

Evaluasi Kinerja *High Pressure Decomposer*

Alvera Apridianti Melkias¹, Maisa Salsabila²

¹Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : alveramelkias@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung 40012
E-mail : maisa.salsabila.tken416@polban.ac.id

ABSTRAK

PT. Pupuk Kujang merupakan perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dengan usia pabrik yang semakin menua sehingga berpotensi menurunkan kinerja serta kualitas produksi pabrik. Pada penyediaan pupuk dibutuhkan bahan baku dasar NH_3 dan CO_2 agar menghasilkan pupuk kualitas baik dengan pengolahan sintesa, purifikasi, recovery, dan kristalisasi. Tahap proses purifikasi meliputi proses *High Pressure Decomposer*, *Low Pressure Decomposer* dan *separator*. *High Pressure Decomposer* merupakan alat penunjang untuk memisahkan kelebihan ammonia dan menguraikan ammonium karbamat menjadi ammonia dan karbondioksida, oleh karena itu diadakan analisis serta evaluasi pada proses kinerja alat HPD. Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi kinerja alat *High Pressure Dekomposer*. Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu mengevaluasi kinerja HPD serta analisis intensitas HPD dengan menggunakan *reboiler*. Metode penelitian yaitu analisis neraca massa input serta neraca massa output secara aktual. Berdasarkan hasil pengolahan data terkait neraca massa pada HPD (*High Pressure Decomposer*) secara aktual diperoleh massa input sebesar 201554,72 kg sedangkan massa output sebesar 201554,720 kg sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja pada HPD (*High Pressure Decomposer*) masih berfungsi secara baik di tinjau dari neraca massa sistem.

Kata Kunci

Purifikasi, *high pressure decomposer*, neraca massa

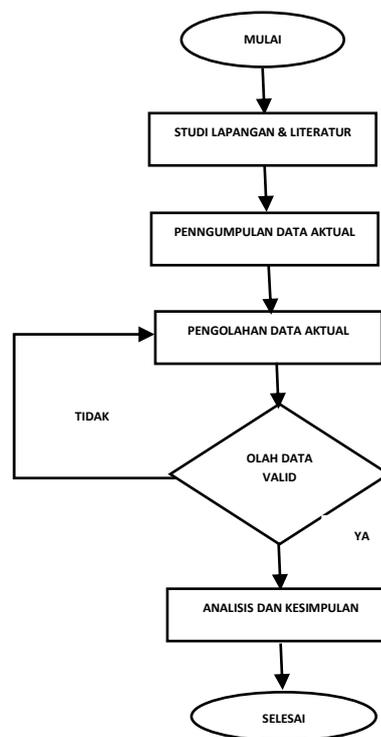
1. PENDAHULUAN

PT. Pupuk Kujang merupakan perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dengan usia pabrik yang semakin menua sehingga berpotensi menurunkan kinerja serta kualitas produksi pabrik. Pada penyediaan pupuk dibutuhkan bahan baku dasar NH_3 dan CO_2 agar menghasilkan pupuk kualitas baik dengan pengolahan sintesa, purifikasi, recovery, dan kristalisasi. Tahap proses purifikasi meliputi proses *High Pressure Decomposer*, *Low Pressure Decomposer* dan *separator*. *High Pressure Decomposer* merupakan alat penunjang untuk memisahkan kelebihan ammonia dan menguraikan ammonium karbamat menjadi ammonia dan karbondioksida, oleh karena itu diadakan analisis serta evaluasi pada proses kinerja alat HPD. Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi kinerja alat *High Pressure Dekomposer*. Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu mengevaluasi kinerja HPD serta analisis intensitas HPD dengan menggunakan *reboiler*. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu evaluasi kinerja pada alat *High Pressure Decomposer* dengan data aktual serta alat yang diteliti berada pada Unit Urea 1A di PT. Pupuk Kujang.

