

PENGARUH TEMPERATUR OPERASI TERHADAP  
PEMBENTUKAN BIURET DAN PENGURAIAN KARBAMAT  
PADA HP *STRIPPER* 2-E-201 UNIT SINTESA UREA DI PABRIK 4  
PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Kimia Industri  
Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

SUSELA RAHMADANI (432 20 005)  
MADILA DEWI TSANIYAH (432 20 006)

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK KIMIA  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2024

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Pembentukan Biuret Dan Penguraian Karbamat Pada HP *Stripper* 2-E-201 Unit Sintesa Urea Di Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur” oleh Susela Rahmadani NIM 432 20 005 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, **16** Agustus 2024

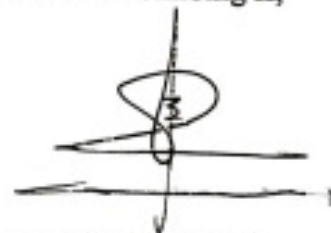
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,



Ir. Zulmanwardi, M.Si  
NIP. 19621101 199103 1 003

Dosen Pembimbing II,



Ir. Irwan Sofia, M.Si  
NIP. 19620810 199103 1 001

Mengetahui,

a.n Direktur  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Wahyu Budi Utomo, HND., M.Sc.  
NIP. 19650320 199202 1 001

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Pembentukan Biuret Dan Penguraian Karbamat Pada HP *Stripper* 2-E-201 Unit Sintesa Urea Di Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur” oleh Madila Dewi Tsaniyah NIM 432 20 006 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 16 Agustus 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Ir. Zulmanwardi, M.Si  
NIP. 19621101 199103 1 003

Ir. Irwan Sofia, M.Si  
NIP. 19620810 199103 1 001

Mengetahui,

a.n Direktur

Ketua Jurusan Teknik Kimia


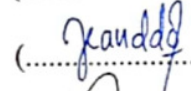
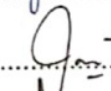
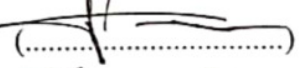


Wahyu Budi Utomo, HND., M.Sc.  
NIP. 19650320 199202 1 001

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tanggal 12 Agustus 2024, Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa Susela Rahmadani NIM 432 20 005 dengan judul “Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Pembentukan Biuret Dan Penguraian Karbamat Pada HP *Stripper* 2-E-201 Unit Sintesa Urea Di Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur”.

Makassar, 12 Agustus 2024

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

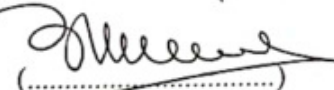
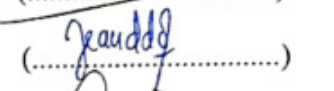
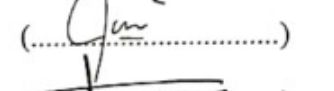
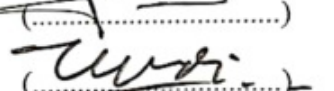


1) Ir. Barlian HS, M.T	Ketua	
2) Jeanne Dewi Damayanti, S.T., M.Sc	Sekretaris	
3) Dr. Joice Manga, S.T., M.T	Anggota	
4) Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T	Anggota	
5) Ir. Zulmanwardi, M.Si	Anggota	
6) Ir. Irwan Sofia, M.Si	Anggota	

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tanggal 12 Agustus 2024, Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa Madila Dewi Tsaniyah NIM 432 20 006 dengan judul “Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Pembentukan Biuret Dan Penguraian Karbamat Pada HP *Stripper* 2-E-201 Unit Sintesa Urea Di Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur”.

