

EVALUASI KINERJA *STRIPPER* UNIT V UREA
PT. PUPUK KALTIM



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Kimia
Jurusan Teknik Kimia Politeknik
Negeri Ujung Pandang

SELVINA SELIN 331 15 040
NISA ALPRIANTI PARAMMA' 331 15 075

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2018

HALAMAN PENGESAHAN PERUSAHAAN

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN KEGIATAN KERJA PRAKTIK

DEPARTEMEN OPERASI PABRIK 5

PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR

Oleh:

Selvina Selin 331 15 040

Nisa Alprianti Paramma' 331 15 075

Laporan kerja praktik ini telah diperiksa dan disetujui oleh PT. Pupuk Kalimantan Timur

Bontang, Juni 2018



Mengetahui,

Pembimbing Kerja Praktik

Tomik Sundoro

NPK. 8302083

Mengesahkan,

Manager Operasi Pabrik 5

Robert Sarijaka

NPK. 0003461

Manager Diklat dan Man.Pengetahuan

Tathit Surya Arjanggal, S.Kom

NPK. 0503589

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “ Evaluasi Kinerja *Stripper* Unit V PT. Pupuk Kaltim” oleh Selvina Selin NIM 331 15 040 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, Agustus 2018

Menyetujui,

Pembimbing I


Dra. Sri Indriati, M.Si

NIP. 19590114 198803 2 001

Pembimbing II

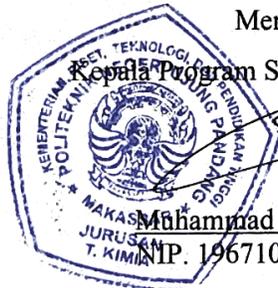

Tri Hartono, LRSC, M.Chem.Eng.

NIP. 196331225 199202 1 001

Mengetahui,

Kepala Program Studi D-3 Teknik Kimia

Muhammad Saleh S.T., M.Si
NIP. 19671008 199303 1 001



HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “ Evaluasi Kinerja *Stripper* Unit V PT. Pupuk Kaltim” oleh Nisa Alprianti Paramma’ NIM 331 15 075 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, Agustus 2018

Menyetujui,

Pembimbing I



Tri Hartono, LRSC, M. Chem. Eng.

NIP. 196331225 199202 1 001

Pembimbing II



Fajar, S.T., M.Eng.

NIP. 19740826 200112 1 001

Mengetahui,

Kepala Program Studi D-3 Teknik Kimia



Muhammad Saleh S.T., M.Si.

NIP. 19671008 199303 1 001

HALAMAN PENERIMAAAN

Pada hari ini, Senin tanggal 13 Agustus 2018, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Selvina Selin NIM 331 15 040 dengan judul “Evaluasi Kinerja *Stripper* Unit V Urea PT. Pupuk Kaltim”.

Makassar, Agustus 2018

Tim Penguji Seminar Tugas Akhir:

- | | | |
|---|------------|---------|
| 1. Hb. Slamet Yulistiono, Dip.Ing.Htl, M.T. | Ketua | (.....) |
| 2. Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T. | Anggota | (.....) |
| 4. Lasire, S.T., M.Si | Anggota | (.....) |
| 5. Dra. Sri Indriati, M.Si | Anggota | (.....) |
| 6. Tri Hartono, LRSC, M. Chem. Eng. | Anggota | (.....) |

HALAMAN PENERIMAAAN

Pada hari ini, Senin tanggal 13 Agustus 2018, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Nisa Alprianti Paramma' NIM 331 15 075 dengan judul "Evaluasi Kinerja *Stripper* Unit V Urea PT. Pupuk Kaltim".

Makassar, Agustus 2018

Tim Penguji Seminar Tugas Akhir:

- | | | |
|---|------------|---------|
| 1. Hb. Slamet Yulistiono, Dip.Ing.Htl, M.T. | Ketua | (.....) |
| 2. Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T. | Anggota | (.....) |
| 4. Lasire, S.T., M.Si | Anggota | (.....) |
| 5. Tri Hartono, LRSC, M. Chem. Eng. | Anggota | (.....) |
| 6. Fajar, S.T., M.Eng. | Anggota | (.....) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Evaluasi Kinerja *Stripper* Unit V Urea PT. Pupuk Kaltim” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

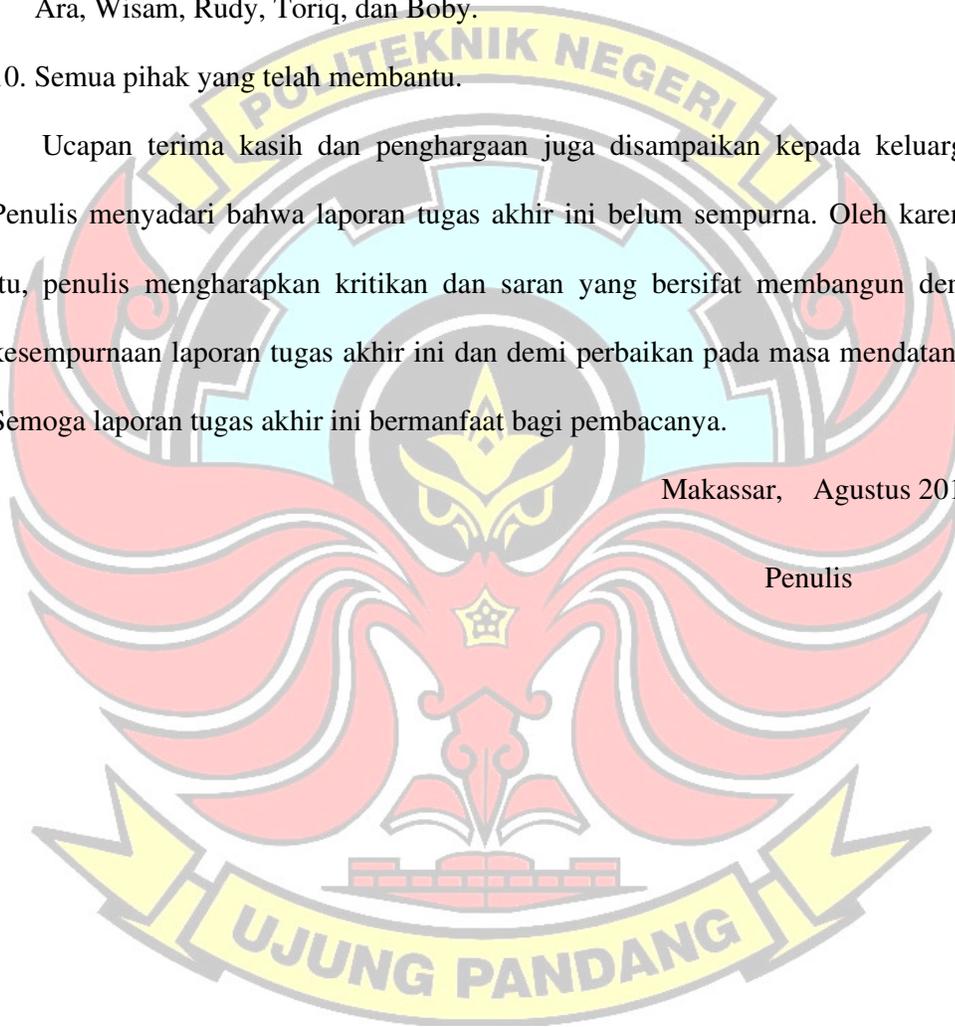
1. Bapak Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M.Sc selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang;
2. Bapak Wahyu Budi Utomo, HND., M.Sc selaku ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang;
3. Bapak Muh. Saleh, M.T selaku Ketua Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang;
4. Bapak Tri Hartono, LRSC, M.ChemEng, Ibu Dra. Sri Indriati, M.Si, dan Bapak Fajar, S.T., M.Eng sebagai dosen pembimbing yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatanya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini;
5. Pimpinan perusahaan PT. Pupuk Kaltim yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan Kerja Praktek.
6. Bapak Tomik Sundoro selaku pembimbing lapangan selama kerja praktek di PT. Pupuk Kaltim;

7. Pihak industri PT. Pupuk Kaltim;
8. Mbak Hani dan Mbak Ayu yang membantu dalam penyelesaian laporan.
9. Teman-teman seperjuangan Kerja Praktik periode April – Juni 2018 di PT. Pupuk Kaltim, terkhusus di Pabrik-5: Mas Tomi, Mas Candra, Abu, Habibi, Ara, Wisam, Rudy, Toriq, dan Bobby.
10. Semua pihak yang telah membantu.

Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada keluarga Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, Agustus 2018

Penulis



DAFTAR ISI

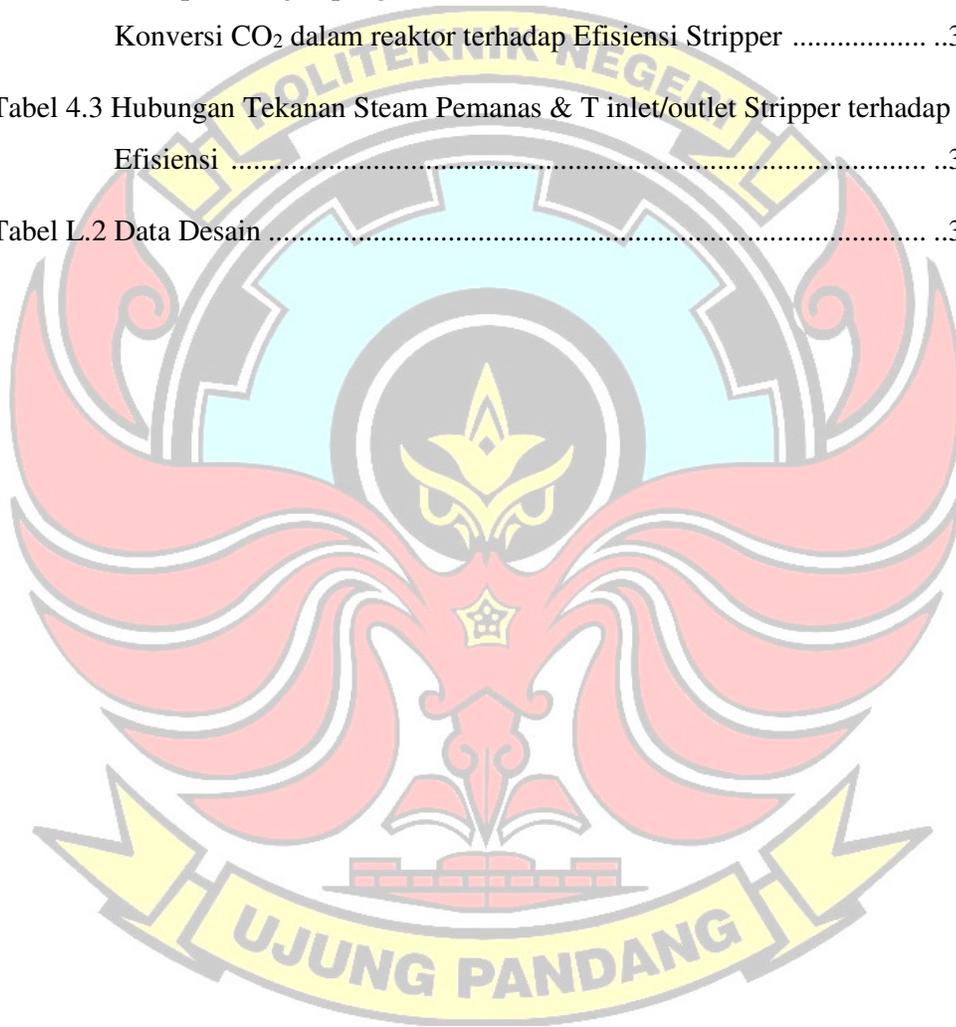
	hlm.
HALAMAN SAMBUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
SURAT PERNYATAAN	xv
RINGKAKASAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup.....	2
1.4 Tujuan Kegiatan.....	2
1.5 Manfaat Kegiatan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Urea	4
2.2 Uraian Proses Produksi	6
2.3 Stripper	10
2.4 Neraca Massa.....	16
2.5 Rumus Dasar Perhitungan	18
BAB III METODE KEGIATAN.....	24
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan	24

3.2 Alat.....	24
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	24
3.4 Prosedur Pelaksanaan.....	25
3.5 Teknik Analisis Data.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil	29
4.2 Deskripsi Kegiatan.....	31
BAB V PENUTUP	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	38



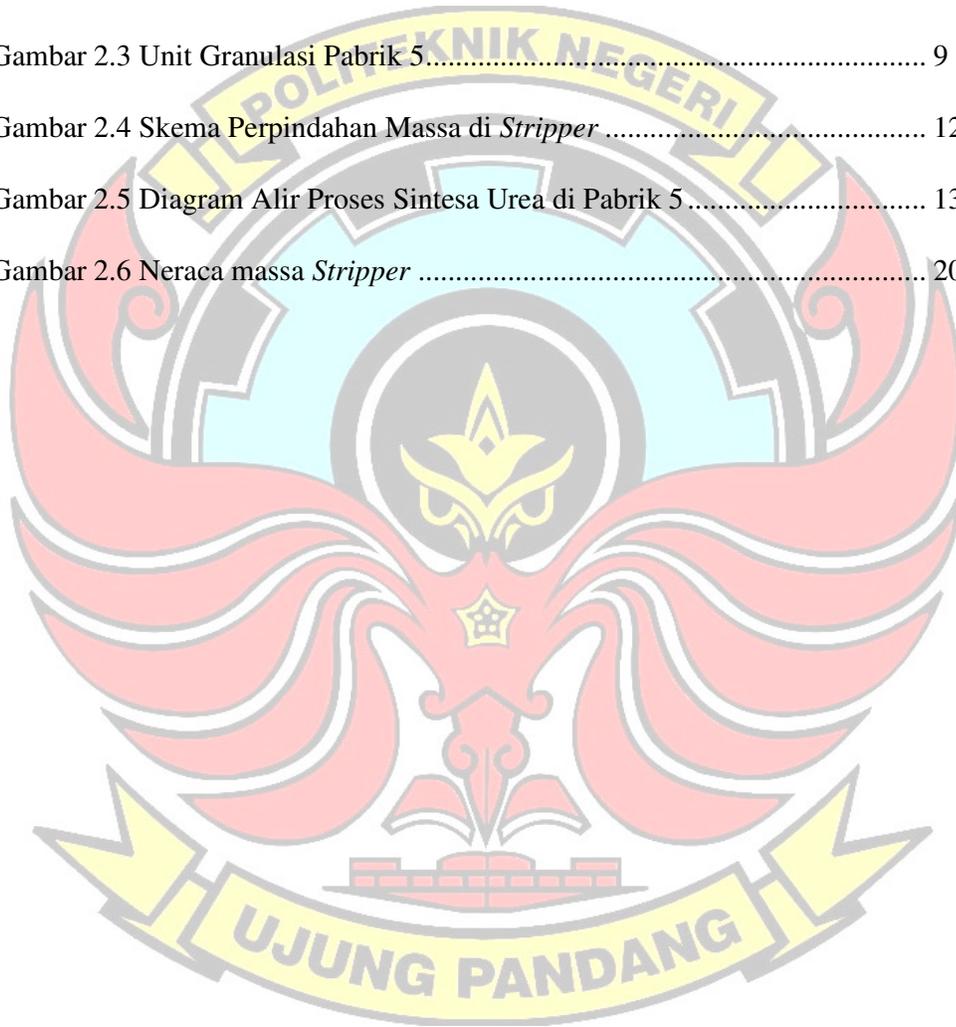
DAFTAR TABEL

	hlm.
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Efisiensi <i>Stripper</i>	29
Tabel 4.2 Hasil perhitungan pengaruh Rasio NH_3/CO_2 , Rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ dan Konversi CO_2 dalam reaktor terhadap Efisiensi <i>Stripper</i>	30
Tabel 4.3 Hubungan Tekanan Steam Pemanas & T inlet/outlet <i>Stripper</i> terhadap Efisiensi	31
Tabel L.2 Data Desain	39



