$$

Dimana

$M$  = Massa dalam mol (kmol/jam)

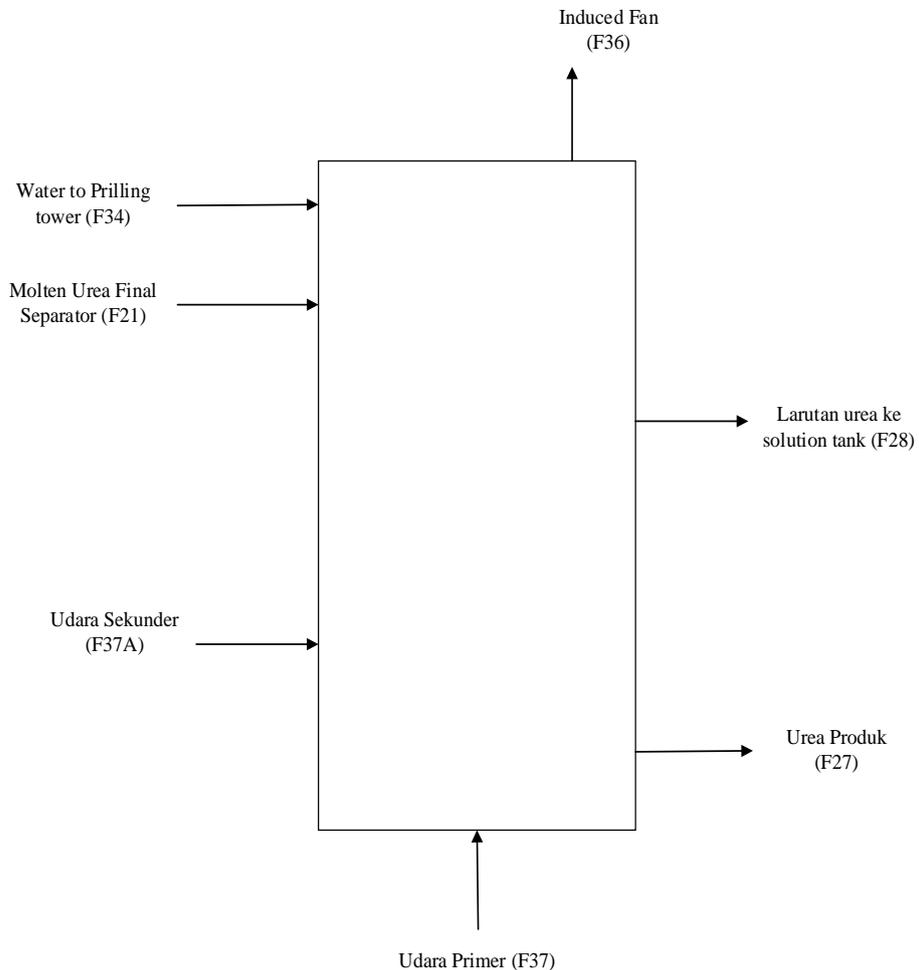
$\lambda$  = Kalor laten per massa bahan

4. Perhitungan efisiensi

$$Efisiensi = \frac{Kalor\ masuk - kalor\ hilang}{kalor\ masuk} \times 100\%$$

## VI.8 Hasil dan Pembahasan

Diagram alir Prilling Tower :



**Gambar VI. 1 Diagram Alir Prilling Tower**

Diketahui :

F21 = Laju Molten Urea dari Final Separator

F27 = Laju Urea Produk

F28 = Laju larutan urea ke solution tank

F36 = Arus Udara Keluar dari Induce Fan

F37 = Arus Udara dari Blower (Primer)

F37A = Arus Udara dari Bagian Samping Prilling Tower Akibat Terhisap Oleh Induced Fan (Udara Sekunder)

