



## BAB IX

### TUGAS KHUSUS

#### IX.1 Latar Belakang

PT Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk terbesar yang memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan sektor pertanian di Indonesia. Salah satu produk PT Petrokimia Gresik yang diproduksi oleh pabrik Phonska II/III, Departemen Produksi IIA yaitu pupuk NPK 15-10-12. Pupuk NPK 15 10-12 memiliki jumlah kandungan nitrogen (N) 15%, fosfor (P) 10%, dan kalium (K) 12% yang cocok untuk perkembangan tumbuhan. Proses produksi NPK 15-10-12 tentunya memiliki parameter proses yang perlu dikontrol, salah satu contoh bantuan pengontrol dengan adanya flowmeter untuk melihat nilai laju aliran bahan baku masuk, aliran bahan saat proses, dan aliran produk keluar.

Akan tetapi, ada beberapa bagian aliran yang tidak memiliki flowmeter, salah satunya adalah aliran gas dari reaktor pre-neutralizer dan granulator yang masuk ke dalam granulator pre-scrubber. Aliran gas ini sangat penting untuk diketahui karena aliran ini menunjukkan jumlah gas yang losses dari reaktor pre-neutralizer dan granulator. Apabila nilai laju aliran ini diketahui, maka operator dapat dengan mudah mengontrol laju amonia masuk ke dalam proses. Selain itu perlu pula diketahui nilai persen panas yang hilang ke lingkungan pada tiap alat untuk mengetahui apakah alat tersebut

Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis untuk menghitung jumlah massa amonia yang losses dari pre-neutralizer dan granulator dengan menggunakan neraca massa dan dengan memperhatikan mol rasio reaksi pada tiap alat serta analisis untuk menghitung jumlah persen panas yang hilang ke lingkungan dari alat pre-neutralizer, granulator, dan granulator pre-scrubber dengan menggunakan neraca panas.

#### IX.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang disusun adalah sebagai berikut.

1. Berapa jumlah amonia *losses* dari reaktor pre-neutralizer dan granulator menuju granulator prescrubber?
2. Berapa nilai total neraca massa dan neraca panas pada alat pre-neutralizer tank, granulator, dan granulator pre-scrubber?



3. Berapa efisiensi panas yang hilang ke lingkungan atau panas diserap dari lingkungan pada alat pre-neutralizer tank, granulator, dan granulator pre-scrubber?

### **IX.3 Tujuan**

Tujuan dari tugas khusus ini adalah untuk mengetahui jumlah amonia losses dari reaktor pre-neutralizer dan granulator menuju granulator prescrubber, menentukan nilai total neraca massa dan neraca panas pada alat pre-neutralizer tank, granulator, dan granulator pre-scrubber, serta nilai efisiensi panas yang hilang ke lingkungan pada alat pre-neutralizer tank, granulator, dan granulator pre-scrubber pada unit Phonska III.

### **IX.4 Manfaat**

Perhitungan mol rasio, jumlah ammonia losses, serta total neraca massa pada pre-neutralizer dan granulator ini dapat digunakan sebagai evaluasi dalam optimasi proses produksi, pengendalian kualitas produk, serta pengendalian keputusan berbasis data untuk manajemen terkait pengoperasian pabrik.

### **IX.5 Tinjauan Teori**

#### **IX.5.1 Reaktor**

Reaktor merupakan alat industri kimia untuk berlangsungnya reaksi antar bahan mentah menjadi produk yang lebih bernilai (Elma & Nata, 2008). Reaktor memiliki beberapa tipe, salah satunya tipe reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) atau continuous stirred tank reactor (CSTR) sebagaimana yang digunakan di Pabrik Phonska I dalam pembuatan slurry. Di Pabrik Phonska I, slurry yang terdiri dari monoammonium phosphate (MAP) dan ammonium sulphate (ZA) dibuat dengan mereaksikan ammonia, asam fosfat, dan asam fosfat pada suatu reaktor alir tangki berpengaduk dengan nama reaktor pre-neutralizer. Penamaan tersebut didasarkan atas jenis reaksi yang berlangsung adalah reaksi neutralisasi.