Makassar, 12 Agustus 2024

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

1) Ir. Barlian HS, M.T	Ketua	 (.....)
2) Jeanne Dewi Damayanti, S.T., M.Sc	Sekretaris	 (.....)
3) Dr. Joice Manga, S.T., M.T	Anggota	 (.....)
4) Octovianus SR. Pasanda, S.T., M.T	Anggota	 (.....)
5) Ir. Zulmanwardi, M.Si	Anggota	 (.....)
6) Ir. Irwan Sofia, M.Si	Anggota	 (.....)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Pembentukan Biuret dan Penguraian Karbamat Pada HP *Stripper* 2-E-201 Unit Sintesa Urea Di Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur” dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan. Kegiatan kerja praktik dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Wahyu Budi Utomo, HND., M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Ibu Dr. Fajriyati Mas’ud, S.TP., M.Si selaku Koordinator Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Ir. Zulmanwardi, M.Si sebagai Pembimbing I dan Bapak Ir. Irwan Sofia, M.Si sebagai Pembimbing II yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen dan Staf Politeknik Negeri Ujung Pandang khususnya dari Jurusan Teknik Kimia.
6. Bapak Muhammad Rizky Naufal selaku Penanggungjawab Program Kerja Praktik PT. Pupuk Kalimantan Timur Batch 2 Tahun 2024.
7. Bapak Harnomo selaku VP Pabrik Operasi Kaltim 4.
8. Bapak Imanuel Popa Pongsisonda selaku JAVP Unit Urea sekaligus sebagai Pembimbing Lapangan.
9. Orang tua tercinta dan segenap keluarga yang selama ini memberikan doa dan semangat bagi penulis.
10. Teman-teman seperjuangan dari kelas 4A D4 Teknologi Kimia Industri angkatan 2020.
11. Seluruh pihak yang tidak kami sebutkan namanya satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak dimasa yang akan datang.

Makassar, 12 Agustus 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

SAMPUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PENERIMAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN SINGKATAN .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
SURAT PERNYATAAN .....	xiii
RINGKASAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Tinjauan Umum Perusahaan .....	5
2.2 Pupuk Urea .....	5
2.3 Sifat-Sifat dan Komposisi Urea Granul .....	7
2.4 Bahan Baku Produk .....	8
2.5 Proses Produksi Urea Granul .....	13
2.6 <i>High Pressure Stripper</i> .....	20

2.7	Proses Dekomposisi pada HP <i>Stripper</i> .....	24
2.8	Biuret .....	25
2.9	Penentuan Efisiensi Kerja HP <i>Stripper</i> .....	28
BAB III METODE PENELITIAN .....		29
3.1	Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	29
3.2	Alat dan Bahan .....	29
3.3	Teknik Pengumpulan Data .....	30
3.4	Teknik Analisis dan Pengolahan Data .....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		33
4.1	Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Penguraian Karbamat .....	34
4.2	Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Pembentukan Biuret .....	36
4.3	Evaluasi Efisiensi Kerja HP <i>Stripper</i> .....	38
BAB V PENUTUP .....		40
5.1	Kesimpulan .....	40
5.2	Saran .....	40
DAFTAR PUSTAKA .....		41
LAMPIRAN .....		43