2. METODE

Metodologi penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1 yaitu pada diagram alur penelitian. Alat yang diteliti yaitu *High Pressure Decomposer* yang ada pada Unit Purifikasi Urea di Pupuk

Kujang. Pengumpulan data meliputi data massa yang ada pada HPD (DA-201) secara aktual. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan metode analisa komparatif kinerja yaitu membanding neraca massa input dengan neraca massa output.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Rumus perhitungan yang digunakan dalam analisis yaitu

1) Flashing Section

1) Flashing NH₃

$$NH_3 = \frac{NH_3 \text{ Output HPD (MBS no 11)}}{NH_3 \text{ Total Output (MBS no 11 + no 10)} \times NH_3 \text{ Input HPD}}$$

2) Flashing CO₂

$$CO_2 = \frac{CO_2 \text{ Output HPD (MBS no 11)}}{CO_2 \text{ Total Output (MBS no 11 + no 10)} \times CO_2 \text{ Input HPD}}$$

3) Flashing H₂O

$$H_2O = \frac{H_2O \text{ Output HPD (MBS no 11)}}{H_2O \text{ Total Output (MBS no 11 + no 10)} \times H_2O \text{ Input HPD}}$$

2) Stripping Section

1) Sisa NH₃ (kg) = NH₃ Input - NH₃ Hasil Flashing

$$Sisa \text{ NH}_3 \text{ (kmol)} = \frac{Sisa \text{ NH}_3 \text{ (kg)}}{BM \text{ NH}_3 \left(\frac{kg}{kmol}\right)}$$

2) Sisa CO₂ (kg) = CO₂ Input - CO₂ Hasil Flashing

$$Sisa \text{ CO}_2 \text{ (kmol)} = \frac{Sisa \text{ CO}_2 \text{ (kg)}}{BM \text{ CO}_2 \left(\frac{kg}{kmol}\right)}$$

3) Sisa H₂O (kg) = H₂O Input - H₂O Flashing

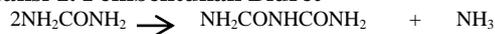
$$Sisa \text{ H}_2\text{O} \text{ (kmol)} = \frac{Sisa \text{ H}_2\text{O} \text{ (kg)}}{BM \text{ H}_2\text{O} \left(\frac{kg}{kmol}\right)}$$

Reaksi Samping Pembentukan Biuret

$$\text{Urea membentuk Biuret (kg)} = \text{Urea Input} \times \frac{\text{Biuret Output HPD (MBS no.10)}}{\text{Urea Output HPD (MBS no.10)}}$$

$$\text{Urea membentuk Biuret (kmol)} = \frac{\text{Urea membentuk biuret (kg)}}{BM \text{ Biuret} \left(\frac{kg}{kmol}\right)}$$

Reaksi 1. Pembentukan Biuret

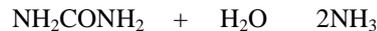


Urea yang terhidrolisa

$$\text{Urea yang bereaksi (kg)} = \text{Urea Input} \times \frac{\text{Total NH}_3 \text{ dan CO}_2 \text{ Output HPD (MBS no. 10)}}{\text{Urea Output HPD (MBS no. 10)}}$$

$$\text{Urea membentuk biuret (kmol)} = \frac{\text{Urea yang bereaksi (kg)}}{BM \text{ Urea} \left(\frac{kg}{kmol}\right)}$$

Reaksi 2. Hidrolisa Urea



a. Perhitungan Neraca Massa Output High Pressure Decomposer

1. Sisa Urea = kg
2. NH₃ = NH₃ Input - NH₃ Flashing + NH₃ Pembentukan Biuret + NH₃ Sisa Hidrolisa Urea
3. CO₂ = CO₂ Input - CO₂ Flashing + CO₂ Sisa Hidrolisa Urea
4. H₂O = H₂O Sisa Hidrolisa Urea
5. Biuret = Biuret Input + Biuret Hasil Reaksi Pembentukan Biuret

Perhitungan Cp dari zat menggunakan rumus dari buku referensi Perry, R.H., and Don Green^[4] halaman 260.