#### **IX.5.2 Efisiensi Reaktor**

Efisiensi reaktor adalah perbandingan antara efisiensi aktual reaktor terhadap efisiensi desain awal reaktor. Efisiensi aktual sendiri merupakan tinjauan terkait kinerja reaktor berdasarkan perbandingan antara total output



dengan total input reaktor. Apabila total output yang dihasilkan semakin mendekati total input reaktor, dapat dikatakan bahwa efisiensi atau kinerja reaktor semakin baik. Rumus efisiensi reaktor ialah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\text{total output slurry reaktor } (\frac{\text{ton}}{\text{jam}})}{\text{total input reaktor } (\frac{\text{ton}}{\text{jam}})} \times 100\%$$

#### IX.5.3 Granulator

Proses pembuatan pupuk majemuk phonska merupakan proses yang kompleks karena di dalam proses ini terjadi pencampuran disertai reaksi kimia antara H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Asam sulfat berperan dalam meningkatkan proses pada saat terjadi reaksi kimia di dalam reaktor sekaligus menepatkan penggunaan ammonia agar dapat menghasilkan produk dengan grade berupa hasil analisis yang lebih tinggi. Selain itu, juga terdapat reaksi lanjut antara MAP (Monoammonium Phosphate) dengan NH<sub>3</sub> di dalam granulator menghasilkan DAP (Diammonium Phosphate). MAP merupakan hasil reaksi antara H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan NH<sub>3</sub> di dalam tangki reaktor Pre-Neutralizer.

Intermediate yang digunakan berupa granul yang terdiri atas KCl, ZA, offspec, dan FABA. Intermediate ditransportasikan dengan dijaga tetap kering dan berkadar air sesuai dengan ketentuan pabrik. Peralatan transportasi intermediate juga harus menjaga agar tidak terdapat tumpahan untuk mengurangi recycle sehingga produk yang dihasilkan dapat maksimal. Pada proses ini, peralatan yang digunakan juga sudah lengkap. Masing-masing transportasi bahan baku padat menggunakan belt conveyor yang dilengkapi dengan weigher untuk mengatur consumption rate bahan baku padat tersebut. Granulator sebagai tempat berlangsungnya reaksi lanjutan antara MAP, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan NH<sub>3</sub>, dryer, screen, cooler, dan coater sebagai tempat untuk pelapisan produk. Sedangkan, proses utama dalam pembuatan pupuk phonska terdapat pada Pre-Neutralizer dan granulator.

#### IX.5.4 Granulator Pre-Scrubber

Pencucian tahap pertama menggunakan alat yang dinamakan Granulator pre-scrubber yang berfungsi untuk menyerap gas (NH<sub>3</sub>, F, dan debu) yang mengalir dari Granulator dan Reaktor Pre-Neutralizer. Larutan penyerap (Scrubber liquor) biasanya menggunakan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Granulator pre-scrubber terdiri dari Ventury scrubber dan Cyclone tower. Alat ini dilengkapi sprayer pada ducting sebelum memasuki Scrubber dengan tujuan untuk menjaga dusting



tetap bersih, pencucian awal, dan membasahi gas untuk mencapai kondisi jenuh. Sisi dasar Cyclone tower merupakan tangki penampung larutan dan larutan disirkulasikan menggunakan pompa. Asam Fosfat yang diumpulkan ke tahapan pencucian pertama ini akan bereaksi dengan Amonia yang lepas dari Granulator dan Reaktor. Hasil proses dari proses scrubbing ini nantinya akan dikembalikan ke tangki Pre-Neutralizer sebagai feed liquor dan masuk ke proses scrubbing selanjutnya untuk penghilangan kadar NH<sub>3</sub>, F, dan debu yang masih tersisa.

## IX.6 Metodologi

Pengambilan data untuk tugas ini dibagi menjadi 2 jenis, yakni data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari lapangan (pabrik) unit produksi NPK PHONSKA III, sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh dengan mengkaji literatur yang berhubungan. Ini dilakukan pada literatur-literatur yang berkaitan dengan persoalan yang ada sebagai pedoman dan acuan yang dapat dipertanggungjawabkan.

### IX.6.1 Center Control Room (CCR)

Pengambilan data dilakukan dengan wawancara dengan operator yang berada di Central Control Room (CCR) unit PHONSKA III pada tanggal 20 September 2024. Pengambilan data dibutuhkan untuk mendapatkan data-data yang berkaitan langsung dengan kondisi yang terjadi di pabrik.