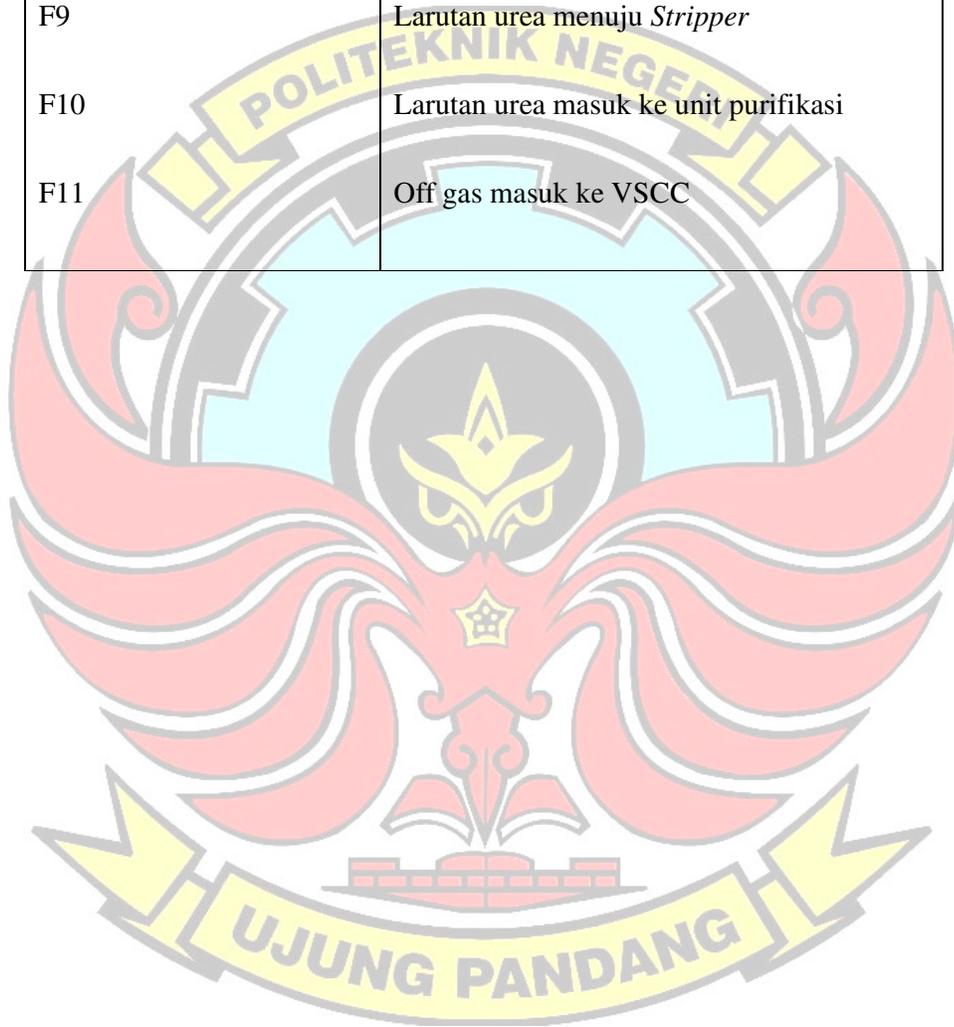
DAFTAR GAMBAR

	hlm.
Gambar 2.1 Struktur molekul urea.....	5
Gambar 2.2 Alur Proses Unit Urea	6
Gambar 2.3 Unit Granulasi Pabrik 5.....	9
Gambar 2.4 Skema Perpindahan Massa di <i>Stripper</i>	12
Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Sintesa Urea di Pabrik 5.....	13
Gambar 2.6 Neraca massa <i>Stripper</i>	20



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
F4	Gas CO ₂ masuk <i>Stripper</i>
F9	Larutan urea menuju <i>Stripper</i>
F10	Larutan urea masuk ke unit purifikasi
F11	Off gas masuk ke VSCC



DAFTAR LAMPIRAN

	hlm.
Lampiran 1 Data Penelitian	38
Lampiran 2 Perhitungan.....	40



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Selvina Selin

NIM : 331 15 040

Program Studi : D3 Teknik Kimia

Tempat/Tgl.Lahir : Tikala/ 12 November 1997

Alamat : Pondok Aprilia, Jl. Politeknik Unhas, Tamalanrea.

Dengan ini menyatakan:

Tugas Akhir yang berjudul: “Evaluasi Kinerja Stripper Unit V Urea PT. Pupuk Kaltim” adalah benar disusun/dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bukti-bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir tersebut merupakan plagiat/mencontek/menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.

Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah asli milik saya pribadi dan dapat saya pertanggungjawabkan keasliannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Makassar, Agustus 2018
Hormat Saya,

(Selvina Selin)

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Nisa Alprianti Paramma'
NIM : 331 15 075
Program Studi : D3 Teknik Kimia
Tempat/Tgl.Lahir : Parinding / 12 April 1997
Alamat : NTI, Jalan Flamboyan, Blok DF No.28

Dengan ini menyatakan:

Tugas Akhir yang berjudul: “Evaluasi Kinerja Stripper Unit V Urea PT. Pupuk Kaltim” adalah benar disusun/dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bukti-bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir tersebut merupakan plagiat/mencontek/menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.

Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah asli milik saya pribadi dan dapat saya pertanggungjawabkan keasliannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Makassar, Agustus 2018
Hormat Saya,

(Nisa Alprianti Paramma')

EVALUASI KINERJA STRIPPER UNIT V UREA PT. PUPUK KALTIM

RINGKASAN

Stripper merupakan salah satu rangkaian alat utama pada proses sintesa di unit V urea. Alat ini dirancang sebagai *counter current film evaporator* yang berfungsi untuk mengambil kembali NH_3 dan CO_2 yang tidak bereaksi untuk diumpankan dan digunakan kembali di *Vertical Submerged Carbamate Condenser (VSCC)*. Kinerja *Stripper* dapat mempengaruhi hasil produksi dan kinerja alat produksi pada unit serja yang lainnya. Jika kinerjanya tidak maksimal maka akan menambah beban pada unit proses selanjutnya dan sebaliknya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja *Stripper*, salah satunya adalah penggunaan *Stripper* secara terus menerus. Oleh karena itu perlu dievaluasi berdasarkan perhitungan efisiensi Mark Brouwer dan efisiensi neraca massa.

Kegiatan ini dilakukan dengan cara pengamatan dan pengambilan data melalui CCR (*Central Control Room*) dan unit QC (*Quality Control*) pada unit V PT. Pupuk Kaltim untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Data yang digunakan meliputi data primer dan data sekunder. Setelah mendapatkan data-data tersebut dilakukan pengolahan data dengan menghitung efisiensi *Stripper* berdasarkan neraca massa dan Mark Brouwer, serta variabel yang mempengaruhinya.

Dari hasil perhitungan dan deskripsi kegiatan dapat disimpulkan bahwa efisiensi *Stripper* yang diperoleh melalui perhitungan Mark Brouwer dan neraca massa nilai rata-ratanya lebih kecil dari desain. Rate sintesa 59,76% menghasilkan efisiensi Mark Brouwer terbaik sebesar 69,01% dan rate sintesa 101,14% menghasilkan efisiensi neraca massa terbaik sebesar 63,20%. Nilai rasio NH_3/CO_2 rata-rata diperoleh 3,77 mendekati nilai desain sebesar 3,70 menghasilkan efisiensi Mark Brouwer dan neraca massa yang lebih kecil dari efisiensi desain. Konversi CO_2 rata-rata diperoleh 62,50% mendekati nilai desain sebesar 63,62% menghasilkan efisiensi Mark Brouwer dan neraca massa yang lebih kecil dari efisiensi desain. Nilai rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ rata-rata diperoleh 0,76 lebih besar dibanding nilai desain yaitu 0,58 menghasilkan efisiensi Mark Brouwer dan neraca massa yang lebih kecil dari efisiensi desain. Tekanan steam yang masuk *Stripper* rata-rata 16,54 kg/cm^2 lebih rendah dibanding desain 20 kg/cm^2 menghasilkan efisiensi Mark Brouwer dan neraca massa yang lebih kecil dari efisiensi desain.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Pupuk Kaltim terbagi atas beberapa pabrik. Salah satu pabriknya adalah Pabrik-5 dimana pabrik ini dirancang untuk memproduksi 3500 MTPD urea granul dengan *high energy efisiensi* yang menggunakan Proses ACES 21 dengan teknologi *Spout-fluid Bed Urea Granulation* di bawah lisensi TOYO. (Sukardi, 2013).

Proses produksi urea granul dilakukan dengan melewati beberapa tahap salah satunya adalah tahap dekomposisi pada *Stripper*. *Stripper* merupakan salah satu rangkaian alat utama pada proses sintesa di unit urea. Alat ini dirancang sebagai *counter current film evaporator* yang berfungsi untuk mengambil kembali NH_3 dan CO_2 yang tidak bereaksi untuk diumpankan dan digunakan kembali di *Vertical Submerged Carbamate Condenser (VSCC)*.

Pada rangkaian alat unit sintesa, efisiensi *Stripper* merupakan faktor yang sangat penting. Semakin tinggi efisiensinya maka kinerja alat akan semakin bagus. Jika efisiensinya rendah, maka akan mempengaruhi kinerja alat produksi unit-unit kerja yang lainnya dan dapat membuat konsentrasi urea menjadi lebih kecil dari yang diharapkan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja *Stripper*, antara lain: komposisi larutan yang masuk ke dalam *Stripper*, tekanan steam, dan suhu. Pemakaian *Stripper* secara terus menerus dalam proses produksi urea juga dapat berpengaruh terhadap turunnya kinerja alat ini. Untuk mengetahui apakah *Stripper* ini masih efisien dalam proses strippingnya, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja alat tersebut. Berdasarkan dari latar belakang

inilah, maka dilakukan penulisan laporan mengenai Evaluasi Kinerja *Stripper* Unit V Urea PT. Pupuk Kalimantan Timur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan efisiensi *Stripper* secara desain dan aktual jika dilihat dari perhitungan Mark Brouwer dan neraca massa?
2. Bagaimana pengaruh rate sintesa, konversi CO_2 , rasio NH_3/CO_2 , rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ dalam reaktor, suhu in/out *Stripper* dan tekanan steam terhadap efisiensi *Stripper*?

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam tugas akhir ini adalah pada alat *Stripper*. Dimana kinerja dari alat tersebut dievaluasi berdasarkan nilai efisiensinya.

1.4 Tujuan Kegiatan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, diperoleh tujuan dari penyelesaian tugas akhir ini yaitu:

1. Menghitung efisiensi *Stripper* dengan neraca massa dan Mark Brouwer.
2. Mengetahui hubungan efisiensi *Stripper* terhadap rate sintesa, konversi CO_2 , rasio NH_3/CO_2 , rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ dalam reaktor, suhu in/out *Stripper* dan tekanan steam.

1.5 Manfaat Kegiatan

Adapun manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini yaitu:

1. Mengetahui kinerja *Stripper* pada unit V Urea PT. Pupuk Kaltim.
2. Menambah wawasan dan pengalaman kerja yang berhubungan dengan Teknik Kimia tentang proses pengolahan pupuk.
3. Mengembangkan kemampuan berpikir terutama untuk mengolah data.



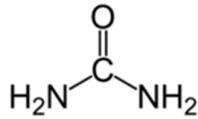
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Urea

Urea ditemukan pertama kali oleh Hilaire Roulle pada tahun 1773. Penemuan ini diikuti oleh temuan Woehler yang pertama kali mensintesa urea. Kemudian diikuti oleh Woehler di tahun 1828 yang mensintesa urea dengan pemanasan Ammonium Cyanate (NH_4CNO) untuk di ubah menjadi Urea (NH_2CONH_2). Sebelumnya, urea telah dipisahkan dari urine dan percobaan oleh Woehler ini menunjukkan bahwa material organik bisa disiapkan dari kimia “inorganic”. Sintesa urea pada tahun 1828 menandai dimulainya sintesa urea dari senyawa organik. Di tahun 1870 Bassarow memproduksi urea dengan dehidrasi Ammonium Carbamate, yang menjadi basis dari semua arus proses komersil. Urea tidak diproduksi secara komersil sampai tahun 1920. Ketika I.G Farben membangun pabrik di Jerman dengan basis proses Ammonium Carbamate yang merupakan hasil reaksi dari karbon dioksida (CO_2) dan ammonia (NH_3)(Sukardi, 2013).