Tabel VI. 2 Neraca Massa Input Desain Prilling Tower

KOMPONEN	F21		F34		F37		F37A		Jumlah
	kg/jam	%wt	kg/jam	%wt	kg/jam	%wt	kg/jam	%wt	kg/jam
Urea	57839	98,97%							57839
H2O	146	0,25%	10929	100%	9234	3,57%	6156	3,57%	26465
Biuret	455	0,78%							455
O2					86783,49479	76,23%	56344,43923	76,23%	143127,934
N2					326471,2423	20,20%	211962,4143	20,20%	538433,6566
Total	58440	100%	10929	100%	422488,7371	100%	274462,8535	100%	766320,5906

Tabel VI. 3 Neraca Massa Output Desain Prilling Tower

KOMPONEN	F27		F28		F36		Jumlah
	kg/jam	%wt	kg/jam	%wt	kg/jam	%wt	kg/jam
Urea	57733	98,97%	91	20,04%	15	0,06%	57839
NH3							
CO2							
H2O	146	0,25%	363	79,96%	25956	5,09%	26465
Biuret	455	0,78%					455
O2					143127,934	19,92%	143127,934
N2					538433,6566	74,93%	538433,6566
Total	58334	100%	454	100%	707532,5906	100%	766320,5906

Evaluasi kinerja alat sangat diperlukan untuk mencapai sasaran dalam pemenuhan produksi sehingga meminimalisir jumlah produk yang terbuang dan meningkatkan jumlah produk yang dihasilkan. Untuk menghasilkan produk urea yang optimum dan sesuai, diperlukan pengaturan umpan yang masuk dan pengawasan kondisi operasi serta desain alat yang tepat. Dalam pembuatan urea hal-hal yang harus dihindari adalah terjadinya hidrolisa urea dan terbentuknya biuret dengan kadar tinggi. Hal ini sangat perlu diperhatikan karena kadar biuret yang tinggi, merupakan racun bagi tanaman sehingga dapat menyebabkan rendahnya hasil panen. Untuk mencegah terbentuknya biuret maka seksi pembutiran di desain supaya urea yang leleh bertahan dengan waktu tinggal yang minimum. Neraca massa di prilling tower ini bertujuan untuk mengetahui apakah jumlah produk yang dihasilkan sudah optimum atau belum. Dari hasil perhitungan dapat diketahui efisiensi alat dan efektivitas pabrik dalam menghasilkan produk, sehingga kita dapat mengatur kondisi operasi dengan tepat agar menghasilkan produk urea dengan kualitas yang baik dan hasil yang maksimum. Berdasarkan hasil neraca massa desain pada Prilling Tower urea I A didapatkan neraca massa total desain sebesar 766.320,5906 kg/jam. Neraca massa total desain ini merupakan neraca massa yang didapatkan dari total seluruh komponen massa yang masuk ke dalam Prilling tower. Arus udara (primer) F37 didapat dari kecepatan udara blower (GB-302) desain sebesar 379.700 m<sup>3</sup>/h kemudian dicari massa udara dengan rumus persamaan gas ideal dan diketahui massa total dari udara (primer) F37 yaitu 413.254,7371 kg/jam. Untuk arus F36 udara keluar dari induced fan bagian atas diketahui kecepatan desain (GB-301) A-D total yaitu 645.600 m<sup>3</sup>/jam kemudian didapatkan massa udara dengan persamaan gas ideal yaitu 681.561,5906 kg/jam. Adapun dari hasil perhitungan neraca massa desain juga didapatkan besar arus desain udara dari samping (sekunder) dengan total 268.036,8535 kg/jam. Arus tersebut yaitu arus udara yang masuk melalui bagian samping prilling tower, yang masuk karena terhisap oleh induced fan pada bagian paling atas prilling tower.