## DAFTAR GAMBAR

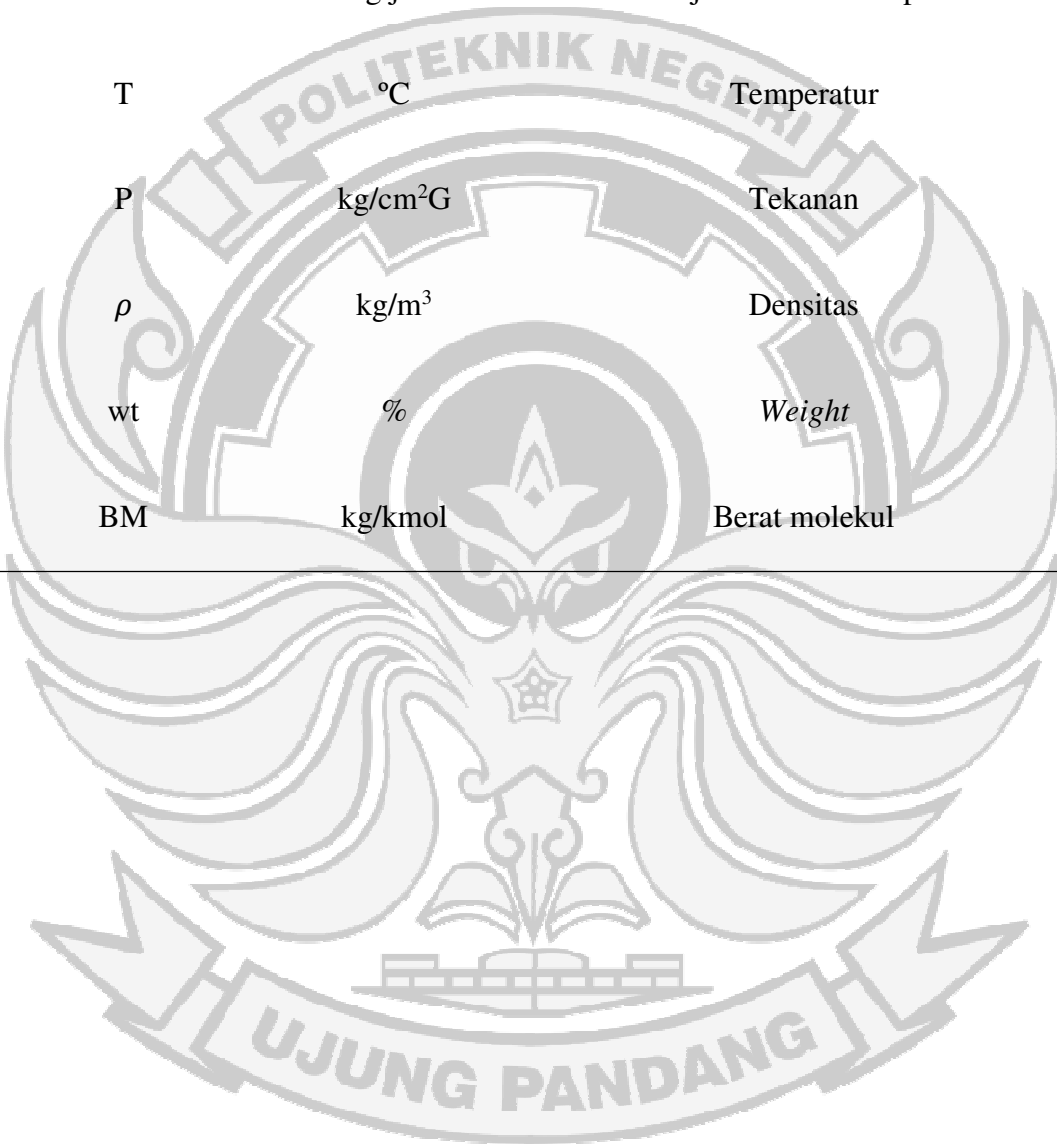
Gambar 2.1	Rumus Struktur Urea .....	6
Gambar 2.2	Pupuk Urea .....	6
Gambar 2.3	Diagram Alir Pembuatan Amonia .....	9
Gambar 2.4	Diagram Alir Pembuatan Pupuk Urea .....	15
Gambar 2.5	<i>Process Flow Diagram</i> HP Stripper dalam Unit Sintesa Urea .....	23
Gambar 2.6	Struktur Senyawa Biuret .....	25
Gambar 2.7	Reaksi Kondensasi .....	27
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Temperatur Operasi HP Stripper dan Massa Karbamat yang Terurai .....	34
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Temperatur Operasi HP Stripper dan Massa Biuret yang Terbentuk .....	36
Gambar 4.3	Grafik Pengamatan Efisiensi Kerja HP Stripper Selama 20 Hari .....	37
Gambar L3.1	<i>Flowsheet</i> Unit Urea Pabrik 4 .....	66
Gambar L3.2	Massa Aliran HP Stripper Berdasarkan Data Pabrik .....	67
Gambar L3.3	Massa Aliran HP Stripper Berdasarkan Hasil Perhitungan .....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel L1.1 Data Desain HP <i>Stripper</i> .....	44
Tabel L1.2 Data Hasil Analisa Laboratorium Selama 20 Hari .....	45
Tabel L2.1 Data Kadar Biuret Berdasarkan Pengaruh Variasi Temperatur Operasi HP <i>Stripper</i> .....	46
Tabel L2.2 Data Massa Biuret Berdasarkan Pengaruh Variasi Temperatur Operasi HP <i>Stripper</i> .....	47
Tabel L2.3 Neraca Massa Aliran HP <i>Stripper</i> Tanggal 23 April 2024 .....	58
Tabel L2.4 Data Rekapitulasi Hasil Perhitungan Massa Komponen Aliran F1 HP <i>Stripper</i> .....	59
Tabel L2.5 Data Rekapitulasi Hasil Perhitungan Massa Komponen Aliran F2 HP <i>Stripper</i> .....	60
Tabel L2.6 Data Rekapitulasi Hasil Perhitungan Massa Komponen Aliran F3 HP <i>Stripper</i> .....	61
Tabel L2.7 Data Massa Karbamat Yang Terurai Berdasarkan Pengaruh Variasi Temperatur Operasi HP <i>Stripper</i> .....	62
Tabel L2.8 Data Rekapitulasi Hasil Perhitungan Efisiensi Kerja HP <i>Stripper</i> ....	64

## DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN SINGKATAN

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
F	kg/jam	Laju alir massa umpan
T	°C	Temperatur
P	kg/cm <sup>2</sup> G	Tekanan
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	Densitas
wt	%	Weight
BM	kg/kmol	Berat molekul



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengamatan .....	44
Lampiran 2 Perhitungan .....	46
Lampiran 3 <i>Process Flow Diagram</i> .....	66



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Susela Rahmadani

NIM : 432 20 005

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Pembentukan Biuret dan Penguraian Karbamat Pada HP *Stripper* 2-E-201 Unit Sintesa Urea Di Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 12 Agustus 2024



Susela Rahmadani  
NIM. 432 20 005

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Madila Dewi Tsaniyah

NIM : 432 20 006

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Pembentukan Biuret dan Penguraian Karbamat Pada HP *Stripper* 2-E-201 Unit Sintesa Urea Di Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 12 Agustus 2024



Madila Dewi Tsaniyah  
NIM. 432 20 006

# **Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Pembentukan Biuret Dan Penguraian Karbamat Pada Hp *Stripper* 2-E-201 Unit Sintesa Urea Di Pabrik 4 Pt. Pupuk Kalimantan Timur**

## **RINGKASAN**

PT. Pupuk Kalimantan Timur memproduksi pupuk urea jenis granul dengan tiga tahap utama. Salah satu tahap tersebut yaitu tahap dekomposisi amonium karbamat yang terjadi pada alat HP *Stripper*. Reaksi dekomposisi pada HP *Stripper* sangat penting karena dapat mempengaruhi kemurnian dari larutan urea yang dihasilkan serta mempengaruhi efisiensi kerja HP *Stripper*. Selain itu, pada proses tersebut sering terjadi reaksi pembentukan biuret yang sangat tidak diinginkan karena dapat meracuni tanaman, sehingga diberikan batasan maksimal 0,9% berat. Kedua reaksi tersebut dipengaruhi oleh temperatur operasi HP *Stripper*. Oleh karena itu, diperlukan pengontrolan temperatur operasi agar reaksi dekomposisi dan efisiensi kerja HP *Stripper* maksimal dan pembentukan biuret dapat diminimalkan.

Tujuan dari kerja praktik ini adalah: 1) Mengetahui pengaruh temperatur operasi terhadap pembentukan biuret dan penguraian karbamat pada HP *Stripper* unit sintesa urea pada pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur; 2) Menghitung rata-rata efisiensi kerja HP *stripper* unit sintesa urea pada pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur; dan 3) Mengetahui rata-rata biuret yang terbentuk dan karbamat yang terurai pada HP *Stripper*.

Metode yang dilakukan yaitu melalui pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari ruang *Distributed Control System* (DCS) dan hasil analisis laboratorium sekali dalam sehari selama 20 hari. Data ini meliputi data komposisi beserta temperatur setiap aliran input dan output HP *Stripper*, data desain HP *Stripper*, serta kadar biuret dari masing-masing data. Data sekunder merupakan data pendukung yang dapat membantu dalam perhitungan kadar biuret, penguraian karbamat, dan efisiensi kerja HP *Stripper*. Data ini diperoleh dari berbagai literatur seperti buku, jurnal, artikel dan internet.

Hasil yang diperoleh: 1) Semakin tinggi temperatur operasi maka semakin banyak biuret yang terbentuk dan karbamat yang terurai; 2) Rata-rata efisiensi kerja HP *Stripper* 2-E-201 berdasarkan penguraian karbamat yang didapatkan selama 20 hari adalah 63,1618% yang mana mendekati efisiensi secara desain yaitu 62,85%; 3) Rata-rata massa biuret yang terbentuk dan massa karbamat yang terurai selama 20 hari yaitu 298,9582 kg/jam atau sekitar 0,19% dan 39.247 kg/jam atau sekitar 63% dari total larutan urea yang keluar dari HP *Stripper*.