Urea adalah senyawa organik yang tersusun dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen. Pupuk urea adalah pupuk buatan berbentuk butiran bulat kecil (berdiameter sekitar 1 mm) yang berasal dari senyawa kimia organik (NH_2CONH_2) dengan kadar nitrogen sebesar 45%-46%. Pada temperatur kamar urea berupa padatan berwarna putih dan tanpa rasa. Urea larut dalam air, alkohol dan Ammonia Anhidrous. Larutan dalam air terhidrolisa secara lambat menjadi Ammonium Karbamate yang selanjutnya akan terurai menjadi Ammoniak dan Karbon Dioksida. Sifat inilah yang membuat Urea menjadi pupuk. Pupuk urea

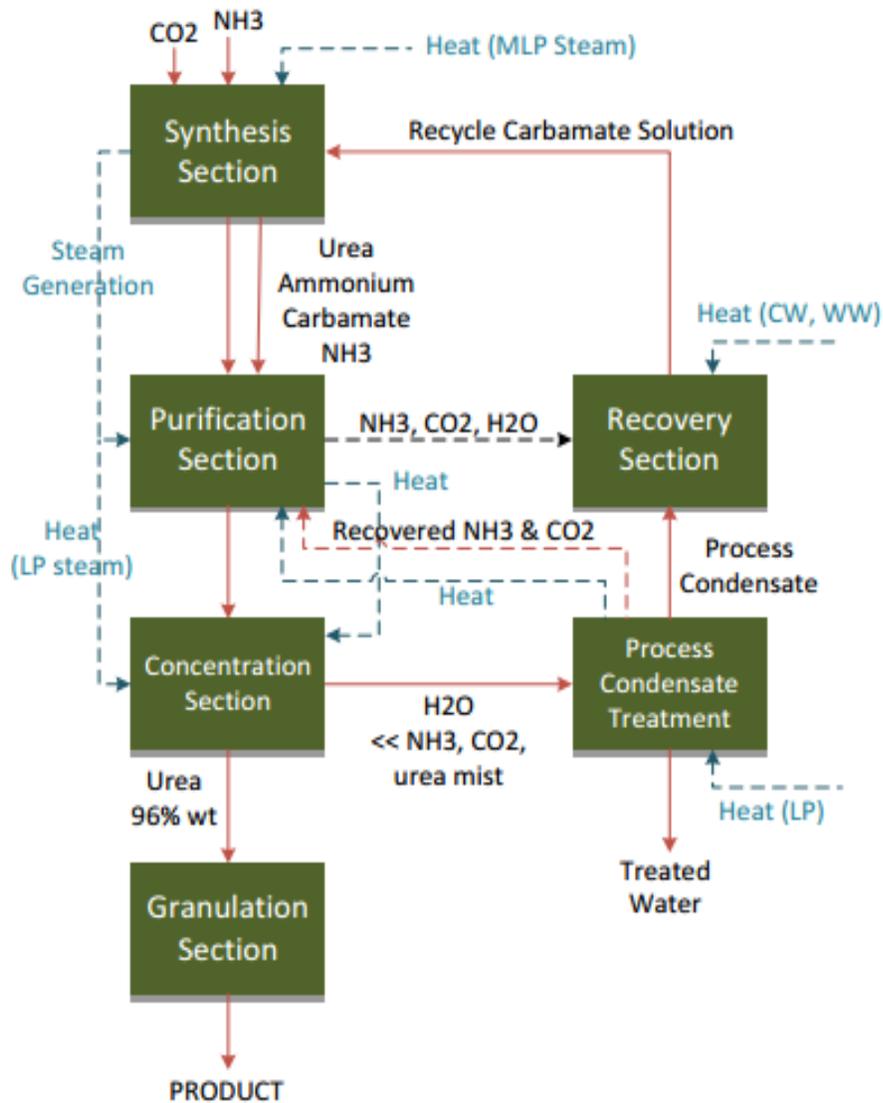
dapat digunakan dalam bentuk kristal, prill, granul dan larutan (Budi, Nugraha Eka I., dkk, 2002).



Gambar 2.1 Struktur molekul urea
(Sumber: Wikipedia)

Unsur nitrogen yang terkandung dalam pupuk urea merupakan zat hara yang sangat diperlukan oleh tanaman untuk mempercepat tumbuhan dan perkembangan cabang, jumlah anakan dan sebagainya. Manfaat urea lainnya adalah untuk membuat daun menjadi lebih segar, hijau dan rimbun. Unsur nitrogen tersebut juga akan membantu memperbanyak klorofil sehingga tanaman akan lebih mudah untuk melakukan fotosintesis (Suhartono, 2012)

Unit urea Pabrik-5 dirancang untuk memproduksi 3.500 MTPD urea granul dengan *high energy efficiency* menggunakan Proses ACES 21 dan teknologi *Spout-Fluid Bed Urea Granulation* di bawah lisensi TOYO. Unit Urea dapat dibagi menjadi tujuh sub unit, yaitu unit Ammonia dan CO₂ kompresor, unit sintesis, unit purifikasi, unit konsentrasi, *recovery, process condensate treatment* dan granulasi. Hubungan antara masing masing bagian digambarkan dalam alur proses yang dapat dilihat pada gambar 2.2 ini :



Gambar 2.2 Alur Proses Unit Urea
(Sumber : Sukardi, 2013)

2.2 Uraian Proses Produksi

Proses pembuatan urea (Sukardi, 2013) dibagi menjadi:

- 1). Unit Sintesis
 - a) Unit Kompresi Amoniak dan CO_2

Urea disintesis dari ammonia dan CO₂ yang disuplai dari unit Amoniak Pabrik-5. Sebelum masuk ke unit sintesa, bahan baku ini dinaikkan tekanannya terlebih dahulu dengan menggunakan alat kompresor.

b). Unit Sintesis Urea

Bahan baku untuk unit sintesis urea berupa amoniak cair dan gas CO₂ disuplai dari unit amoniak, sementara *recycle* larutan karbamat disuplai dari unit *recovery*. Sintesis urea dijalankan pada Reaktor, *Stripper* dan *VSCC* yang disebut sebagai “*Urea Synthesis Loop*”. *Synthesis Loop* ini dioperasikan pada tekanan 155 kg/cm²G yang tekanannya dikontrol oleh *pressure controller* berupa PCV dipasang pada *line gas overhead VSCC*. Hasil sintesa dikirim ke bagian purifikasi untuk dipisahkan ammonium karbamat dan kelebihan ammonianya setelah dilakukan stripping oleh CO₂.

c). Unit Purifikasi

Larutan urea yang mengandung 49%wt urea, 12,9%wt amoniak dan 12,7%wt CO₂ dari bagian bawah *Stripper* diolah di unit purifikasi, dimana *Ammonium Carbamate* dan excess Ammonia yang terkandung di larutan urea terdekomposisi dan dipisahkan dengan cara penurunan tekanan dan pemanasan. Larutan urea dimurnikan hingga mencapai konsentrasi urea 68%wt dengan residual *Ammonia* 0,5%wt pada outlet *Flash Separator*, untuk dikirim ke unit konsentrasi.

d). Unit Konsentrasi

Setelah Ammonia dan CO₂ tidak terkonversi (dalam bentuk *Carbamate*) terdekomposisi dan dipisahkan dari larutan urea pada unit purifikasi, larutan urea 68%wt dipekatkan hingga mencapai konsentrasi 96%wt melalui satu tingkat

evaporasi dibawah tekanan vakum di unit konsentrasi sebelum dikirimkan ke unit granulasi.

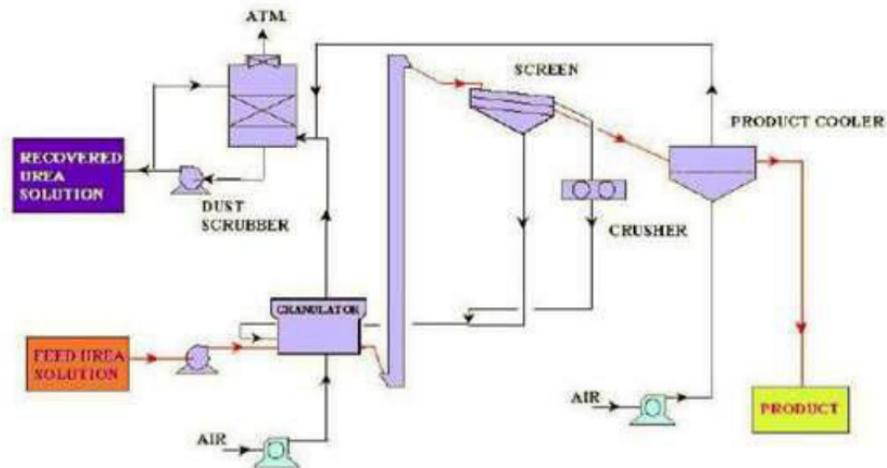
e). Unit *Recovery*

Gas ammonia dan CO₂ yang dipisahkan di unit purifikasi di-*absorb* dan di-*recover* pada dua tingkat tekanan operasi, yaitu *Low Pressure Absorption* pada tekanan 2,4 kg/cm²G dan *High Pressure Absorption* pada tekanan 15,8 kg/cm²G, dengan absorben yang digunakan adalah proses kondensat yang akan di-*recycle* ke unit sintesa sebagai larutan karbamat.

f). Unit *Process Condensate Treatment*

Uap air yang teruapkan ketika memekatkan larutan urea di unit konsentrasi dikondensasikan dalam *Surface Condenser* di sistem *Vacum Generation* bersama dengan debu urea, gas ammonia dan CO₂ menjadi *Process Condensate*. Proses kondensat kemudian dikirim ke sistem *Process Condensate Treatment* dimana urea dihidrolisis menjadi ammonia dan CO₂. Kondensat yang telah mengalami *treatment (clean process condensate)* dikeluarkan dari unit ini lalu sebagian dikirim ke unit granulasi sebagai *make-up water* dan sisanya dikirim keluar *battery limit* unit urea. Gas Ammonia dan CO₂ kemudian *distripping* dari proses kondensat kemudian di-*recycle* ke unit purifikasi untuk *recovery*.

2). Unit Granulasi



Gambar 2.3 Unit Granulasi Urea dari Lisensi TOYO yang Digunakan di Pabrik 5
(Sumber: Sukardi, 2013)

Granulator memiliki tiga fungsi yaitu :

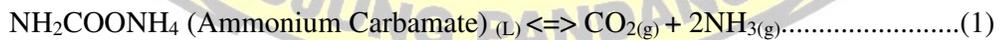
- Granulation
- Drying
- Cooling

Spouted beds disusun secara teratur dalam *fluidized bed*. Urea granul dihasilkan pada *spouted bed*, di mana larutan urea disemprotkan untuk memperbesar urea *recycle* termasuk *seed* urea. Temperatur *fluidized bed* dipertahankan pada level yang tepat dari bagian granulasi untuk mengeringkan urea granul. Akhirnya, butiran urea yang dikeringkan menjadi kandungan airnya 0,25% berat. Panas larutan urea akan dihilangkan dan didinginkan ke temperatur yang diinginkan di *fluidized bed* dengan udara. Urea granul akhirnya didinginkan sampai 90°C.

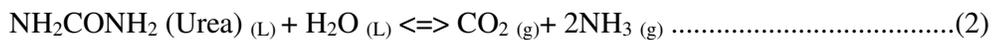
2.3 Stripper

Dalam sintesis urea tidak semua reaktan terkonversi menjadi urea. Ada sebagian reaktan yang tidak terkonversi menjadi urea ikut bersama dengan larutan hasil reaktor. Sebagian besar zat yang ikut bersama urea adalah karbamat, CO₂, dan NH₃. Untuk mengambil reaktan yang tidak terkonversi menjadi urea tersebut digunakan CO₂ umpan yang merupakan bahan baku pembentukan urea sebagai media pelucut di dalam suatu unit yaitu *Stripper*. Tujuan dari proses stripping adalah memisahkan excess NH₃ dan Ammonium Carbamate yang terurai dari larutan sintesis Urea dengan pemanasan steam dan stripping oleh CO₂ pada tekanan operasi yang secara substansial sama dengan reaktor. Gaya pendorong (*driving force*) terjadinya peristiwa ini adalah adanya perbedaan tekanan parsial zat terlarut di permukaan larutan (P_i) dengan di fase gas di sekitarnya. Cairan yang berasal dari reaktor urea yang terdiri atas urea, karbamat, dan reaktan yang tidak terkonversi masuk ke dalam *tube-tube* di dalam *Stripper*. Steam yang terdapat di dalam *shell Stripper* digunakan untuk menyuplai panas sehingga terjadi dekomposisi karbamat menjadi NH₃ dan CO₂(Farha, 2016).

Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Selama dekomposisi dan proses stripping di *Stripper*, reaksi hidrolisis urea menjadi faktor penting, yang menentukan efisiensi sintesis urea. Reaksi hidrolisis urea dinyatakan oleh persamaan berikut:



Reaksi hidrolisa memerlukan urea, yang merupakan produk yang diinginkan, kondisi harus dikontrol ketat untuk meminimalkan kerugian dari produk. Hidrolisis lebih dipilih pada temperatur tinggi, tekanan rendah dan waktu tinggal yang lama. *Stripper* dirancang dengan hati-hati dalam memilih kondisi operasi untuk meminimalkan hidrolisis untuk mempertahankan yield urea yang tinggi.

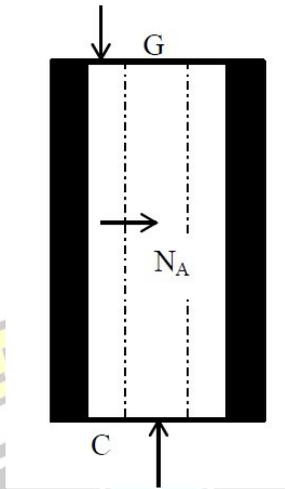
Pembentukan biuret merupakan faktor lain yang harus dipertimbangkan untuk desain dan operasional *Stripper*. Pada tekanan parsial NH_3 rendah dan temperatur di atas 110°C , urea mengkonversi membentuk NH_3 dan Biuret seperti yang ditunjukkan oleh keseluruhan reaksi di bawah ini.



Reaksi ini reversibel. Variabel utama yang mempengaruhi reaksi adalah temperatur, konsentrasi NH_3 dan *Residence Time*. Laju di mana biuret dibentuk di urea melt, dan dalam konsentrat larutan urea dengan konsentrasi NH_3 yang rendah, terjadi sangat cepat. Namun dalam langkah sintesis, kelebihan NH_3 membantu untuk menjaga kandungan biuret rendah.

Kandungan biuret yang rendah tidak boleh melebihi 1.0% wt yang dianjurkan untuk pupuk urea pada umumnya. Hal ini sangat penting karena kandungan biuret yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan tanaman. Dengan desain dan kontrol proses dari langkah-langkah pengolahan, kandungan biuret dalam produk urea granul dari unit granulasi di pabrik ini di bawah 0.8% wt pada kondisi operasi normal.