## IX.7 Hasil dan Pembahasan

### IX.7.1 Hasil Perhitungan

Tabel IX. 1 Neraca Massa pada Pre Neutralizer Tank

KOMPONEN	INPUT (kg)	OUTPUT (kg)
<b>Aliran 1 (umpan bahan baku)</b>		
NH <sub>3</sub>	5381,213	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14393,489	
H <sub>2</sub> O	198,913	



<b>Aliran 2 (liquor ke PN)</b>		
H3PO4 liquor	11398,646	
NH3 liquor	850,246	
Sludge + debu	2253,623	
H2O liquor	14888,125	
<b>Aliran 3 (slurry ke granulator)</b>		
H3PO4 slurry	6284,051	
(NH4)2SO4 (ZA) slurry	19387,148	
NH4H2PO4 (MAP) slurry	6001,821	
Sludge slurry	2253,623	
H2O slurry	4587,732	
<b>Aliran 4 (gas ke Pre scrubber)</b>		
NH3 (g)	350,574	
H2O (g)	10499,305	
<b>Total</b>	<b>49.364,255</b>	<b>49.364,255</b>

Tabel IX. 2 Neraca Massa pada Granulator

KOMPONEN	INPUT (kg)	OUTPUT (kg)
<b>Aliran 3 (umpan slurry dari PN)</b>		
H3PO4 slurry	6284,05	
MAP slurry	6001,82	
H2O slurry	4587,73	
Sludge slurry	2253,62	
ZA slurry	19387,15	
<b>Aliran 5 ( Bahan Baku Padat)</b>		
KCl	21859,20	
ZA	13373,20	
H2O	2431,20	
Recycle	216176,40	
<b>Aliran 6 ( Umpam Cair)</b>		
NH3	3891,35	
H2O	19,55	



Aliran 7 (produk granul (Pupuk NPK) menuju dryer)		
KCl		21567,17
ZA		32322,63
Recycle		218360
DAP		15353,28
Sludge		2253,62
H2O		1481,46
Aliran 8 ( Komponen keluar menuju ke pre-scrubber)		
NH3 (g)		823,95
H2O (g)		729,78
Debu		3373,43
<b>Total</b>	<b>296.265,28</b>	<b>296.265,28</b>

Tabel IX. 3 Neraca Massa pada Pre-Scrubber

KOMPONEN	INPUT (kg)	OUTPUT (kg)
<b>Aliran 4 (Gas dari PN tank)</b>		
NH3	350,57	
H2O	10499,31	
<b>Aliran 8 ( Komponen dari Granulator)</b>		
NH3	823,95	
H2O	3373,43	
Debu	729,78	
<b>Aliran 9 ( Umpam H3PO4)</b>		
H3PO4	11398,65	
Sludge	1596,82	
H2O	3008,80	
<b>Aliran 2 (Liquor menuju PN Tank)</b>		
H3PO4		11398,65
NH3		850,25
Sludge + debu		2253,62
H2O		14888,12



Aliran 3 ( Komponen menuju granulator scrubber)		
NH3 (g)		324,28
Debu		72,98
H2O (g)		1993,41
<b>Total</b>	<b>31.781,31</b>	<b>31.781,31</b>

Tabel IX. 4 Neraca Panas pada Pre Neutralizer Tank

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
<b>Aliran 1 (Q umpan bahan baku)</b>		
Q NH <sub>3</sub>	157126,7694	
Q H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	39631,86044	
Q H <sub>2</sub> O	9439,498	
Q Reaksi MAP	299978,6691	
Q Reaksi ZA	1207901,166	
<b>Aliran 2 (Q Liquor ke PN Tank)</b>		
Q H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	148047,4288	
Q NH <sub>3</sub>	20860,59235	
Q Sludge + debu	27539,27825	
Q H <sub>2</sub> O	697843,4558	
<b>Aliran 3 (Q slurry ke granulator)</b>		
Q H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> slurry		170637,4117
Q ZA slurry		697250,4302
Q MAP slurry		566008,0786
Q Sludge slurry		39393,33746
Q H <sub>2</sub> O slurry		191815,8779
<b>Aliran 4 (Q gas ke Pre scrubber)</b>		
Q NH <sub>3</sub> (g)		17394,4823
Q H <sub>2</sub> O (g)		438982,4014
<b>Panas yg hilang</b>		486.886,6989
<b>Total</b>	<b>2.608.368,718</b>	<b>2.608.368,718</b>



$$\begin{aligned}\text{Panas yang hilang} &= Q \text{ input} - Q \text{ output} \\ &= (2.608.368,718 - 2.121.482,019) \text{ kkal} \\ &= 486.886,699 \text{ kkal} \\ \% \text{ Panas yang hilang} &= \frac{\text{panas yang hilang}}{Q \text{ input}} \times 100\% \\ &= 18,67\%\end{aligned}$$