Tabel VI. 4 Neraca Massa Input Aktual Prilling Tower

KOMPONEN	F21		F34		F37		F37A		Jumlah
	kg/jam	%wt	kg/jam	%wt	kg/jam	%wt	kg/jam	%wt	kg/jam
Urea	56102,92596	98,97%							56102,92596
H <sub>2</sub> O	141,717	0,25%	10500	100%	8310,6	3,57%	3529,921416	3,57%	22482,23842
Biuret	442,15704	0,78%							442,15704
O <sub>2</sub>					78105,14531	76,23%	32308,55145	76,23%	110413,6968
N <sub>2</sub>					293824,1181	20,20%	121541,6935	20,20%	415365,8116
Total	56686,8	100%	10500	100%	380239,8634	100,00%	157380,1664	100%	604806,8298



Tabel VI. 5 Neraca Massa Output Aktual Prilling Tower

KOMPONEN	F27		F28		F36		Jumlah
	kg/jam	%wt	kg/jam	%wt	kg/jam	%wt	kg/jam
Urea	55720,11	98,97%	385,8329657	20,04%	12,48120431	0,06%	56118,42417
NH3							
CO2							
H2O	140,75	0,25%	1539,481234	79,96%	20789,52598	5,09%	22469,75721
Biuret	439,14	0,78%					439,14
O2					110413,6968	19,92%	110413,6968
N2					415365,8116	74,93%	415365,8116
Total	56300	100%	1925,3142	100%	546581,5156	100%	604806,8298



Perhitungan neraca massa total aktual pada tanggal 18 Desember 2023 dilakukan pengambilan data dari DCS urea PT. Petrokimia Gresik, tetapi data seperti arus molten urea dari Final Separator, untuk mendapatkannya perlu dilakukan perhitungan. Untuk arus molten urea sendiri dihitung dengan mencari rasio urea produk yang dibagi dengan urea produk desain, lalu dikalikan dengan molten urea desain. Sehingga didapatkan nilai arus molten adalah 56.686,8 kg/jam. Untuk mendapatkan nilai arus neraca massa actual dari udara primer dan udara sekunder pada prilling tower, dilakukan perhitungan dengan mengasumsikan udara primer dan udara keluar Induced Fan sama dengan udara primer dan udara keluar Induced Fan desain. Sehingga didapatkan arus masuk yang terdiri dari udara kering dan air. Untuk masing-masing alat dari blower udara (GB-302) dan (GB-301) dikali dengan asumsi penurunan kompresor yaitu 90% dari desain yang didapatkan pada data sheet Toyo Engineering Corporation. Arus aktual untuk udara masuk yaitu udara primer yaitu 371.929,2634 kg/jam untuk udara kering dan 8.310,6 kg/jam untuk air. Sedangkan untuk udara sekunder 153.850,245 kg/jam untuk udara kering dan 3.529,9214 kg/jam untuk air. Dari perhitungan neraca massa actual didapat jumlah total sebesar 545.658,4066 kg/jam. Untuk arus udara keluar dari (GB-301) yaitu 525.779,5084 kg/jam udara kering, 20.789,52598 untuk air dan emisi urea sebesar 12,4812 kg/jam. Dapat di lihat dari jumlah massa masuk dan massa keluar desain maupun actual dengan jumlah yang balance, ini menunjukkan bahwa prilling tower masih mampu bekerja dengan sangat baik dan menghasilkan produk urea dengan kualitas yang baik dan hasil yang maksimum



Tabel VI. 6 Neraca Energi Input Desain Prilling Tower (Q1) untuk sensibel

Arus	Komponen	Massa (kg/jam)	BM (kg/mol)	Mole (kmol/jam)	$\int Cp \cdot dt$ (kJ/mol)	T0 (K)	T1 (K)	$\Delta T$ (K)	Q (kJ/jam)
F21	Urea	57839	60,06	963,020313	15226,11	298,15	413,15	115	14663056,46
	H2O	146	18	8,111111111	8694,05		413,15	115	70518,37462
	Biuret	455	103,081	4,414004521	3361,95		413,15	115	14839,66883
F34	H2O untuk spray	10929	18	607,1666667	4136,37		353,15	55	519704,6626
F37 F37A	H2O(g) pada udara	15390	18	855	842,61		323,15	25	3536597,415
	O2	143127,934	32	4472,747938	855,95		323,15	25	3252616,395
	N2	538433,6566	28	19229,77345	727,21	323,15	25	13984037,83	
Total		766320,5906				<b>TOTAL</b>			36041370,81