$$\text{Komponen} \quad \text{Enthalpy} = \Delta H = \int_{T_{no}}^T C_p dT \left(\frac{Cal}{mol}\right)$$

$$\text{Urea (NH}_2\text{CONH}_2) \quad \int_{298}^T (0,3437 + 0,001073 T) dT$$

$$\text{NH}_3 \text{ Cair} \quad \int_{298}^T (22,622 - 100,75 \times 10^{-3}T + 192,71 \times 10^{-6}T^2) dT$$

$$\text{NH}_3 \text{ Gas} \quad \int_{298}^T (6.70 + 0.00630T) dT$$

Serta buku referensi Perry, R.H., and Don Green^[4] halaman 260,

$$\text{H}_2\text{O Cair} \quad \int_{298}^T (276370 - 2090,1T + 8,125T^2 - 0,014116T^3 + 9,3701 \times 10^{-6}T^4) dT$$

$$\text{H}_2\text{O Gas} \quad \int_{298}^T (8.22 + 0.00015T + 0.00000134T^2) dT$$

$$\text{Biuret} \quad \int_{298}^T (0,3437 + 0,001073 T) dT$$

▪ ΔH unit High Pressure Decomposer (DA-201)

$$\Delta H \text{ pada HPAC} = n \int_{298}^T C_p dT + (n \cdot \lambda)$$

$$\Delta H \text{ pada LPD} = n \int_{298}^T C_p dT$$

$$\Delta H \text{ Total Output} = \Delta H \text{ pada HPAC} + \Delta H \text{ pada LPD}$$

▪ Panas yang dibebankan pada reboiler HPD = ΔH output - ΔH input

▪ Mencari massa steam yang di butuhkan:

$$T_{sin} =$$

$$T_{sout} =$$

$$T_{ref} =$$

$$\Delta H \text{ ref} =$$

$$C_p \text{ air} =$$

$$C_p \text{ steam} =$$

$$\text{Entalphy steam} =$$

Asumsi yang digunakan adalah:

✓ panas yang disupply steam = panas yang dibebankan pada reboiler

$$Q \text{ steam masuk} - Q \text{ steam keluar} = Q \text{ fluida keluar} - Q \text{ fluida masuk}$$

$$Q_{sin} = (0,7 \text{ ms.} [C_{p\text{steam}} \cdot (T_{sin} - T_{ref}) + \Delta H_{ref}]) + 0,3 \text{ ms.} C_{p\text{air}} (T_{sin} - T_{ref})$$

$$Q_{sout} = \text{ms.} C_{p\text{air}} (T_{sout} - T_{ref})$$

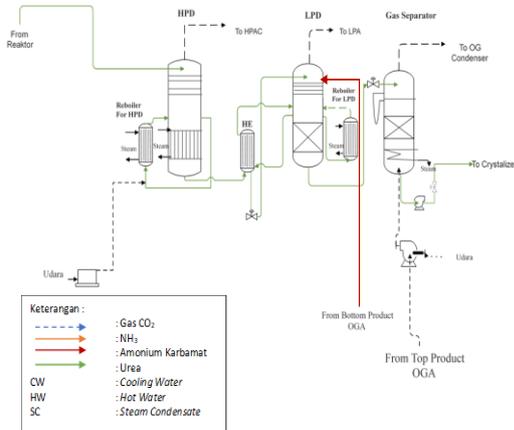
▪ Intensitas

Intensitas adalah keadaan tingkatan atau ukuran, sehingga dapat disimpulkan dengan rumus berikut :

$$\text{Intensitas} = \frac{\text{energi yang dibutuhkan}}{\text{total konsumsi terpakai (kWh)}} = \frac{\text{massa produk}}{m \text{ urea (kg)}}$$