Tabel IX. 5 Neraca Panas pada Granulator

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
<b>Aliran 1 (Q slurry dari PN)</b>		
Q H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Slurry	170637,412	
Q MAP slurry	566008,079	
Q H <sub>2</sub> O slurry	191815,878	
Q Sludge slurry	39393,337	
Q ZA slurry	697250,430	
<b>Aliran 2 (Q Bahan Baku Padat)</b>		
Q KCl	28623,737	
Q ZA	90297024,433	
Q H <sub>2</sub> O	1982,790	
Q Recycle	4127004	
<b>Aliran 3 (Q Umpan Cair)</b>		
Q NH <sub>3</sub>	101207,873	
Q H <sub>2</sub> O	220,774	
Q Reaksi		
Q reaksi MAP	405185,189	
Q Reaksi DAP	724641,444	
<b>Aliran 4 (Q keluar granulator menuju dryer)</b>		
Q KCl		204600,079
Q ZA		1704632,087
Q Recycle		3733956
Q DAP		84818516,430
Q Sludge		24406,742
Q H <sub>2</sub> O		84312,989



Aliran 5 (Q Keluar granulator ke pre-scrubber)		
Q NH <sub>3</sub>		24691,200
Q debu		13727,185
Q H <sub>2</sub> O		86743,184
<b>Panas yang hilang</b>		6655409,477
<b>Total</b>	<b>97.350.995,374</b>	<b>97.350.995,374</b>

$$\begin{aligned}
 \text{Panas yang hilang} &= Q \text{ input} - Q \text{ output} \\
 &= (97.350.995,374 - 90.695.585,897) \text{ kkal} \\
 &= 6655409,477 \text{ kkal} \\
 \% \text{ Panas yang hilang} &= \frac{\text{panas yang hilang}}{Q \text{ input}} \times 100\% \\
 &= 6,84\%
 \end{aligned}$$

Tabel IX. 6 Neraca Panas pada Granulator Pre-Scrubber

Komponen	Input (kkal)	Output (kkal)
<b>Aliran 1 (Panas Umpam)</b>		
Q NH <sub>3</sub> PN tank	17394,482	
Q H <sub>2</sub> O PN Tank	438982,401	
Q NH <sub>3</sub> Granulator	24691,200	
Q H <sub>2</sub> O Granulator	86743,184	
Q debu Granulator	13727,185	
Q H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	24359,733	
Q Sludge PA	254,077	
Q H <sub>2</sub> O	10764,072	
<b>Q reaksi</b>		
Q Reaksi MAP	130157,995	
<b>Aliran 2 (Q Panas Liquor)</b>		
Q H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> liquor		148047,429
Q NH <sub>3</sub> liquor		20860,592
Q sludge + debu liquor		27539,278
Q H <sub>2</sub> O Liquor		697843,456



Aliran 3 (Ke granulator scrubber)		
Q NH <sub>3</sub> (g)		7956,037
Q debu		1131,891
Q H <sub>2</sub> O (g)		42183,229
<b>Panas yang hilang</b>		-198487,582
<b>Total</b>	<b>747.074,330</b>	<b>747.074,330</b>

$$\begin{aligned}\text{Panas yang hilang} &= Q \text{ input} - Q \text{ output} \\ &= (747.074,330 - 945.561,912) \text{ kkal} \\ &= -1446187,678 \text{ kkal} \\ \% \text{ Panas diserap} &= \frac{\text{panas yang hilang}}{Q \text{ input}} \times 100\% \\ &= 26.57\%\end{aligned}$$

### IX.7.2 Pembahasan

Proses pereaksian bahan cair-cair pada reactor pre-neutralizer merupakan proses utama dalam pembentukan pupuk majemuk untuk pembentukan reaksi yang dapat menghasilkan campuran bahan yang diinginkan, dalam kasus ini adalah MAP serta DAP. Hasil reaksi yang diperoleh selanjutnya akan memasuki proses lanjutan yang berguna untuk mengolah pupuk menjadi butiran yang dapat digunakan oleh konsumen dengan mudah. Proses pembentukan bulir atau granul dilakukan pada alat granulator, sebuah drum panjang yang berputar pada rotornya. Perputaran ini nantinya akan membuat feed padatan terlapis dan teraglomerasi oleh likuida yang di semprotkan guna mereaksikan dan membentuk produk sesuai kebutuhan. Proses granulasi kemudian akan menghasilkan butiran granul produk yang nantinya akan diproses lebih lanjut untuk mempertahankan produk sampai pada tangan konsumen dengan layak. Sisa hasil proses pada kedua alat kemudian akan mengalami proses pengolahan lanjutan, guna memanfaatkan hasil sisa yang masih berguna dan menghilangkan kandungan berbahaya sebelum sisa produksi dibuang ke lingkungan, proses pencucian pertama ini dilakukan pada Granulator Pre-Scrubber, yang berfungsi untuk mencuci *fumes* sisa proses dengan mengontakkannya dengan asam fosfat. Hasil pengontakan akan menjadi feed