Kata kunci: HP *Stripper*, Temperatur Operasi, Karbamat, Biuret, Efisiensi Kerja





# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pupuk merupakan bahan penambah unsur hara pada tanah baik dalam bentuk kimia maupun bentuk organik yang berfungsi untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Unsur hara yang dibutuhkan tanaman cukup banyak dan memiliki peran yang berbeda-beda. Hal inilah yang mendasari adanya macam-macam pupuk yang diklasifikasikan sesuai dengan penggunaannya (Purba et al., 2021). Salah satu unsur hara yang paling penting adalah Nitrogen (N), dimana terdapat pada pupuk urea dengan kadar yang tinggi yaitu berkisar antara 45%-56% (Gorong et al., 2022).

Pupuk urea merupakan salah satu pupuk nitrogen yang memiliki sifat higroskopis (mudah menarik uap air). Hal ini menyebabkan pupuk urea mudah larut dalam air dan mudah diserap oleh tanaman (Fadila et al., 2021). Di Indonesia, pupuk urea telah banyak diproduksi oleh industri-industri besar, salah satunya yaitu PT. Pupuk Kalimantan Timur.

Proses pembuatan urea pada prinsipnya terdiri dari tiga tahap utama yaitu tahap sintesa, tahap dekomposisi, dan tahap pemurnian. Tahap sintesa merupakan tahap terjadinya reaksi pembentukan antara  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$  menjadi amonium karbamat yang kemudian terdehidrasi membentuk urea. Larutan urea yang diperoleh kemudian menuju ke tahap dekomposisi yang terjadi pada *High Pressure Stripper*, *Medium Pressure Decomposer*, dan *Low Pressure Decomposer*.

*High Pressure Stripper* atau *HP Stripper* beroperasi pada temperatur dan tekanan tinggi yang bertujuan untuk mendekomposisikan karbamat yang tidak

terkonversi membentuk urea. Pada temperatur yang maksimal, HP *Stripper* dapat mendekomposisikan karbamat hingga 82% (Irianto et al., 2015). Proses dekomposisi akan menyebabkan larutan urea yang diperoleh menjadi lebih murni, sehingga semakin banyak karbamat yang terdekomposisi menunjukkan efisiensi kerja *stripper* yang semakin baik.

Saat proses dekomposisi berlangsung, sering terjadi reaksi pembentukan biuret (Nurisman et al., 2022). Senyawa biuret merupakan hasil kondensasi molekul urea yang tidak diinginkan karena dapat meracuni tanaman, bahkan dapat menyebabkan kematian (Muthawali, 2019). Efek toksisitas tersebut semakin besar seiring dengan tingginya kadar biuret dalam pupuk urea (Lawiharta, 2019). Menurut SNI 2801:2010 kadar biuret ditetapkan maksimal 1,2% dalam pupuk urea, sedangkan pada pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur ditetapkan maksimal 0,9% berat (Irianto et al., 2015).

Reaksi pembentukan biuret disebabkan oleh berbagai pengaruh kondisi pada HP *stripper* seperti temperatur operasi, waktu tinggal, dan konsentrasi  $\text{NH}_3$ . Menurut hasil penelitian (Septiani, 2020), temperatur operasi sangat berpengaruh pada peningkatan kadar biuret dalam produk urea. Semakin rendah temperatur operasi maka kadar biuret dalam urea semakin rendah pula. Kondisi ini berbanding terbalik dengan kondisi yang diharapkan pada proses dekomposisi. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa dan pengontrolan pada kondisi operasi HP *stripper* agar pembentukan biuret dapat diminimalisir, proses dekomposisi dan efisiensi kerja dari *stripper* dapat maksimal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari kerja praktik ini antara lain:

- 1) Bagaimana pengaruh temperatur operasi terhadap pembentukan biuret dan penguraian karbamat pada HP *stripper* unit sintesa urea pada pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur?
- 2) Berapa rata-rata efisiensi kerja HP *stripper* unit sintesa urea pada pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur?
- 3) Berapa rata-rata biuret yang terbentuk dan karbamat yang terurai pada HP *stripper*?