2. IDENTIFIKASI ALAT

2.1 Proses Purifikasi Urea



Gambar 2 Diagram Alir Proses di Unit Purifikasi

Unit pemurnian urea bertujuan untuk memisahkan/memurnikan urea dari komponen lain yang terdapat dalam produk outlet reaktor dengan konsentrasi 36,5% dari campuran yang tidak dikehendaki yaitu amonia berlebih, amonium karbamat, air, CO₂, dan biuret, sehingga konsentrasi urea menjadi 70-75%. Larutan karbamat didekomposisi menjadi gas CO₂ dan NH₃ dengan cara menaikkan temperatur dan menurunkan tekanan. Berikut merupakan persamaan reaksi dekomposisi ammonium karbamat menjadi CO₂ dan NH₃. Kondisi operasi alat pada unit ini tertera pada tabel 1.

Tabel 1 Kondisi Operasi Alat Unit Purifikasi

No.	Nama Alat	Kondisi Operasi	
		Tekanan	Temperatur
1	High Pressure Decomposer (HPD)	17 kg/cm ²	120-165 °C
2	Low Pressure Decomposer (LPD)	2,3-2,5 kg/cm ²	117 °C
	Top		115 °C
	Bottom		
3	Gas Separator	0,2-0,5 kg/cm ²	102-106 °C
	Top		
	Bottom	Atmosfer	90-98 °C

2.2 High Pressure Decomposer (HPD)

High Pressure Decomposer (HPD) berfungsi sebagai tempat proses dekomposisi utama dilaksanakan. Produk outlet reaktor sintesis urea masuk menuju High Pressure Decomposer melalui flashing section (bagian atas) pada Flashing Section cairan mengalami penurunan tekanan yang besar, sehingga komponen volatil akan terpisah dari

cairannya. dimana terjadi dekomposisi ammonium karbamat menjadi NH₃ dan CO₂. Hasil proses dekomposisi berupa gas mengalir ke bagian atas HPD, sementara cairan mengalir turun dan masuk stripping section. Pada stripping section, gas terlarut yang belum terpisahkan dalam cairan pada bagian flashing section dipisahkan dengan cara mengontakkan cairan tersebut dengan gas panas yang dihasilkan Reboiler for High Pressure Decomposer dan Falling Film Heater.

2.2 Low Pressure Decomposer (LPD)

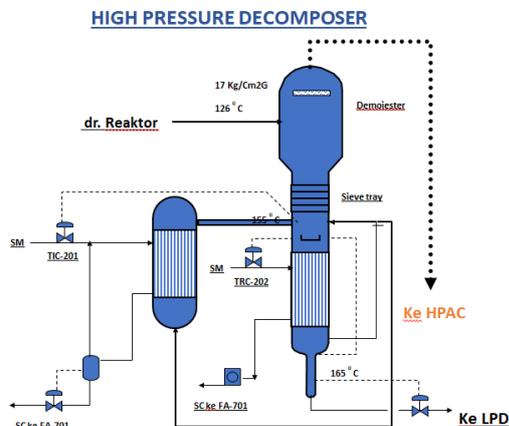
Low Pressure Decomposer (LPD) berfungsi untuk menyempurnakan proses dekomposisi cairan keluaran HPD. Larutan urea masuk ke LPD melalui bagian atas yang tersusun dari Sieve Tray dan Packed Bed di bagian bawah dan terjadi proses flashing karena adanya penurunan tekanan dari 17 kg/cm² menjadi 2,3-2,5 kg/cm². Pada bagian atas LPD, diumpungkan larutan outlet dari bawah Off Gas Absorber (OGA) sehingga terjadi pencampuran dengan umpan larutan HPD. Campuran kedua larutan tersebut kemudian menuju sieve tray pada stripping section dan melewati Reboiler for Low Pressure Decomposer. Pada sieve tray terjadi proses kontak antara larutan dengan gas panas yang berasal dari reboiler sehingga gas terlarut dapat terpisah dan mengalir menuju bagian atas LPD. Larutan kemudian memasuki packed bed. Gas berupa CO₂ diinjeksikan ke dalam packed bed dan terjadi kontak antara gas CO₂ dengan larutan. Injeksi gas CO₂ bertujuan mencegah terjadinya reaksi hidrolisis urea.