baru sebagai liquor pada reaktor pre-neutralizer dan mengalami pencucian lanjutan pada dryer scrubber.

Proses-proses tersebut perlu dievaluasi secara berkala guna mengetahui apakah proses dan alat masih efisien dan layak guna. Salah satu parameter yang dapat digunakan dalam penentuan efisiensi proses ialah menghitung seberapa besar amonia *losses* berdasarkan proses, hal ini dikarenakan semakin banyak amonia yang hilang maka reaksi yang terjadi akan semakin sedikit dan produk yang dihasilkan juga akan berkurang. Selain itu evaluasi ini dapat dilakukan dengan cara menghitung nilai effisiensi panas yang didasarkan pada perhitungan neraca massa dan neraca panas. Nilai effisiensi thermal pada alat-alat tersebut dipengaruhi oleh perubahan jumlah panas yang masuk dan keluar pada proses. Semakin banyak panas yang dibawa keluar produk di rotary dryer, maka effisiensi panas akan semakin tinggi dan nilai panas yang hilang akan semakin kecil.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan meninjau data *real time* yang didapatkan dari CCR atau ruang operator didapatkan bahwa besar nilai amonia *losses* atau banyaknya amonia yang hilang dari tangki reaksi pre-neutralizer sebesar 350,574 kg. Serta pada proses granulasi pada granulator dimana dilakukan penyemprotan amonia guna pembentukan reaksi DAP didapatkan *losses* sebesar 823,95 kg. Dimana amonia tersebut akan langsung dialirkan menuju granulator pre-scrubber. Amonia ini nantinya akan mengalami proses pencucian dengan aliran asam fosfat baru yang digunakan untuk mengambil kandungan amonia sebanyak-banyaknya dan memisahkannya agar gas tersebut mengalami pencucian lanjutan sebelum dibuang ke lingkungan.

Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa nilai *mass balance* pada reaktor pre-neutralizer telah *balance* dengan banyak massa yang masuk 49.364,225 kg dan massa keluar 49.364,225 kg. Sementara untuk *heat balance* atau kesetimbangan termal reaktor pre-neutralizer *balance* dengan panas yang masuk sebesar 2.608.368,718 kkal dan panas yang keluar sebesar 2.121.482,019 kkal sehingga panas yang hilang adalah 18,67%. Sementara pada granulator didapatkan *mass balance* dengan banyak massa yang masuk 296.265,28 kg dan massa keluar 296.265,28 kg. Sementara untuk *heat balance* atau kesetimbangan termal granulator *balance* dengan panas yang masuk sebesar 97.350.995,374 kkal dan panas yang keluar sebesar 90.695.585,897 kkal sehingga panas yang



hilang adalah 6,84%. Pada granulator pre-scrubber sendiri didapatkan *mass balance* dengan banyak massa yang masuk 296.265,28 kg dan massa keluar 296.265,28 kg. Sementara untuk *heat balance* atau kesetimbangan termal granulator pre-scrubber *balance* dengan panas yang masuk sebesar 747.074,330 kkal dan panas yang keluar sebesar 945.561,912 kkal sehingga panas yang diserap adalah 26.57%. Berdasarkan perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa ketiga alat masih berada di atas standar minimum *thermal efficiency*. Hal tersebut menunjukkan bahwa baik pada reaktor, granulator, maupun pada pre-scrubber ketiganya masih memiliki kemampuan yang baik untuk pengoperasian pada proses produksi pada Pabrik Phonska III sebab proses tidak mengalami *losses* panas pada persentase yang tinggi. Adapun proses dalam ketiga alat tersebut tidak 100% mampu menjaga panas pada sistem disebabkan danya panas yang hilang ke lingkungan yang disebabkan karena adanya kemungkinan kebocoran atau masuknya udara luar kedalam alat dan adanya panas yang diserap oleh alat, dimana terjadi perpindahan panas dari dalam ke lingkungan.