Fenomena transfer massa yang terjadi dari fase cairan menuju fase gas yang terjadi di dalam *tube-tube Stripper* dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.4 Skema Perpindahan Massa di *Stripper*
 Sumber: E.Treybal, 1980

Di dalam *Stripper* terjadi proses reaksi kimia dan transfer massa yang saling berkaitan satu sama lain. Dalam hal ini perlu diperhatikan langkah mana yang mengontrol dalam sistem tersebut. Laju perpindahan massa dari fase larutan ke fase uap dapat dituliskan sebagai berikut :

$$N_A = K_g \cdot (P^* - P_A) \cdot A \dots\dots\dots(4)$$

N_A adalah Laju perpindahan massa zat A, K_g adalah koefisien perpindahan massa total fase gas, P^* adalah tekanan parsial zat A dalam kondisi kesetimbangannya dengan larutan, P_A adalah tekanan parsial zat A di fase gas, dan A adalah luas perpindahan massa.

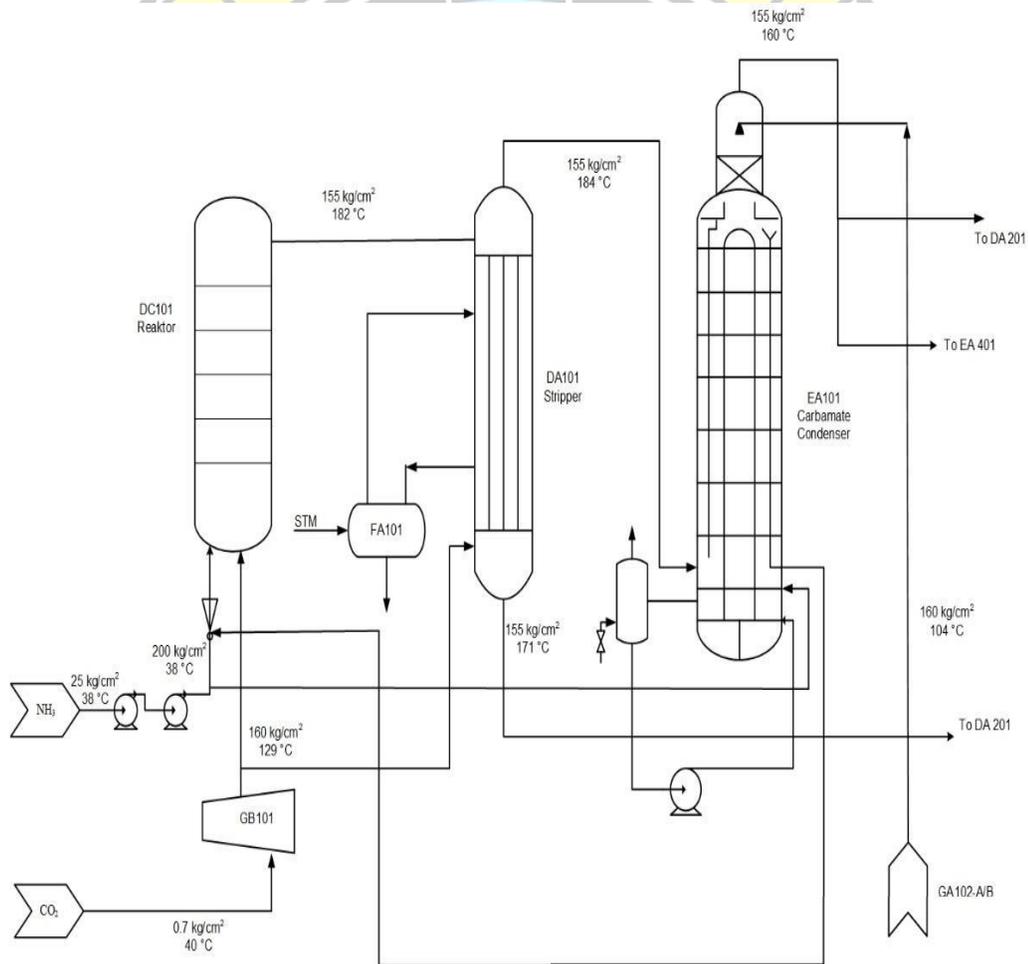
Oleh karena itu untuk mempercepat perpindahan massa zat tersebut, *driving force* haruslah diperbesar. *Driving force* dapat diperbesar dengan cara :

- 1) Menaikkan temperature larutan
- 2) Dengan menaikkan temperatur, maka tekanan uap larutan juga akan meningkat, sehingga akan memperbesar *driving force*.

- 3) Menurunkan tekanan sistem
- 4) Menghembuskan gas untuk membawa pergi gas yang terkandung di larutan, dengan menurunkan tekanan parsial dari gas yang terkandung dalam larutan.
- 5) Luas bidang kontak diperbesar

2.3.1 Deskripsi Proses Stripping

Proses stripping di sintesa urea berlangsung seperti pada diagram berikut ini:



Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Sintesa Urea di Pabrik-5
Sumber: Sukardi, 2013

Larutan sintesa urea yang meninggalkan bagian atas reaktor diumpankan ke bagian atas *Stripper*. Sebagian besar gas CO₂ terkompresi (sekitar 82% dari total CO₂ yang dimasukkan ke unit sintesa) dengan udara passivasi dari tingkat ke empat CO₂ kompresor dimasukkan melalui bagian bawah *Stripper*. *Stripper* adalah *heat exchanger* tipe *Shell & Tube-Vertical Heat Exchanger*. Pada bagian atas *Stripper*, fraksi uap mula-mula dipisahkan dan kemudian larutan sintesa urea yang mengandung urea, kelebihan ammonia, *Ammonium Carbamate* dan air dipisah secara merata pada masing- masing *tube* dengan “Swirl” yang dipasang pada masing-masing bagian ujung *tube* bagian atas *Stripper*, yang membentuk lapisan *liquid film* pada dinding *interior tube* dengan aliran *liquid* melingkar. Larutan sintesa urea kemudian mengalir ke bawah sebagai lapisan film tipis pada *interior tube*, kontak secara *counter-current* dengan gas CO₂ yang mengalir ke atas dalam *tube*. *Ammonium Carbamate* yang tidak bereaksi terdekomposisi menjadi Ammonia dan CO₂ melalui reaksi pada temperatur yang tinggi. *Saturated steam* bertekanan 20 kg/cm²G pada sisi *shell* yang panasnya digunakan untuk mendekomposisi *Ammonium Carbamate* di sisi *tube* akan mengkonsdensasi di *Saturation Drum*. Ammonia dan CO₂ yang terdekomposisi ditransfer ke fase uap dibantu gas CO₂ sebagai media *stripping*. Sebagian besar *Ammonium Carbamate* dan ammonia yang terkandung di larutan sintesa urea terdekomposisi dan dipisahkan di *Stripper*, menghasilkan larutan urea yang terdiri atas 49% urea, 12,9% Ammonia dan 12,7% CO₂. Proses *stripping* dikontrol dengan mengatur tekanan pada *Saturation Drum*. *Off gas* yang telah mengalami *stripping* dikirim ke bagian bawah VSCC.

Dapat dikatakan fungsi CO₂ *Stripping* adalah:

- 1) Sebagai gas *carrier* (oksigen) untuk passivasi peralatan unit sintesa.
- 2) Membawa reaktan yang tidak terkonversi kembali ke VSCC.
- 3) Mendinginkan larutan dari bottom *Stripper*, sehingga mengurangi laju pembentukan biuret dan hidrolisis urea.
- 4) Menurunkan tekanan parsial NH₃ di dalam larutan dari reaktor sehingga membantu penguraian sebagian besar karbamat (menaikkan tingkat penguraian karbamat).
- 5) Menurunkan konsentrasi CO₂ dalam larutan karena kelarutannya akan berkurang seiring penurunan konsentrasi NH₃.
- 6) CO₂ merupakan salah satu reaktan pada unit sintesis urea, sehingga efisien jika *stripping* dilakukan menggunakan gas ini mengingat tidak diperlukan proses separasi lanjutan.

Larutan keluar dari *Stripper* normalnya memiliki temperatur 170-180°C menuju *High Pressure Decomposer*. Level larutan di bawah *Stripper* harus dijaga serendah mungkin. Level yang lebih tinggi meningkatkan waktu tinggal larutan urea di bagian bawah, yang dapat mengakibatkan peningkatan hidrolisis urea dan pembentukan biuret. Jika level terlalu rendah, kemungkinan CO₂ dapat lolos ke unit purifikasi dan *recovery*, mengakibatkan peningkatan tekanan yang cepat. Level larutan di *Stripper* harus lebih tinggi dari 20% untuk menghindari terobosan gas CO₂. Hasil tekanan operasi yang tinggi dalam kandungan NH₃ sisa dalam *effluent Stripper* menjadi lebih tinggi.

2.4 Neraca Massa

Neraca massa merupakan perhitungan massa yang ada di dalam sistem, massa yang keluar, dan yang masuk sistem. Neraca massa untuk keseluruhan massa aliran disebut neraca massa total, sedangkan neraca massa untuk komponen disebut neraca massa komponen. Hasil penjumlahan neraca massa komponen sama dengan neraca massa total. Berdasarkan hukum *La Voisier* bahwa total massa sebelum reaksi sama dengan total massa sesudah reaksi, ini berarti total masa hasil reaksi (generasi) sama dengan total massa yang bereaksi (konsumsi). Mudah atau sulitnya penyelesaian persoalan neraca massa dipengaruhi oleh jumlah peralatan atau operasi yang terlibat, banyak sedikitnya aliran dan komponen yang terkait, ada tidaknya reaksi kimia, aliran balik (*recycle*), kesetimbangan serta keterkaitan langsung dengan neraca energi.

Sistem adalah bagian atau seluruh proses yang dipilih untuk dianalisa atau dipelajari, sedangkan segala sesuatu diluar system disebut lingkungan (*surrounding*). Antara sistem dan lingkungan dibatasi oleh batas sistem, yang sering digambarkan dengan garis putus-putus. Sistem dibagi atas 3 bagian (Novenia,2016), yaitu :

1) Sistem Terbuka

Dalam kurun waktu tertentu terdapat perpindahan massa ataupun energi dari sistem ke lingkungan atau sebaliknya yang menerobos batas sistem.

2) Sistem Tertutup

Dalam kurun waktu tertentu tidak ada perpindahan massa yang menerobos batas sistem, namun ada perpindahan energi yang menerobos batas sistem.

3) Sistem terisolasi

Dalam kurun waktu tertentu tidak ada perpindahan baik massa maupun energi dari sistem ke lingkungannya atau sebaliknya yang menerobos batas sistem.

Bentuk persamaan neraca massa menurut Himmelblau, David M. (1923):

$$\text{Akumulasi} = \text{Input} - \text{Output} + \text{Generasi} - \text{Konsumsi} \dots\dots\dots(5)$$

Akumulasi bernilai positif berarti bertambah banyak, bernilai nol apabila jumlahnya tetap atau berada pada kondisi *steady state*, dan bernilai negatif bila berkurang dalam kurun waktu tertentu. Perhitungan neraca massa sistem tidak tenang (*unsteady state*) lebih sulit dibandingkan dengan yang tenang (*steady state*). Faktor generasi dan konsumsi terjadi apabila terjadi reaksi kimia di dalam sistem dimana generasi menunjukkan adanya zat baru yang terbentuk, sedangkan konsumsi menunjukkan adanya zat lama yang bereaksi. Sebelum menghitung suatu neraca massa, maka harus ditetapkan terlebih dahulu sistem yang ingin dihitung neraca massanya. Adapun tahapan dalam perhitungan neraca massa suatu sistem :

- 1) Menggambar proses diagram sistem yang dipilih lengkap dengan data tiap aliran seperti massa, komposisi, suhu dan lainnya.
- 2) Menuliskan semua persamaan reaksi kimia
- 3) Memilih basis yang tepat untuk perhitungan.
- 4) Membuat persamaan neraca massa.

2.4 Rumus Dasar Perhitungan

Penentuan evaluasi kinerja *stripper* dilakukan dengan beberapa tahapan perhitungan:

2.4.1 Perhitungan Variabel yang Mempengaruhi Efisiensi *stripper* :

Pengaruh variabel terhadap efisiensi *stripper* seperti: rate CO₂, suhu arus masuk dan keluar *stripper*, dan P steam diperoleh dari *log sheet panel control*. Sedangkan untuk pengaruh variable seperti: rasio NH₃/CO₂, rasio H₂O/CO₂, dan konversi CO₂ diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan data aktual hasil analisa laboratorium. Untuk mendapatkan nilai dari rasio NH₃/CO₂, rasio H₂O/CO₂, dan konversi CO₂ dalam reaktor dapat menggunakan persamaan menurut Sukardi, dkk (2013) sebagai berikut:

1) Perhitungan rasio NH₃/CO₂ dalam reaktor (m)

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{\text{jumlah total NH}_3}{\text{jumlah total CO}_2} \\
 &= \frac{\text{NH}_3 \text{ yang diubah menjadi urea} + \text{NH}_3 \text{ bebas}}{\text{CO}_2 \text{ yang diubah menjadi urea} + \text{CO}_2 \text{ bebas}} \\
 &= \frac{2 \times \text{jumlah kmol urea} + \text{jumlah kmol NH}_3}{\text{jumlah kmol urea} + \text{jumlah kmol CO}_2} \\
 &= \frac{2 \times \% \text{ berat urea} / \text{BM urea} + \% \text{ berat NH}_3 / \text{BM NH}_3}{\% \text{ berat urea} / \text{BM urea} + \% \text{ berat CO}_2 / \text{BM CO}_2} \\
 &= \frac{2 \times \% \text{ berat urea} + 3,53 \times \% \text{ berat NH}_3}{\% \text{ berat urea} + 1,364 \times \% \text{ berat CO}_2} \dots\dots\dots(6)
 \end{aligned}$$