2.3 Gas Separator

Gas Separator berfungsi untuk menyempurnakan pemurnian produk urea. Larutan yang keluar dari bagian bawah LPD masuk menuju flashing section (bagian atas) dari Gas Separator. Pada flashing section, temperatur larutan yaitu 108°C terjadi penurunan tekanan dari 2,3-2,5 kg/cm² menjadi 0,35 kg/cm², dan tekanan atmosferik sehingga akan terbentuk fasa gas dan fasa cair yaitu larutan urea. Gas terlarut akan terpisah dari larutan dan akan mengalir menuju bagian atas Gas Separator. Fasa cairan atau larutan urea kemudian masuk menuju packed bed pada temperatur 90°C dan tekanan 1 atm. Pada packed bed terjadi proses stripping dengan bantuan stripping gas yang berasal dari bagian atas Off Gas Absorber yang mengandung CO₂ untuk menstripping sejumlah kecil gas-gas amonia yang masih terdapat dalam produk urea, sebelum masuk ke Gas Separator, gas dari OGA diinjeksikan udara (O₂) sebagai antikorosi pada Gas Separator. Gas dari OGA dialirkan oleh Off Gas Circulation Blower dan diinjeksikan melalui Distributor di dalam Gas Separator. Cairan yang jatuh di bagian bawah Raschigring Packed Bed akan mengalami kontak dengan gas yang keluar dari Off

Gas Absorber sebagai *stripping*. Di bagian bawah *Packed Bed*, cairan akan dipanaskan kembali dengan *low steam* yakni tekanan 4 kg/cm². Produk urea yang keluar dari *Gas Separator* memiliki konsentrasi sebesar 75%.

2.4 Unit Purifikasi



Gambar 3 High Pressure Decomposer

High Pressure Decomposer

High Pressure Decomposer merupakan salah satu dari tiga rangkaian alat penyusun unit purifikasi. Prinsip kerja dari alat ini yaitu untuk memisahkan kelebihan NH₃ dari campuran reaksi dan mendekomposisi amonium karbamat menjadi NH₃ dan CO₂. *High Pressure Decomposer* (HPD) terdiri dari tiga bagian di dalamnya yaitu:

2.4.1. Flashing Section

Pada flashing section produk reaktor sintesa yang memiliki tekanan 200 kg/cm² mengalami penurunan tekanan yang besar yaitu tekanan menjadi 17 kg/cm², sehingga komponen volatil akan terpisah dari cairannya.

2.4.2. Stripping Section

Pada bagian ini dekomposisi terus berlanjut, untuk memisahkan gas yang terlarut di dalam cairan, dilakukan proses *stripping* di dalam *Stripping Section*. Cairan turun ke *Stripping Section* melewati empat buah *Sieve Tray* cairan dan kontak dengan gas bertemperatur tinggi yang dihasilkan oleh reboiler for *High Pressure Decomposer* dan gas falling film heater berupa gas Amonia dan yang diserapnya yaitu CO₂.

2.4.3. Falling Film Heater

Pada *Falling Film Heater*, cairan dilewatkan melalui *tube-tube* panas berbentuk *film* dengan tujuan membuat luas kontak bertambah dan mempercepat proses pemanasan, sehingga memperkecil waktu tinggal dalam HPD dan mengurangi terjadinya reaksi hidrolisis urea maupun pembentukan biuret. Pada bagian ini dekomposisi ammonium karbamat terjadi karena cairan dipanaskan dengan steam 12 kg/cm², pemanasan dalam *Falling Film Heater* dilakukan dengan media pemanas *Middle Pressure Steam*.