Tabel VI. 7 Neraca Energi Output Desain Prilling Tower (Q2) untuk laten

Komponen	Massa (Kg/jam)	BM (kg/mol)	Mole (kmol/jam)	$\Delta$ (kkal/gmol)	$\Delta$ (kkal/kmol)	Q Laten (Kj/Jam)
Urea(s)	58334	60,06	971,2620713	3,609	3609	3505284,815



Tabel VI. 8 Neraca Energi Output Desain Prilling Tower (Q3) untuk sensibel

Arus	Komponen	Massa (kg/jam)	BM (kg/mol)	Mole (kmol/jam)	$\int C_p \cdot dt$ (kJ/mol)	T0(K)	T1 (K)	$\Delta T$ (K)	Q (kJ/jam)
F27	Urea	57733	60,06	961,2554113	3131,78	298,15	318,15	20	3010436,418
	H2O	146	18	8,111111111	1507,15		318,15	20	12224,70005
	Biuret	455	103,081	4,414004521	540,08		318,15	20	2383,893617
F28	Urea(l) to solution tank	91	60,06	1,515151515	7992,77		353,15	55	12110,25243
	H2O(l) to solution tank	363	18	20,16666667	4136,37		353,15	55	83416,82012
F36	Emisi urea	15	60,06	0,24975025	5298,50		333,15	333,15	1323,302922
	H2O(g) dari prilling	25956	18	1442	1180,64		333,15	35	1702489,032
	O2	143127,934	32	4472,747938	1104,01		333,15	35	4937937,692
	N2	538433,6566	28	19229,77345	1018,37		333,15	35	19583021,71
Total		766320,5906					<b>TOTAL</b>		29345343,82

**Tabel VI. 9 Neraca Energi Input Aktual Prilling Tower (Q1) untuk sensibel**

Arus	Komponen	Massa (kg/jam)	BM (kg/mol)	Mole (kmol/jam)	$\int Cp \cdot dt$ (kJ/mol)	T0 (K)	T1 (K)	$\Delta T$ (K)	Q (kJ/jam)
F21	Urea	56102,92596	60,06	934,1146513	15226,11	298,15	413,15	115	14222935,58
	H2O	141,717	18	7,873166667	8694,05		413,15	115	68449,67463
	Biuret	442,15704	103,081	4,289413568	3361,95		413,15	115	14420,8001
F34	H2O untuk spray	10500	18	583,3333333	4794,65		361,9	63,75	499304,507
F37	H2O(g) pada udara	11840,52142	18	657,8067453	842,61		323,15	25	3153953,329
	O2	110413,6968	32	3450,428024	855,95		323,15	25	2509177,56
F7A	N2	415365,8116	28	14834,49327	727,21		323,15	25	10787756,58
Total		604806,8298					<b>TOTAL</b>		31255998,04

**Tabel VI. 10 Neraca Energi Output Aktual Prilling Tower (Q2) untuk laten**

Komponen	Massa (Kg/jam)	BM (kg/mol)	Mole (kmol/jam)	$\Delta$ (kkal/gmol)	$\Delta$ (kkal/kmol)	Q Laten(Kj/Jam)
Urea(s)	56300	60,06	937,3959374	3,609	3609	3383061,938