## IX.8 Kesimpulan dan Saran

### IX.8.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan berupa:

1. Pada alat PN Tank diperoleh nilai ammonia *losses* menuju pre-scrubber sebesar 350,574 kg dan pada alat granulator diperoleh nilai ammonia *losses* menuju pre-scrubber sebesar 823,95 kg.
2. Didapatkan hasil *mass balance* atau kesetimbangan neraca massa pada Reaktor Pre Neutralizer dengan umpan masuk sebesar 49.364,255 kg yang berasal dari umpan masukan asam sulfat, injeksi amonia, liquor dan asam fosfat dari keluaran proses Granulator Pre-Scrubber dengan produk keluar sebesar 49.364,255 kg yang menuju Granulator sebagai umpan likuid dan menuju Granulator Pre Scrubber sebagai umpan gas yang akan *di-scrubbing*.
3. Didapatkan hasil *mass balance* atau kesetimbangan neraca massa pada Granulator dengan umpan masuk sebesar 296.265,28 kg yang berasal dari umpan masukan slurry Reaktor Pre Neutralizer, injeksi amonia, dan umpan padatan berupa KCl, ZA, offspect, dan juga filler



dengan produk keluar sebesar 296.265,28 kg yang menuju Dryer sebagai umpan dan menuju Granulator Pre-Scrubber sebagai umpan gas yang akan di-*scrubbing*.

4. Didapatkan hasil *mass balance* atau kesetimbangan neraca massa pada Granulator Pre-Scrubber dengan umpan masuk sebesar 31.781,31 kg yang berasal dari umpan masukan asam fosfat, H<sub>2</sub>O dari seal tank, dan umpan gas yang berasal dari Reaktor Pre Neutralizer dan Granulator dengan produk keluar sebesar 31.781,31 kg yang menuju Reaktor Pre Neutralizer sebagai umpan liquor dan menuju Granulator Scrubber sebagai umpan gas yang akan mengalami proses *scrubbing* lanjutan.
5. Didapatkan hasil *heat balance* atau kesetimbangan neraca energi pada Reaktor Pre Neutralizer dengan panas masuk sebesar 2.608.368,718 kkal dan panas keluar sebesar 2.121.482,019 kkal sehingga panas yang hilang dari proses sebesar 486.886,699 kkal kkal serta panas yang hilang sebesar 18,67%, berdasarkan proses dapat disimpulkan bahwa reaksi Mono Ammonium Phosphate (MAP) yang terjadi pada Reaktor Pre Neutralizer merupakan reaksi eksoterm.
6. Didapatkan hasil *heat balance* atau kesetimbangan neraca energi pada Granulator dengan panas masuk sebesar 97.350.995,374 kkal dan panas yang keluar sebesar 90.695.585,897 kkal sehingga panas yang hilang dari proses sebesar 6.655.409,477 kkal serta panas yang hilang sebesar 6,84%, berdasarkan proses dapat disimpulkan bahwa reaksi Diammonium Phosphate (DAP) yang terjadi pada Granulator merupakan reaksi eksoterm.
7. Didapatkan hasil *heat balance* atau kesetimbangan neraca energi pada Granulator Pre-Scrubber dengan panas masuk sebesar 747.074,330 kkal dan panas keluar sebesar 945.561,912 kkal sehingga panas yang diserap dari proses sebesar 144.6187,678 kkal serta panas yang diserap dari lingkungan sebesar 26.57%, berdasarkan proses dapat disimpulkan bahwa reaksi yang terjadi pada Granulator Pre-Scrubber merupakan reaksi endoterm.



### IX.8.2 Saran

Saran yang dapat diberikan ialah, dalam proses pereaksian baik pada proses dalam tangki Pre Neutralizer, Granulator, ataupun Granulator Pre Scrubber proses kehilangan banyak panas sebab ketiadaan sistem yang mampu menjaga temperatur reaksi tetap stabil, hal tersebut nantinya akan mengurangi efisiensi proses, pada Granulator misalnya, suhu proses yang terlalu rendah akan membuat hasil reaksi DAP akan mengeras dan dapat menempel pada dinding Granulator, atau pada Reaktor Pre Neutralizer karakter MAP yang cenderung mengeras pada suhu rendah akan menyulitkan proses transfer produk sebab dapat menyebabkan adanya penyumbatan pada pipa atau bahkan pada pompa.