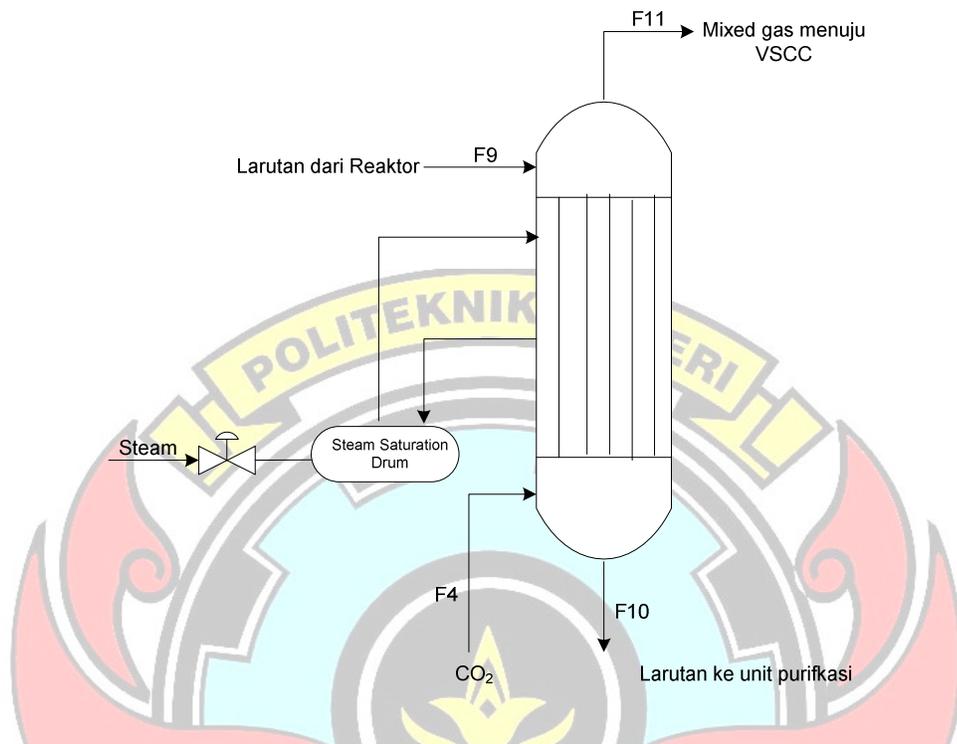
2) Perhitungan rasio H₂O/CO₂ dalam reaktor (h)

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{\text{jumlah total H}_2\text{O}}{\text{jumlah total CO}_2} \\
 &= \frac{\% \text{ berat H}_2\text{O}/18 - \% \text{ berat urea}/60}{\% \text{ berat CO}_2/44 - \% \text{ berat urea}/60} \\
 &= \frac{44 (60 \times \% \text{berat H}_2\text{O} - 18 \times \% \text{berat urea})}{18 (60 \times \% \text{berat CO}_2 + 44 \times \% \text{berat urea})} \\
 &= 2,44 \times \frac{(\% \text{berat H}_2\text{O} - 0,3 \times \% \text{berat urea})}{(\% \text{berat CO}_2 + 0,73 \times \% \text{berat urea})} \dots\dots\dots(7)
 \end{aligned}$$

3) Perhitungan Konversi CO₂ dalam reaktor (η)

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{\text{CO}_2 \text{ yang diubah menjadi urea}}{\text{jumlah total CO}_2} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{CO}_2 \text{ yang diubah menjadi urea}}{\text{CO}_2 \text{ yang diubah menjadi urea} + \text{CO}_2 \text{ bebas}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{jumlah kmol urea}}{\text{jumlah kmol urea} + \text{jumlah kmol CO}_2} \times 100\% \\
 &= \frac{\% \text{ berat urea}/60}{\% \text{ berat urea}/60 + \% \text{ berat CO}_2/44} \times 100\% \\
 &= \frac{\% \text{ berat urea}}{\% \text{ berat urea} + 1,364 \times \% \text{ berat CO}_2} \times 100\% \dots\dots\dots(8)
 \end{aligned}$$

2.4.2 Perhitungan Neraca Massa



Gambar 2.6 Neraca Massa *Stripper*

Rumus Neraca Massa Total menurut Himmelblau, David M. (1932)

$$\text{Akumulasi} = \text{Input} - \text{Output} + \text{Generasi} - \text{Konsumsi}$$

$$\text{Input} + \text{Generasi} = \text{Output} + \text{Konsumsi}$$

$$F4 + F9 + \text{Generasi} = F10 + F11 + \text{Konsumsi} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

F4 = Gas CO₂ masuk *Stripper*

F9 = Larutan urea (karbamat, CO₂, NH₃, H₂O) menuju *Stripper*

F10 = Larutan urea masuk ke unit purifikasi

F11 = Off gas masuk ke VSCC

Generasi = Terbentuknya biuret

Konsumsi = Urea yang bereaksi membentuk biuret

1) Menentukan laju massa CO₂ yang masuk *Stripper* (F4)

Data yang diperoleh menunjukkan laju alir indicator dalam satuan Nm^3 kemudian diubah ke dalam bentuk kmol ($1 \text{ kmol} = 22,414 \text{ Nm}^3$).

2) Menghitung laju massa keluaran *Stripper* (F10)

- Menentukan laju F10

Pada perhitungan laju massa F10 diperoleh dari pengalihan rate sintesa dan F10 desain yang diasumsikan sebagai Factual.

$$F10 \text{ aktual} = \text{Rate Sintesa} \times F10 \text{ desain} \dots \dots \dots (10)$$

- Komposisi massa di F10

Komposisi di F10 didapatkan dari Log Sheet Analisa Laboratorium dalam bentuk %wt urea, NH_3 , CO_2 . Sedangkan %wt biuret didapatkan dari pendekatan data desain, dan sisanya diasumsikan terdiri dari H_2O .

$$\text{Massa} = \%wt_i \times F10 \dots \dots \dots (11)$$

3) Menghitung laju massa larutan hasil keluaran reactor (F9)

Dalam menghitung F9 didapatkan dari perbandingan jumlah massa urea di F10 dan massa urea yang terurai menjadi biuret di dalam *Stripper*. Komposisi dari F9 didapatkan dari Log Sheet Analisa Laboratorium dalam bentuk %wt urea, NH_3 , CO_2 , dan sisanya diasumsikan terdiri dari H_2O .

$$F9 = \frac{W_{\text{urea}^*} + W_{\text{urea F10}}}{\%wt \text{ urea F9}} \dots \dots \dots (12)$$

$$\text{Massa} = \%wt_i \times F9 \dots \dots \dots (13)$$

Dimana:

W_{urea^*} = massa urea yang terurai menjadi biuret di dalam *Stripper*

$W_{\text{urea F10}}$ = massa komponen urea di arus 10

4) Menghitung laju massa dan komposisi mol di F11

Di dalam Stripper terjadi reaksi dekomposisi menjadi gas NH₃ dan gas CO₂ serta terjadi reaksi pembentukan biuret setara dengan terurainya 2 mol urea. Dapat diasumsikan mol carbamate yang terbentuk sudah terdapat di dalam mol NH₃ dan CO₂.

Neraca mol komponen:

$$\text{mol urea (F11)} = \text{mol urea(F9)} - (\text{mol urea(F10)} + \text{mol urea}^*) \dots\dots\dots(14)$$

$$\text{mol NH}_3(\text{F11}) = \text{mol NH}_3(\text{F9}) + \text{mol NH}_3^* - \text{mol NH}_3(\text{F10}) \dots\dots\dots(15)$$

$$\text{mol CO}_2(\text{F11}) = \text{mol CO}_2(\text{F4}) + \text{mol CO}_2(\text{F9}) - \text{mol CO}_2(\text{F10}) \dots\dots\dots(16)$$

$$\text{mol H}_2\text{O}(\text{F11}) = \text{mol H}_2\text{O}(\text{F9}) + \text{mol H}_2\text{O}(\text{F9}) - \text{mol H}_2\text{O}(\text{F10}) \dots\dots\dots(17)$$

$$\text{mol biuret(F11)} = \text{mol biuret}^* - \text{mol biuret(F10)} \dots\dots\dots(18)$$

dimana:

mol urea* = mol urea yang terurai menjadi biuret

mol NH₃* = mol NH₃ dari hasil pembentukan biuret

mol biuret* = mol biuret yang terbentuk

2.4.3 Perhitungan Efisiensi

1) Perhitungan Efisiensi *Stripper* menurut Mark Brouwer (2009)

Pada perhitungan efisiensi *Stripper* menurut Mark Brouwer yang ditinjau adalah larutan yang keluar dari *Stripper* menuju ke unit purifikasi.

$$\alpha = \frac{\text{NH}_3 \text{ yang diubah menjadi urea}}{\text{Jumlah total NH}_3}$$

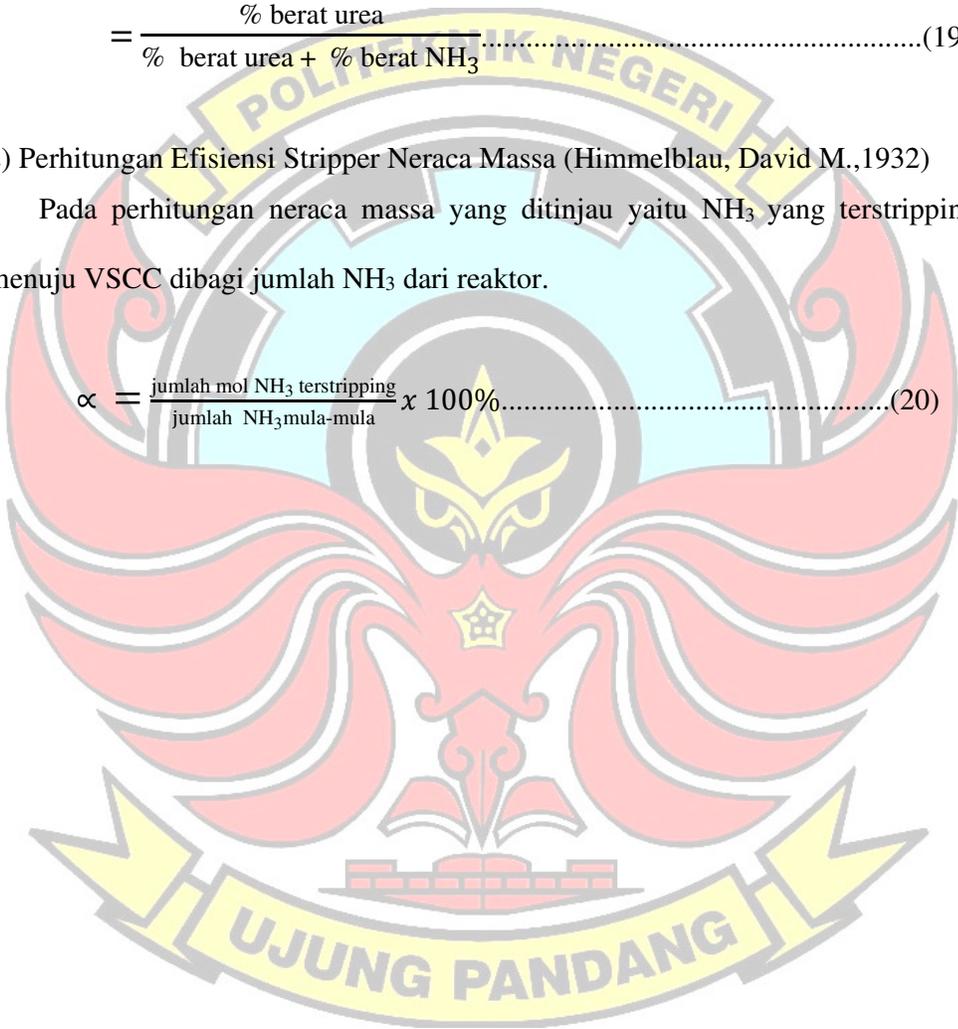
$$= \frac{\text{NH}_3 \text{ yang diubah menjadi urea}}{\text{NH}_3 \text{ yang diubah menjadi urea} + \text{NH}_3 \text{ bebas}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2 \times \text{Jumlah kmol urea}}{2 \times \text{Jumlah kmol urea} + \text{Jumlah kmol NH}_3} \\
&= \frac{2 \times \text{berat urea} / 60}{2 \times \frac{\text{berat urea}}{60} + \frac{\text{berat NH}_3}{17}} \\
&= \frac{\% \text{ berat urea}}{\% \text{ berat urea} + \% \text{ berat NH}_3} \dots \dots \dots (19)
\end{aligned}$$

2) Perhitungan Efisiensi Stripper Neraca Massa (Himmelblau, David M., 1932)

Pada perhitungan neraca massa yang ditinjau yaitu NH₃ yang terstripping menuju VSCC dibagi jumlah NH₃ dari reaktor.

$$\alpha = \frac{\text{jumlah mol NH}_3 \text{ terstripping}}{\text{jumlah NH}_3 \text{ mula-mula}} \times 100\% \dots \dots \dots (20)$$



BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan pada tanggal 19 April sampai 19 Juni 2018 di unit V *Stripper* PT. Pupuk Kaltim yang berlokasi di Jalan James Simanjuntak Nomor 1 Bontang, Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur.

3.2 Alat

Alat yang digunakan pada kerja praktek ini yaitu *Stripper* yang dikontrol langsung dengan komputer di *Central Control Room* (CCR) urea Pabrik-5 PT. Pupuk Kaltim.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penyusunan tugas khusus ini, data yang digunakan meliputi data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari pengamatan dan pengukuran besaran operasi alat yang bersangkutan secara langsung di lapangan yaitu:

- 1) Data log sheet panel control.
- 2) Data log sheet analisa laboratorium.
- 3) Data kondisi operasi pada laporan supervisor.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari studi literatur maupun dari data desain di urea Pabrik-5 PT. Pupuk Kaltim. Data tersebut antara lain:

- 1) Berat molekul (BM)
- 2) Data kondisi desain dan *material balance Stripper*.

3.4 Prosedur Pelaksanaan

Prosedur pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dilakukan *Plan Tour* ke unit *Utility*, unit *Ammonia*, dan unit *Urea Pabrik-5*;
- 2) Diambil data *logsheet* pabrik-5 di CCR;
- 3) Dihitung massa dan komposisi laju alir masuk dan keluar *Stripper*;
- 4) Dihitung efisiensi *Stripper*;
- 5) Dibandingkan pengaruh rate sintesa aktual dan desain terhadap efisiensi *Stripper*;
- 6) Dihitung rasio NH_3/CO_2 , rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ dan konversi CO_2 dalam reactor sebagai faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi *Stripper*;
- 7) Dibandingkan pengaruh rasio NH_3/CO_2 , rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$, konversi CO_2 terhadap efisiensi *Stripper* secara aktual dan desain;
- 8) Dibuat analisis, kesimpulan dan saran.

3.5 Teknik Analisis Data

Dalam melakukan analisis data untuk mendapatkan stream masuk dan keluar *Stripper* dilakukan beberapa asumsi yang digunakan dalam penyelesaian perhitungan yaitu:

- 1) Proses terjadi dalam keadaan *steady state*.
- 2) Temperatur dan tekanan inlet dan outlet dalam *Stripper* sesuai dengan kondisi operasi yang disarankan.
- 3) Tidak terjadinya pembentukan urea.
- 4) Basis perhitungan 1 jam.
- 5) Data aktual *Top Gas* yang keluar dari reaktor sudah termasuk data aktual larutan yang keluar dari reaktor.
- 6) Inert pada aliran inlet bawah *Stripper* tidak berpengaruh terhadap proses *Stripping*.
- 7) Terjadinya proses pembentukan biuret di dalam *stripper*.