Fungsi:	Memisahkan NH ₃ berlebih dan amonium karbamat melalui proses dekomposisi menjadi NH ₃ dan CO ₂		
Tipe	: Silinder Tegak		
Jumlah	: 1 Unit		
Ukuran			
Diameter atas	: 3,350 m		
Diameter Tengah	: 2,100 m		
Diameter Bawah	: 0,800 m		
Tinggi Alat	: 14,212 m		
	<i>Tube Side</i>	<i>Shell Side</i>	
Tekanan Intern Desain (kg/cm ²)	20,2	15,0	
Tekanan Ekstern Desain (kg/cm ²)	0,175	0,175	
Tekanan Operasi (kg/cm ²)	17,0	10,0	
Temperatur Desain	125 °C	125 °C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Umpan dari Urea Synthesis Reactor 2. Vapour inlet dari bottom part 3. Cairan masuk dari Reboiler 4. Air inlet 5. Stem inlet 6. Drain 7. Vapour outlet 8. Solution outlet 9. Baffle 10. Tube 11. Solution inlet dari Reboiler 12. Vapour outlet <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Cair →</p> <p>Gas →</p> </div>

Gambar 4 Spesifikasi High Pressure Decomposer

Alat Pendukung Proses yaitu *Reboiler for High Pressure Decomposer* berfungsi memanaskan larutan dari *High Pressure Decomposer*. Spesifikasi dari *High Pressure Decomposer* dapat dilihat pada Tabel 2.

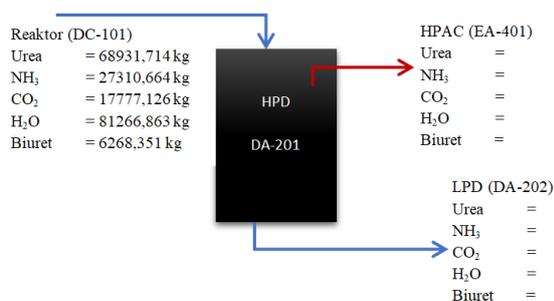
Tabel 2 Spesifikasi *Reboiler High Pressure Decomposer*

Spesifikasi	Keterangan
Type	Shell and Tube
Jumlah	1 buah
Bahan Konstruksi	Carbon Steel
Ukuran:	
Diameter shell	1850 mm
Tebal shell	18 mm
Outside diameter tube	38.1 mm
Tebal tube	BWG 12
Panjang tube	5.000 mm
Jumlah tube	1.227 buah
Shell Side	Tube Side
Surface per cell : 694 m	-
Fluida : Steam	Larutan urea
Temperatur Masuk : 183 °C	151 °C
Temperatur Keluar : 145 °C	160 °C
Temperatur Desain : 220 °C	200 °C
Tekanan Operasi : 10 kg/cm ²	17 kg/cm ²
Tekanan Design : 15 kg/cm ²	20 kg/cm ²
Insulation : 100 mm hot	Hot

3. DATA PENELITIAN

3.1 Neraca Massa pada HPD (DA-201)

Gambar 5 adalah data yang diperoleh dari pengambilan data massa secara aktual pada HPD (DA-201).



Gambar 5 Data yang diperoleh dari pengambilan data massa secara aktual pada HPD (DA-201)

Umpan masuk pada alat *High Pressure Decomposer* terdiri dari komponen urea, NH₃, CO₂, H₂O serta biuret dengan satuan massa maupun kmol yang ditunjukkan pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Umpan Masuk *High Pressure Decomposer*

Aliran	Komponen	Massa (kg) [1]	M (kg/kmol) [2]	Mol (kmol) [1]/[2]
Reaktor	Urea	68931,714	60	1148,861
	NH ₃	27310,664	17	1606,509
	CO ₂	17777,126	44	404,025
	H ₂ O	81266,863	18	4514,825
	Biuret	6268,351	103	60,857
Total		201554,720		7735,080

Data temperatur pada alat dengan fluida urea dapat dilihat pada table 4.