Tabel VI. 11 Neraca Energi Output Aktual Prilling Tower (Q3) untuk sensibel

Arus	Komponen	Massa (kg/jam)	BM (kg/mol)	Mole (kmol/jam)	$\int Cp \cdot dt$ (kJ/mol)	T0(K)	T1 (K)	$\Delta T$ (K)	Q (kJ/jam)
F27	Urea	55720,11	60,06	927,7407592	4015,38	298,15	324,15	26	3725230,772
	H2O	140,75	18	7,819444444	1958,16		324,15	26	15311,75622
	Biuret	439,14	103,081	4,260144935	705,98		324,15	26	3007,574816
F28	Urea (l) ke urea solution tank	385,8329657	60,06	6,424125303	4591,67		328,15	30	29497,47125
	H2O (l) ke urea solution tank	1539,481234	18	85,52673524	2258,66		328,15	30	193176,2156
F36	H2O(g) dari prilling	20789,52598	18	1154,973665	1180,64		333,15	35	1363613,036
	Emisi urea	12,48120431	60,06	0,20781226	5,30E+03		333,15	35	1101,094276
	O2	110413,6968	32	3450,428024	1104,01		333,15	35	3809291,028
	N2	415365,8116	28	14834,49327	1018,37		333,15	35	15107000,85
Total		604806,8298					<b>TOTAL</b>		

Massa urea terdiri dari urea, air, dan biuret akan diprill didalam prilling tower. Larutan molten urea dikontakkan dengan udara pada suhu 40-51 C. Campuran liquid panas akan terkontak dengan udara yang dikontakan secara berlawanan arah (counter current) sehingga terjadi perpindahan kalor dari liquid ke udara terjadi disepanjang prilling tower Pada prilling tower terbagi tiga zona yaitu panas inlet (Q1) yaitu panas sensibel, panas laten (Q2) yaitu panas yang dibutuhkan untuk suatu perubahan wujud zat namun temperaturnya tidak berubah (tetap) dan panas outlet (Q3) yaitu panas sensibel. Pada perhitungan neraca energi terlebih dahulu dihitung nilai cp dT dari masing-masing komponen, nilai tersebut didapatkan dari literatur. Kemudian dihitung nilai dari panas komponen dengan mengalikan laju alir komponen dengan cp dT. Pada nilai panas laten massa dalam mol dikalikan dengan kalor laten per massa urea yang didapatkan pada literatur. Didapatkan neraca energi desain dengan nilai Q hilang sebesar 3.190.742,18 kj/jam dan didapatkan efisiensi sebesar 91,1470 %. Sedangkan untuk neraca energi aktual didapatkan nilai Q hilang sebesar 3.625.706,30 kj/jam dan didapatkan nilai efisiensi sebesar 88,3999%. Hasil efisiensi aktual tidak jauh dengan efisiensi desain, hal tersebut menandakan prilling tower masih dalam keadaan baik karena pada satu tahun sekali dilakukan shutdown selama dua minggu dan dilakukan maintenance besar-besaran kesemua alat termasuk prilling tower sehingga kinerja prilling tower masih baik

## **VI.9 Kesimpulan dan Saran**

### **VI.9.1 Kesimpulan**

1. Didapatkan neraca massa desain total pada prilling tower sebesar 766.320,5906 kg/jam
2. Didapatkan neraca massa desain total pada prilling tower sebesar 604.806,8298 kg/jam
3. Didapatkan Q hilang pada desain sebesar 3.190.742,18 kj/jam dan didapatkan efisiensi sebesar 91,1470 % sedangkan untuk Q hilang pada



aktual sebesar 3.625.706,30 kj/jam dan didapatkan nilai efisiensi sebesar 88,3999%

### **VI.9.2 Saran**

Efisiensi prilling tower dapat semakin besar apabila suhu produk urea tidak terlalu tinggi yaitu 45 C mendekati desain. Hal ini dapat dicapai apabila suhu udara masuk stream F37 pada GB-302 dapat lebih rendah, namun apabila suhu lebih rendah mempengaruhi humidity yang terbawa pada udara sehingga prill urea yang dihasilkan lembab. Maka untuk menghindari hal tersebut perlu ditambahkan molecular shift sebagai pengikat H<sub>2</sub>O sebelum dipanaskan pada EC-301 sehingga tidak memerlukan suhu tinggi untuk udara masuk prilling tower dan produk urea dapat mendekati 45 C.