3.5.1 Dihitung Neraca Massa

Perhitungan neraca massa dilakukan dengan menggunakan rumus neraca massa menurut Himmelblau, David M. (1923):

- 5) Ditentukan laju massa CO₂ yang masuk *Stripper* (F4)

Data yang diperoleh menunjukkan laju alir indikator dalam satuan Nm³ kemudian diubah ke dalam bentuk kmol (1 kmol = 22,414 Nm³).

- 6) Dihitung laju massa keluaran *Stripper* (F10)

- Ditentukan laju F10

Pada perhitungan laju massa F10 diperoleh dari pengalihan rate sintesa dan F10 desain yang diasumsikan sebagai F10_{actual}. Faktual dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10)

- Komposisi massa di F10

Komposisi di F10 didapatkan dari Log Sheet Analisa Laboratorium dalam

bentuk %wt urea, NH_3 , CO_2 . Sedangkan %wt biuret didapatkan dari pendekatan data desain, dan sisanya diasumsikan terdiri dari H_2O . Laju massa setiap komponen di F10 dapat dihitung menggunakan persamaan (11).

7) Dihitung laju massa larutan hasil keluaran reaktor (F9)

Dalam menghitung F9 didapatkan dari perbandingan jumlah massa urea di F10 dan massa urea yang terurai menjadi biuret di dalam *Stripper*. Komposisi dari F9 didapatkan dari Log Sheet Analisa Laboratorium dalam bentuk %wt urea, NH_3 , CO_2 , dan sisanya diasumsikan terdiri dari H_2O . F9 dapat dihitung dengan persamaan (12) dan massanya dihitung dengan persamaan (13)

8) Dihitung laju massa dan komposisi mol di F11

Di dalam *Stripper* terjadi reaksi dekomposisi menjadi gas NH_3 dan gas CO_2 serta terjadi reaksi pembentukan biuret setara dengan terurainya 2 mol urea. Dapat diasumsikan mol carbamate yang terbentuk sudah terdapat di dalam mol NH_3 dan CO_2 . Komposisi pada F10 diperoleh dengan mengurangi mol komponen yang masuk dengan mol komponen yang keluar. Dimana mol urea, mol NH_3 , mol CO_2 , mol H_2O , dan mol biuret dapat dihitung dengan persamaan (14), (15), (16), (17), dan (18).

3.5.2 Perbandingan Pengaruh Berbagai Variabel terhadap Efisiensi *Stripper*

1) Dihitung Ratio NH_3/CO_2

Rasio N/C dihitung dengan menggunakan persamaan (17).

2) Dihitung rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$

Rasio H/C dihitung dengan menggunakan persamaan (18).

3) Dihitung konversi CO_2 dalam reactor

Konversi CO₂ dihitung dengan menggunakan persamaan (19).

3.5.3 Dihitung Efisiensi *Stripper*

Yang dimaksud dengan efisiensi stripping (α) adalah perbandingan antara jumlah mol NH₃ dengan jumlah mol terkonversi menjadi urea dalam sistem pada outlet *Stripper*. Efisiensi berdasarkan Mark Brouwer dihitung dengan menggunakan persamaan (19) dan efisiensi berdasarkan neraca massa dihitung berdasarkan persamaan (20).



BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil

4.1.1 Hasil Perhitungan Efisiensi *Stripper*

Hasil efisiensi *Stripper* yang diperoleh dari perhitungan efisiensi berdasarkan Mark Brouwer dan neraca massa dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Efisiensi *Stripper*

No.	Tanggal	Rate (%)	%Wt F10		Mol NH ₃		Efisiensi (%)	
			Urea	NH ₃	Mula-mula	Terstripping	Mark Brouwer	Neraca Massa
1	3 Mei	100,59	47,67	13,20	12972,61	8073,12	67,17	62,23
2	4 Mei	101,14	47,65	13,20	13180,52	8487,36	66,27	63,20
3	5 Mei	100,86	47,56	13,30	12689,84	7975,47	66,96	62,85
4	6 Mei	100,30	49,35	13,92	13122,77	8214,09	66,76	62,59
5	7 Mei	100,26	48,07	13,40	12633,78	7910,07	67,03	62,61
6	8 Mei	101,83	49,21	13,51	12573,66	7586,83	67,36	60,34
7	9 Mei	105,00	46,49	14,36	12823,79	7521,21	64,71	60,03
8	10 Mei	105	48,21	14,63	12636,75	7236,73	65,13	58,68
9	11 Mei	105,00	50,15	13,84	12389,32	7279,16	67,24	60,13
10	12 Mei	52,50	49,65	12,65	6089,26	3754,96	68,98	61,67
11	13 Mei	59,67	49,01	13,84	5946,65	3332,25	69,01	56,04
12	14 Mei	90,22	47,44	13,61	6718,48	3863,67	66,39	57,51
13	15 Mei	99,00	47,70	13,40	6848,07	4037,42	66,85	58,96
14	25 Mei	85,00	47,92	13,08	10142,94	6233,80	67,48	61,46
15	26 Mei	85,05	47,78	13,33	10361,78	6376,40	67,01	61,54
16	27 Mei	85,17	46,07	13,18	10165,80	6218,82	66,44	61,17
17	28 Mei	85,00	47,34	12,96	10203,05	6330,84	67,42	62,05
Rata-rata		91,86	48,07	13,50	10676,42	6496,01	66,95	60,77
Desain		100,00	49,40	12,90	12515,24	7999,30	68,51	63,92

4.1.2 Hasil Perhitungan Pengaruh Rasio NH_3/CO_2 , Rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ dan Konversi CO_2 dalam Reaktor Terhadap Efisiensi *Stripper*

Hasil perhitungan pengaruh rasio NH_3/CO_2 , rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ dan konversi CO_2 dalam reactor dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4.2 Hasil perhitungan pengaruh Rasio NH_3/CO_2 , Rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ dan Konversi CO_2 dalam reaktor terhadap Efisiensi *Stripper*

No.	Tanggal	Rate (%)	Pengaruh Rasio			Efisiensi (%)	
			NH_3/CO_2	$\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$	Konversi CO_2	Mark Brouwer	Neraca Massa
1	3 Mei	100,59	3,85	0,78	62,46	67,17	62,23
2	4 Mei	101,14	3,99	0,80	62,63	66,27	63,20
3	5 Mei	100,86	3,75	0,64	64,37	66,96	62,85
4	6 Mei	100,30	3,89	0,60	65,50	66,76	62,59
5	7 Mei	100,26	3,69	0,59	63,81	67,03	62,61
6	8 Mei	101,83	3,85	0,78	62,46	67,36	60,34
7	9 Mei	105,00	3,90	0,79	61,98	64,71	60,03
8	10 Mei	105	3,77	0,65	63,54	65,13	58,68
9	11 Mei	105,00	3,75	0,70	62,99	67,24	60,13
10	12 Mei	52,50	3,62	0,86	62,78	68,98	61,67
11	13 Mei	59,67	3,32	0,99	57,19	69,01	56,04
12	14 Mei	90,22	3,83	0,81	61,83	66,39	57,51
13	15 Mei	99,00	3,90	0,66	62,96	66,85	58,96
14	25 Mei	85,00	3,76	0,82	62,55	67,48	61,46
15	26 Mei	85,05	3,57	0,58	58,30	67,01	61,54
16	27 Mei	85,17	3,91	0,99	64,50	66,44	61,17
17	28 Mei	85,00	3,82	0,86	62,70	67,42	62,05
Rata-rata		91,86	3,77	0,76	62,50	66,95	60,77
Desain		100,00	3,70	0,58	63,62	68,51	63,92

4.1.3 Hubungan Tekanan Steam Pemanas & T *inlet/outlet* Stripper Terhadap Efisiensi

Data aktual tekanan steam , suhu masuk dan keluar *Stripper* yang diperoleh dari *log sheet panel control* terhadap efisiensi *Stripper* dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4.3 Hubungan Tekanan Steam Pemanas & Suhu *inlet/outlet* *Stripper* terhadap Efisiensi

No.	Tanggal	Tekanan (kg/cm ²)	Suhu (°C)				Efisiensi (%)	
			F4	F9	F10	F11	Mark Brouwer	Neraca Massa
1	3 Mei	16,52	125,39	185,87	178,23	190,29	67,17	62,23
2	4 Mei	16,67	125,31	186,02	179,53	189,91	66,27	63,20
3	5 Mei	16,57	125,28	186,37	178,75	190,18	66,96	62,85
4	6 Mei	16,62	125,41	186,20	178,76	188,98	66,76	62,59
5	7 Mei	16,60	125,40	186,49	178,96	190,29	67,03	62,61
6	8 Mei	16,63	125,30	186,12	179,01	190,03	67,36	60,34
7	9 Mei	16,43	125,40	186,17	180,96	190,18	64,71	60,03
8	10 Mei	16,33	126,64	186,60	179,94	190,33	65,13	58,68
9	11 Mei	16,54	126,65	186,53	179,87	190,47	67,24	60,13
10	12 Mei	16,51	124,60	185,10	180,10	190,35	68,98	61,67
11	13 Mei	16,39	125,81	184,80	179,90	189,65	69,01	56,04
12	14 Mei	16,54	126,88	184,40	179,65	188,45	66,39	57,51
13	15 Mei	16,52	125,95	184,45	179,85	189,25	66,85	58,96
14	25 Mei	16,70	125,17	185,16	180,43	189,48	67,48	61,46
15	26 Mei	16,64	125,57	184,54	179,41	188,50	67,01	61,54
16	27 Mei	16,40	125,69	184,17	179,24	188,06	66,44	61,17
17	28 Mei	16,55	125,39	184,43	179,25	188,44	67,42	62,05
Rata-rata		16,54	125,64	185,50	179,52	189,58	66,95	60,77
Desain		20,00	129,00	182,00	171,00	184,00	68,51	63,92

4.2 Deskripsi Kegiatan

Salah satu tahap rangkaian proses yang sangat berpengaruh dalam pembuatan pupuk urea adalah tahap dekomposisi yang berlangsung pada *Stripper*. Didalam

Stripper, ammonia (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2) yang tidak habis terkonversi menjadi urea diambil kembali dan diumpankan ke VSCC dengan menggunakan gas CO_2 sebagai media pembawa.

Pada prosesnya larutan hasil dari reaktor diumpankan masuk pada bagian atas *Stripper*. Larutan kemudian dibagi secara merata dengan *swirl* sehingga terbentuk lapisan *film* yang merata pada *tube-tube* yang ada dalam *Stripper*. Bantuan steam yang masuk di *Stripper* akan mengubah NH_3 dan CO_2 yang tidak habis bereaksi berubah fasa menjadi gas. Kemudian gas CO_2 yang dialirkan dari bagian bawah *Stripper* akan membawa NH_3 dan CO_2 yang telah menjadi gas tadi keluar dari *Stripper* menuju ke VSCC.

Untuk mengetahui kinerja dari alat *Stripper* ini, dilakukan dengan menghitung efisiensi berdasarkan Mark Brouwer dan neraca massa yang kemudian dibandingkan dengan efisiensi desain. Efisiensi *Stripper* dipengaruhi oleh beberapa variable, yaitu: NH_3/CO_2 , $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$, konversi CO_2 , tekanan steam dan suhu.

Pada tabel 4.1 di atas menunjukkan bahwa rate sintesa aktual tidak sama dengan desain. Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi menurut Mark Brouwer dan neraca massa diperoleh efisiensi sedikit berbeda dengan nilai desain yang diharapkan. Masing-masing nilai efisiensi rata-ratanya adalah 66,95% dan 60,77% mendekati nilai efisiensi desain masing-masing sebesar 68,51% dan 63,92%. Perbedaan efisiensi ini mungkin terjadi karena adanya penutupan *tube* oleh kerak maupun kurang bagusnya sambungan antara *tube distributor* dengan

shell dalam *Stripper*, kurang meratanya distribusi gas pembawa dan tidak terbentuknya *film* di sepanjang tube pada *Stripper*.

Dari tabel 4.1 dapat juga dilihat bahwa efisiensi Mark Brouwer terbaik diperoleh pada rate sintesa 59,67% yaitu sebesar 69,01%. Sedangkan efisiensi terbaik neraca massa adalah 63,20% pada rate sintesa 101,14%. Dari tabel tersebut rate sintesa rata-rata diperoleh 91,86% menghasilkan efisiensi *Stripper* Mark Brouwer rata-rata sebesar 66,95% dan efisiensi neraca massa rata-rata sebesar 60,77%.

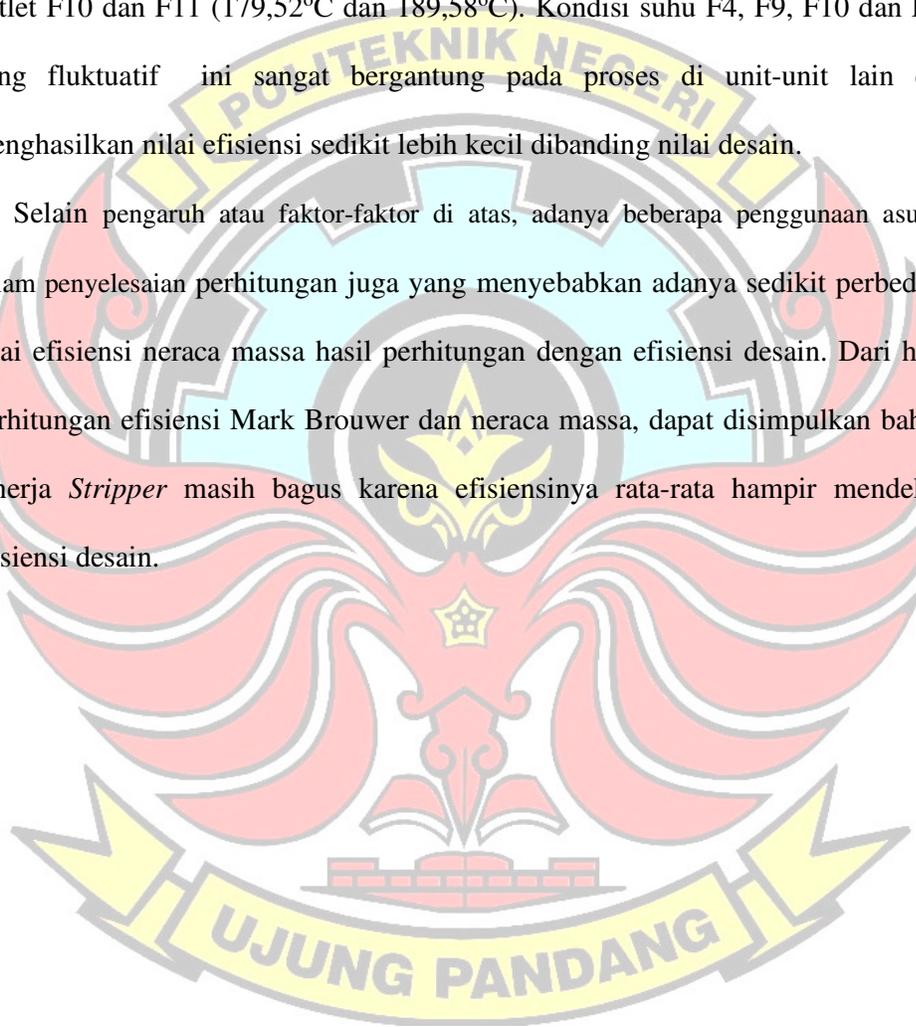
Tabel 4.2 menunjukkan rata-rata pengaruh nilai rasio NH_3/CO_2 (3,77) dan konversi CO_2 (62,50%) mendekati nilai desain (3,70 dan 63,62%), sedangkan nilai rata-rata $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ diperoleh 0,76 lebih besar dibanding nilai desain sebesar 0,58. Dari ketiga variabel tersebut efisiensi menurut Mark Brouwer dan efisiensi neraca massa lebih kecil dari nilai desain.