Tabel 4 Data Temperatur Alat

Fluida	:	Larutan urea
Temperatur Inlet to HPD	: TRC-103-1	118 °C
Temperatur Bottom to LPD	: TRC-202	152 °C
Temperatur HPD to HPAC	: TI-102-3	122 °C

4. DISKUSI

4.1 Neraca Massa pada HPD Data Aktual

Berdasarkan perhitungan neraca massa HPD (*High Pressure Decomposer*) Actual sesuai dengan data yang diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Neraca Massa HPD secara Actual

Aliran	Komponen	Massa Input Kg	BM kg/kmol	Mol Kmol
Input	Urea	68931,71	60	1148,86
	NH ₃	27310,66	17	1606,51
	CO ₂	17777,12	44	404,02
	H ₂ O	81266,86	18	4514,82
	Biuret	6268,35	103	60,85
Total		201554,72		7735,08
Aliran	Komponen	Massa Output Kg	BM kg/kmol	Mol kmol
To HPAC	NH ₃	24837,67	17	1461,04
	CO ₂	16354,17	44	371,68
	H ₂ O	11786,56	28	654,81
To LPD	Urea	60552,22	60	1009,20
	NH ₃	7140,99	17	420,05
	CO ₂	7429,22	44	168,84
	H ₂ O	67023,183	18	3723,51
	Biuret	6430,667	103	62,43
Total		201554,72		7871,58
		0		

Berdasarkan hasil perhitungan data pada neraca massa, didapat bahwa kinerja dari HPD (*High Pressure Decomposer*) berkerja cukup baik, hal ini di karenakan massa yang masuk pada alat HPD memiliki hasil yang sama dengan massa yang keluar menuju LPD dan HPAC.

4.2 Neraca Energi pada HPD (DA-201)

Berdasarkan hasil perhitungan pada pengolahan data yang terdapat di lampiran, dapat dilihat bahwa bentuk energi yang digunakan pada proses produksi pupuk urea di alat *High Pressure Decomposer* bersumber dari energi uap yang dihasilkan oleh

steam yang berasal dari bahan bakar gas alam serta air umpan ketel.

Pada data Actual Intensitas yang di didapatkan adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{\text{total konsumsi terpakai (kWh)}}{M \text{ urea (kg)}} = \frac{29070,139 \text{ kWh}}{60552,2 \text{ kg}} \\ = 0,480 \text{ kwh/kg}$$

Pada data aktual untuk memproduksi 1 kg urea dibutuhkan energi sebesar 0,480 kwh, Energi tersebut diperoleh dari energi uap bertekanan 15,517 kg/cm² sesuai dengan kondisi oprasi di lapangan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data terkait neraca massa pada HPD (*High Pressure Decomposer*) secara aktual diperoleh massa input sebesar 201554,72 kg sedangkan massa output sebesar 201554,720 kg sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja pada HPD (*High Pressure Decomposer*) masih berfungsi secara baik di tinjau dari neraca massa sistem.

Hasil evaluasi kinerja HPD (*High Pressure Decomposer*) sebaiknya dilakukan perawatan secara

berkala sehingga kinerja alat tersebut tetap terjaga dengan baik, pemasangan alat ukur flow rate gas sebelum masuk dan keluar pada alat *High Pressure Decomposer* untuk meningkatkan keakuratan pembacaan jumlah gas masuk dan keluar dan masuk akan sama dengan massa yang terbaca pada alat ukur massa terproduksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Coulson, M. J. And Richardson, J. F., 2005, *Chemical Engineering Design*, Vol.6, 4ed., pp.440-441, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [2] Abidin, Zainal, *Proses Urea TRCI PUSRI II*, PT PUSRI, Palembang.
- [3] Smith, J.M., Van Ness, H. C., and Abbot, M. M., 2001, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6ed., pp. 406, 560-561, McGraw-Hill Book Company, New York.
- [4] Perry, R.H., and Don Green, 1984, *Perry's Chemical Engineers Handbook*, Sixth International Edition, McGraw Hill Book Company, New York.
- [5] _____, *Basic Design Package for PUSRI II Urea Plant Optimization Project*, PT PUSRI, Palembang.