Stripper dirancang dengan suhu dan tekanan steam pemanas tertentu. *Steam* digunakan untuk menjaga kestabilan kondisi operasi dan media pemanas yang akan melepas panas latennya guna mendekomposisi cairan ammonium karbamat menjadi NH_3 dan CO_2 . Tekanan steam di *shell Stripper* dapat disesuaikan, tergantung pada beban di *Stripper* untuk mempertahankan efisiensi stripping yang baik, sekaligus menghindari hidrolisis urea yang berlebihan serta pembentukan biuret yang terjadi dalam *Stripper*. Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa tekanan steam yang masuk *Stripper* antara kondisi aktual dan desain terdapat perbedaan yg cukup signifikan. Tekanan steam yang masuk *Stripper* rata-rata $16,54 \text{ kg/cm}^2$ lebih rendah dibanding desain 20 kg/cm^2 , menunjukkan hasil efisiensi *Stripper*

baik menurut Mark Brouwer maupun neraca massa lebih kecil dibanding efisiensi desain.

Jika ditinjau dari suhu inlet F4, F9 dan outlet F10, F11 pada *Stripper* datanya mengalami fluktuasi. Suhu rata-rata inlet F4 dan F5 ($125,64^{\circ}\text{C}$ dan $185,50^{\circ}\text{C}$) dan outlet F10 dan F11 ($179,52^{\circ}\text{C}$ dan $189,58^{\circ}\text{C}$). Kondisi suhu F4, F9, F10 dan F11 yang fluktuatif ini sangat bergantung pada proses di unit-unit lain dan menghasilkan nilai efisiensi sedikit lebih kecil dibanding nilai desain.

Selain pengaruh atau faktor-faktor di atas, adanya beberapa penggunaan asumsi dalam penyelesaian perhitungan juga yang menyebabkan adanya sedikit perbedaan nilai efisiensi neraca massa hasil perhitungan dengan efisiensi desain. Dari hasil perhitungan efisiensi Mark Brouwer dan neraca massa, dapat disimpulkan bahwa kinerja *Stripper* masih bagus karena efisiensinya rata-rata hampir mendekati efisiensi desain.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan masing-masing kondisi aktual maka dapat disimpulkan bahwa:

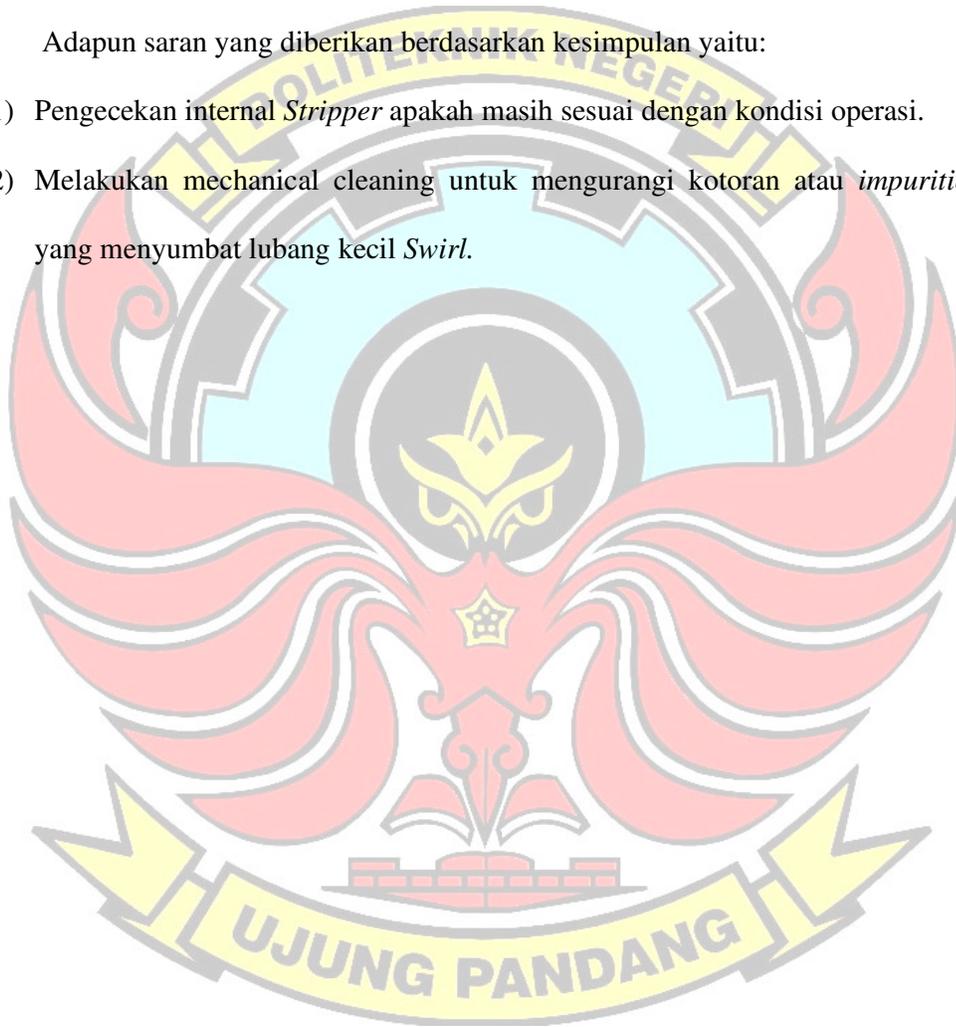
- 1) Efisiensi *Stripper* yang diperoleh melalui perhitungan Mark Brouwer dan neraca massa, masing-masing nilai rata-ratanya adalah 66,95% dan 60,77% mendekati nilai efisiensi desain masing-masing sebesar 68,51% dan 63,92%.
- 2) Hubungan efisiensi *Stripper* terhadap:
 - a) Rate sintesa 59,76% menghasilkan efisiensi Mark Brouwer terbaik sebesar 69,01% dan rate sintesa 101,14% menghasilkan efisiensi neraca massa terbaik sebesar 63,20%.
 - b) Nilai rasio NH_3/CO_2 rata-rata diperoleh 3,77 mendekati nilai desain sebesar 3,70 menghasilkan efisiensi Mark Brouwer dan neraca massa yang lebih kecil dari efisiensi desain.
 - c) Konversi CO_2 rata-rata diperoleh 62,50% mendekati nilai desain sebesar 63,62% menghasilkan efisiensi Mark Brouwer dan neraca massa yang lebih kecil dari efisiensi desain .
 - d) Nilai rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ rata-rata diperoleh 0,76 lebih besar dibanding nilai desain yaitu 0,58 menghasilkan efisiensi Mark Brouwer dan neraca massa yang lebih kecil dari efisiensi desain.
 - e) Tekanan steam yang masuk *Stripper* rata-rata 16,54 kg/cm^2 lebih rendah dibanding desain 20 kg/cm^2 menghasilkan efisiensi Mark Brouwer dan neraca massa yang lebih kecil dari efisiensi desain .

- f) Suhu rata-rata inlet F4 dan F5 ($125,64^{\circ}\text{C}$ dan $185,50^{\circ}\text{C}$) dan outlet F10 dan F11 ($179,52^{\circ}\text{C}$ dan $189,58^{\circ}\text{C}$) mengalami fluktuasi menghasilkan efisiensi Mark Brouwer dan neraca massa yang lebih kecil dari efisiensi desain.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan berdasarkan kesimpulan yaitu:

- 1) Pengecekan internal *Stripper* apakah masih sesuai dengan kondisi operasi.
- 2) Melakukan *mechanical cleaning* untuk mengurangi kotoran atau *impurities* yang menyumbat lubang kecil *Swirl*.



DAFTAR PUSTAKA

- Budi, Nugraha Eka I., dkk. 2002. *Petunjuk Manual Operasi Pabrik Urea Pabrik-4*. PT. Pupuk Kalimantan Timur. Bontang, Kalimantan Timur.
- Brouwer, Mark.2009. *Thermodynamics of the Urea Process*. German: General Manager.
- E.Treybal, Robert.1980.*Mass-Transfer Operations*.New York: McGraw-Hill Book Company.
- Farha,Ayu Shafira., dan Azmia Rizka Nafiah. 2016. *Evaluasi Performa Stripper*.Bontang: Institut Teknologi Kalimantan.
- Himmelblau, David M., dan James B. Riggs.1923.*Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. 8th ed, New Jersey, Prentice Hall International.
- Novenia, Teresia Dyah., dan Martha Riana Sitompul.2016. *Menghitung Neraca Massa Design dan Aktual pada Alat Stripper*.Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suhartono.2012. *Pupuk Urea dan Karakteristiknya*.(online),(<https://pengertianmenurutparaahli.org/pengertian-pupuk-urea-dan-karakteristiknya/>), diakses pada tanggal 7 Desember 2017.
- Sukardi, dkk. 2013. *Panduan Pengoperasian Pabrik Urea Kaltim 5 PT Pupuk Kaltim*. Bontang : PT Pupuk Kaltim.
- Wikipedia. *Urea*.(online),(<https://id.wikipedia.org/wiki/Urea>), diakses pada tanggal 12 Desember 2017.

Lampiran 1 Data Penelitian

I. Data Primer

Data yang digunakan yaitu:

Tanggal : 3 Mei 2018

Rate Sintesa : 100,59%

Data log sheet analisa laboratorium (%wt) :

Komponen	Arus inlet atas F9 (%wt)	Arus outlet bawah F10 (%wt)
Urea	30,35	47,67
NH3	35,81	13,20
CO2	13,37	12,99
H2O	20,47	25,94
Biuret	0,00	0,20
Total	100,00	100,00

Data log sheet panel kontrol:

$F4 = 46251,27 \text{ Nm}^3/\text{jam}$

II. Data Sekunder

Data berat molekul komponen:

Ammonia (NH_3) = 17 kg/kmol

Karbondioksida (CO_2) = 44 kg/kmol

Urea ($\text{NH}_2\text{COONH}_2$) = 60 kg/kmol

Air (H_2O) = 18 kg/kmol

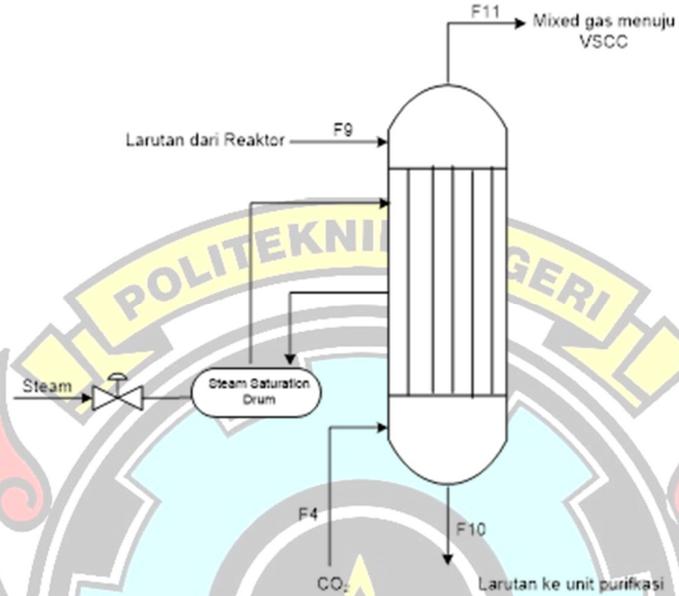
Biuret ($\text{N}_3\text{H}_6(\text{CO})_2$) = 103 kg/kmol

Tabel L.1 Data Desain

Komponen	BM	Inlet								Outlet						
		%wt	F4	Mol	F9	%wt	Mol	Generasi		%wt	F10	Mol	F11	Mol	Konsumsi	
								Mol	Massa						Mol	Massa
								(kg/kmol)	(kg/h)						(kmol/h)	(kg/h)
Urea	60	-	-	-	155365	32,46	2589,417	0	0	49,35	147828	2463,8	6827,485437	113,79142	11,82524	709,5146
NH3	17	-	-	-	174273	35,19	10251,35	5,91262136	100,5146	12,85	38486	2263,882353	135887,5146	7993,3832	0	0
CO2	44	100	83099	1888,613636	67337	13,61	1530,386	0	0	12,65	37898	861,3181818	112538	2557,6818	0	0
H2O	18	-	-	-	89701	18,66	4983,389	0	0	24,95	74723	4151,277778	14978	832,11111	0	0
Biuret	103	-	-	-	362	0,08	3,514563	5,91262136	609	0,2	609	5,912621359	362	3,5145631	0	0
Total		100	83099	1888,613636	487038	100	19358,06	11,8252427	709,5146	100	299544	9746,190934	270593	11500,482	11,82524	709,5146

Komponen	Inlet		Outlet		Sisa	
	F4+F9+Generasi	Mol	F10+F11+Konsumsi	Mol	(kg/h)	Mol
	(kg/h)	(kmol/h)	(kg/h)	(kmol/h)	(kg/h)	(kmol/h)
Urea	155365	2589,416667	155365	2589,416667	0	0
NH3	174373,5146	10257,26556	174373,5146	10257,26556	0	0
CO2	150436	3419	150436	3419	0	0
H2O	89701	4983,388889	89701	4983,388889	0	0
Biuret	971	9,427184466	971	9,427184466	0	0
Total	570846,5146	21258,4983	570846,5146	21258,4983	0	0

Lampiran 2 Perhitungan



1. Menghitung Neraca Massa

Tanggal : 3 Mei 2018

Rate Sintesa : 100,59%

Data log sheet analisa laboratorium (%wt) :

Komponen	Arus inlet atas F9 (%wt)	Arus outlet bawah F10 (%wt)
Urea	30,35	47,67
NH3	35,81	13,20
CO2	13,37	12,99
H2O	20,47	25,94
Biuret	0,00	0,20
Total	100,00	100,00

Data log sheet panel sintesa:

$$F4 = 46251,27 \text{ Nm}^3/\text{jam} = \frac{46251,27 \text{ Nm}^3/\text{jam}}{22,414 \text{ Nm}^3} \times 44 \text{ kg}/\text{jam} = 90793,96 \text{ kg}/\text{jam}$$

➤ Menghitung F4

- Menentukan laju massa CO₂

$$\text{Massa CO}_2 = \%wt \text{ CO}_2 \times \text{laju massa total F4}$$

$$\text{Massa CO}_2 = 100\% \times 90793,96 \text{ kg}/\text{jam}$$

$$\text{Massa CO}_2 = 90793,96 \text{ kg}/\text{jam}$$

- Menentukan fraksi massa

$$\text{Fraksi massa} = \frac{\text{Massa CO}_2}{\text{Massa total}}$$

$$\text{Fraksi massa} = \frac{90793,96 \text{ kg}/\text{jam}}{90793,96 \text{ kg}/\text{jam}} = 1$$

- Menentukan mol

$$\text{Mol} = \frac{\text{Massa CO}_2}{\text{BM}}$$

$$\text{Mol} = \frac{90793,96 \text{ kg}/\text{jam}}{44 \text{ kg}/\text{kmol}}$$

$$\text{Mol} = 2063,50 \text{ kmol}/\text{jam}$$

- Menentukan fraksi mol

$$\text{Fraksi mol} = \frac{\text{mol CO}_2}{\text{mol total}}$$

$$\text{Fraksi mol} = \frac{2063,50 \text{ kmol}/\text{jam}}{2063,50 \text{ kmol}/\text{jam}} = 1$$

Komponen	BM (kg/kmol)	%wt	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	Mol (kmol/jam)	Fraksi Mol
Urea	60,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NH3	17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO2	44,00	100,00	90793,96	1,00	2063,50	1,00
H2O	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biuret	103,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		100,00	90793,96	1,00	2063,50	1,00

➤ Menghitung F10

Menentukan laju massa F10 dengan mengalikan rate sintesa dan F10 desain sebagai Faktual.

Dimana: Rate Sintesa = 105,59%

F10 design = 299544 kg/j

F10 = Rate x F10 design

F10 = 105,59% x 299544 kg/jam

F10 = 316288,51 kg/jam

- Menentukan massa komponen

Massa Komponen = %wt komponen x F10

Massa Urea = 47,67 % x 316288,51 kg/jam

Massa Urea = 150785,28 kg/jam

- Menentukan fraksi massa komponen

Fraksi massa komponen = $\frac{\text{Massa Komponen}}{\text{Massa Total}}$

Fraksi massa urea = $\frac{150785,28 \text{ kg/jam}}{316288,51 \text{ kg/jam}}$

Fraksi massa urea = 0,48

- Menentukan mol komponen

$$\text{mol komponen} = \frac{\text{Massa Komponen}}{\text{BM}}$$

$$\text{mol urea} = \frac{150785,28 \text{ kg/jam}}{60 \text{ kg/kmol}} = 2513,09 \text{ kmol/jam}$$

- Menentukan Fraksi mol

$$\text{Fraksi mol komponen} = \frac{\text{mol komponen}}{\text{mol total}}$$

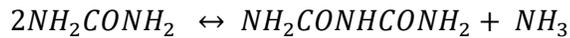
$$\text{Fraksi mol urea} = \frac{2513,09 \text{ kmol/jam}}{10466,37 \text{ kmol/jam}} = 0,24$$

Untuk masing-masing komponen lainnya dapat ditentukan dengan menggunakan cara yang sama.

Komponen	BM (kg/kmol)	%wt	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	Mol (kmol/jam)	Fraksi Mol
Urea	60,00	47,67	150785,28	0,48	2513,09	0,24
NH3	17,00	13,20	41750,08	0,13	2455,89	0,23
CO2	44,00	12,99	41085,88	0,13	933,77	0,09
H2O	18,00	25,94	82034,70	0,26	4557,48	0,44
Biuret	103,00	0,20	632,58	0,00	6,14	0,00
Total		100,00	316288,51	1,00	10466,37	1,00

➤ Menghitung F9

Berdasarkan reaksi pembentukan biuret pada stripper, maka perhitungan F9 diselesaikan dengan menggunakan mol biuret pada F10. Dimana reaksinya adalah:



$$2 \times 6,14$$

$$6,14$$

$$6,14$$

- Menentukan laju massa urea yang bereaksi

Laju massa urea

= mol urea pada reaksi pembentukan biuret x BM urea

Laju massa urea yang bereaksi

$$= 12,28 \text{ kmol/jam} \times 60 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Laju massa urea yang bereaksi} = 736,98 \text{ kg/jam}$$

- Menentukan laju massa F9

$$F9 = \frac{\text{Massa urea yang bereaksi} + \text{massa urea F10}}{\%wt \text{ urea F9}}$$

$$F9 = \frac{736,98 \text{ kg/jam} + 150785,28 \text{ kg/jam}}{30,35\%}$$

$$F9 = 499304,45 \text{ kg/jam}$$

- Menghitung massa komponen

Massa komponen = %wt x massa total

$$\text{Massa urea} = 30,35\% \times 499304,45 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Massa urea} = 151522,26 \text{ kg/jam}$$

- Menentukan fraksi massa komponen

$$\text{Fraksi massa komponen} = \frac{\text{Massa Komponen}}{\text{Massa Total}}$$

$$\text{Fraksi massa urea} = \frac{151522,26 \text{ kg/jam}}{499304,45 \text{ kg/jam}}$$

Fraksi massa urea = 0,30

- Menentukan mol komponen

$$\text{mol komponen} = \frac{\text{Massa Komponen}}{\text{BM komponen}}$$

$$\text{mol urea} = \frac{151522,26 \text{ kg/jam}}{60 \text{ kg/kmol}} = 2525,37 \text{ kmol/jam}$$

- Menentukan Fraksi mol

$$\text{Fraksi mol komponen} = \frac{\text{mol komponen}}{\text{mol total}}$$

$$\text{Fraksi mol urea} = \frac{2525,37 \text{ kmol/jam}}{20238,80 \text{ kmol/jam}} = 0,12$$

Untuk masing-masing komponen lainnya dapat ditentukan dengan menggunakan cara yang sama.

Komponen	BM	%wt	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	Mol	Fraksi Mol
Urea	60,00	30,35	151522,26	0,30	2525,37	0,12
NH3	17,00	35,81	178784,28	0,36	10516,72	0,52
CO2	44,00	13,37	66773,65	0,13	1517,58	0,07
H2O	18,00	20,47	102224,27	0,20	5679,13	0,28
Biuret	103,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		100,00	499304,45	1,00	20238,80	1,00

➤ Menghitung F11

- Menghitung komposisi komponen generasi dan konsumsi yang terjadi pada reaksi pembentukan biuret.

✓ Generasi

Dimana:

$$\text{mol komponen} = \text{mol produk reaksi pembentukan biuret}$$

Massa komponen = mol komponen x BM komponen

✓ Konsumsi

Dimana:

mol komponen = mol reaktan reaksi pembentukan biuret

Massa komponen = mol komponen x BM komponen

Komponen	BM (kg/kmol)	Generasi		Konsumsi	
		Mol (kmol/jam)	Massa (kg/jam)	Mol (kmol/jam)	Massa (kg/jam)
Urea	60,00	0,00	0,00	12,28	736,98
NH3	17,00	6,14	104,41	0,00	0,00
CO2	44,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H2O	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biuret	103,00	6,14	632,58	0,00	0,00
Total		12,28	736,98	12,28	736,98

- Menghitung komposisi komponen F11

✓ Menentukan mol komponen

Mol komponen = mol (F4 + F9 + Generasi) – mol(F10 + Konsumsi)

Mol NH₃ = (0 + 10516,72 + 6,14) – (2455,89 + 0)

Mol NH₃ = 8066,98

✓ Menentukan massa komponen

Massa komponen = mol komponen x BM komponen

Massa NH₃ = 8066,98 x 17

Massa NH₃ = 137138,60

✓ Menentukan fraksi massa komponen

Fraksi massa komponen = $\frac{\text{Massa Komponen}}{\text{Massa Total}}$

Fraksi massa NH₃ = $\frac{137138,60 \text{ kg/jam}}{273809,91 \text{ kg/jam}}$

Fraksi massa $\text{NH}_3 = 0,50$

✓ Menentukan Fraksi mol

$$\text{Fraksi mol komponen} = \frac{\text{mol komponen}}{\text{mol total}}$$

$$\text{Fraksi mol } \text{NH}_3 = \frac{8066,98 \text{ kmol/jam}}{11825,93 \text{ kmol/jam}} = 0,68$$

Komponen	BM	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	Mol	Fraksi Mol
Urea	60,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NH3	17,00	137138,60	0,50	8066,98	0,68
CO2	44,00	116481,73	0,43	2647,31	0,22
H2O	18,00	20189,57	0,07	1121,64	0,09
Biuret	103,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		273809,91	1,00	11835,93	1,00

2. Menghitung rasio NH_3/CO_2 , rasio $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$, dan konversi CO_2 dalam reactor sebagai perbandingan pengaruh variable terhadap efisiensi.

Data F9:

Komponen	%wt
Urea	30,35
NH3	35,81
CO2	13,37
H2O	20,47
Biuret	0,00
Total	100,00

- Menghitung rasio NH_3/CO_2

$$\begin{aligned} \text{rasio } \text{NH}_3/\text{CO}_2 &= \frac{2 \times \% \text{berat urea} + 3,53 \times \% \text{berat } \text{NH}_3}{\% \text{berat urea} + 1,364 \times \% \text{berat } \text{CO}_2} \\ &= \frac{2 \times 30,35 + 3,53 \times 35,81}{30,35 + 1,364 \times 13,37} \\ &= 3,85 \end{aligned}$$

- Menghitung rasio H₂O/CO₂

$$\begin{aligned} \text{rasio } \text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2 &= 2,44 \times \frac{(\% \text{berat } \text{H}_2\text{O} - 0,3 \times \% \text{ berat urea})}{(\% \text{berat } \text{CO}_2 + 0,73 \times \% \text{berat urea})} \\ &= 2,44 \times \frac{(20,47 - 0,3 \times 30,35)}{(13,37 + 0,73 \times 30,35)} \\ &= 0,78 \end{aligned}$$

- Menghitung konversi CO₂

$$\begin{aligned} \text{Konversi } \text{CO}_2 &= \frac{\% \text{ berat Urea}}{(\% \text{berat Urea} + 1,364 \times \% \text{berat } \text{CO}_2)} \times 100 \\ &= \frac{30,35}{(30,35 + 1,364 \times 13,37)} \times 100 \\ &= 62,46 \end{aligned}$$

3. Menghitung Efisiensi Stripper

- Berdasarkan Mark Brouwer

Data F10:

Komponen	%wt
Urea	47,67
NH ₃	13,20
CO ₂	12,99
H ₂ O	25,94
Biuret	0,20
Total	100,00

$$\% \text{ Efisiensi}_{\text{MB}} = \frac{\%W(\text{ urea})}{(1,765 \times \%W(\text{NH}_3)) + \%W(\text{ urea})} \times 100$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Efisiensi}_{\text{MB}} &= \frac{47,67}{(1,765 \times 13,20) + 47,67} \times 100 \\ &= 67,17 \end{aligned}$$

- Berdasarkan Neraca Massa

Data:

Komponen	F9	F10	F11	
	Mol (kmol/jam)	Mol (kmol/jam)	Mol (kmol/jam)	Mol Generasi (kmol/jam)
NH3	10516,72	2455,89	8066,98	6,14

$$\% \text{ Efisiensi}_{\text{NM}} = \frac{\text{jumlah mol NH}_3 \text{ terstripping}}{\text{jumlah mol NH}_3 \text{ mula mula}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Efisiensi}_{\text{NM}} &= \frac{8066,98 + 6,14}{10516,72 + 2455,89} \times 100 \\ &= 62,23 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan data lainnya dilakukan dengan cara yang sama.

Hasil perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Komponen	BM (kg/kmol)	Inlet								Outlet						
		% wt	F4 (kg/h)	Mol (kmol/h)	F9 (kg/h)	% wt	Mol (kmol/h)	Generasi		% wt	F10 (kg/h)	Mol (kmol/h)	F11 (kg/h)	Mol (kmol/h)	Konsumsi	
								Mol (kmol/h)	Massa (kg/h)						Mol (kmol/h)	Massa (kg/h)
Urea	60	-	-	-	151522,3	30,35	2525,371	0	0	47,67	150785,28	2513,087925	0	0	12,28305	736,9829
NH3	17	-	-	-	178784,3	35,81	10516,72	6,14152446	104,4059	13,20	41750,083	2455,887251	137138,6043	8066,9767	0	0
CO2	44	100	90793,9627	2063,499152	66773,65	13,37	1517,583	0	0	12,99	41085,877	933,7699408	116481,7343	2647,3121	0	0
H2O	18	-	-	-	102224,3	20,47	5679,126	0	0	25,94	82034,696	4557,483136	20189,56885	1121,6427	0	0
Biuret	103	-	-	-	0	0,00	0	6,14152446	632,577	0,20	632,57702	6,141524458	0	0	0	0
Total		100	90793,9627	2063,499152	499304,5	100,00	20238,8	12,2830489	736,9829	100,00	316288,51	10466,36978	273809,9074	11835,932	12,28305	736,9829

Komponen	Inlet		Outlet		Sisa	
	F4+F9+Generasi	Mol	F10+F11+Konsumsi	Mol	(kg/h)	Mol
	(kg/h)	(kmol/h)	(kg/h)	(kmol/h)	(kg/h)	(kmol/h)
Urea	151522,2584	2525,370974	151522,2584	2525,370974	0	0
NH3	178888,6875	10522,86397	178888,6875	10522,86397	0	0
CO2	157567,6117	3581,082085	157567,6117	3581,082085	0	0
H2O	102224,2653	5679,125849	102224,2653	5679,125849	0	0
Biuret	632,5770192	6,141524458	632,5770192	6,141524458	0	0
Total	590835,4	22314,5844	590835,4	22314,5844	0	0