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

- 1) Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur
- 2) Alat HP *Stripper* 2-E-201
- 3) Data penggunaan alat HP *Stripper* 2-E-201 pada bulan April dan Mei 2024

## 1.4 Tujuan

Tujuan pelaksanaan kerja praktik ini, antara lain untuk

- 1) Mengetahui pengaruh temperatur operasi terhadap pembentukan biuret dan penguraian karbamat pada HP *stripper* unit sintesa urea pada pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur.
- 2) Menghitung rata-rata efisiensi kerja HP *stripper* unit sintesa urea pada pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur.
- 3) Mengetahui rata-rata biuret yang terbentuk dan karbamat yang terurai pada HP *stripper*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat kerja praktik ini adalah sebagai berikut.

- 1) Bagi Mahasiswa dan Masyarakat
  - a) Menambah wawasan keilmuan dan pengetahuan terkait proses pembuatan pupuk urea di PT. Pupuk Kalimantan Timur.
  - b) Mengetahui pengaruh temperatur operasi terhadap pembentukan biuret dan penguraian karbamat pada HP *stripper* 2-E-201 unit sintesa urea di Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur.
  - c) Menjadi bahan referensi bagi peneliti lain.
  - d) Sebagai salah satu sumber pengetahuan bagi masyarakat.

### 2) Bagi Industri

Menjadi bahan masukan terkait pembentukan biuret dan penguraian karbamat HP *stripper* 2-E-201 unit sintesa urea di Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum Perusahaan

PT. Pupuk Kalimantan Timur atau disebut juga dengan Pupuk Kaltim merupakan produsen pupuk terbesar di Asia Tenggara yang berdiri sejak 7 Desember 1977. Pupuk Kaltim ini memproduksi pupuk Urea, pupuk NPK, amonia serta pupuk hayati dan biodekomposer. Wilayah distribusi produk tersebut meliputi 2/3 wilayah di Indonesia yakni Kawasan Timur Indonesia hingga Papua dan sebagian besar Jawa Timur dan Kalimantan, kecuali Kalimantan Barat (Pupukkaltim.com)

Pupuk Kaltim memiliki 5 unit pabrik Urea, 5 unit pabrik Amonia, 3 unit pabrik NPK Blending, 2 unit pabrik NPK Fusion, 1 unit pabrik Boiler Batubara, unit pengantongan serta unit pergudangan (Pupukkaltim.com). Produk terbanyak yang diproduksi Pupuk Kaltim adalah pupuk Urea yang salah satunya diproduksi oleh Pabrik 4.

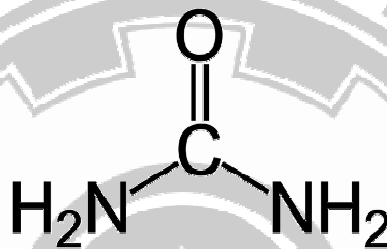
Pabrik 4 memproduksi pupuk Urea jenis granul dengan menggunakan lisensi proses Snamprogetti *Stripping Process Low Energy up-to-date Technology*. Pabrik ini didirikan pada tahun 2002 dengan kapasitas produksi 1.725 MTPD.

### 2.2 Pupuk Urea

Definisi pupuk berdasarkan PP No. 8 tahun 2001 Bab 1 Pasal 1 yaitu pupuk adalah bahan kimia atau organisme yang berperan dalam penyediaan unsur hara bagi keperluan tanaman secara langsung atau tidak langsung. Sedangkan

pupuk anorganik adalah pupuk hasil proses rekayasa secara kimia, fisika dan atau biologis, dan merupakan hasil industri atau pabrik pembuat pupuk..

Pupuk urea disebut juga sebagai pupuk nitrogen (N) karena memiliki kandungan nitrogen 46%. Urea dibuat dari reaksi antara amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dalam suatu proses kimia menjadi urea padat. Urea memiliki rumus molekul  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  atau  $\text{CON}_2\text{H}_4$  dengan struktur sebagai berikut.



Gambar 2.1 Rumus Struktur Urea  
Sumber: [www.pupuk-kujang.co.id](http://www.pupuk-kujang.co.id)

Pupuk Kaltim memproduksi pupuk urea jenis granul dan prill. Kedua jenis pupuk tersebut dibedakan oleh ukuran butirannya. Urea granul memiliki ukuran 2-4 mm yang cocok untuk segmen perkebunan, sedangkan urea prill memiliki ukuran 1-3 mm yang paling banyak digunakan untuk segmen tanaman pangan dan industri ([Pupukkaltim.com](http://Pupukkaltim.com)).

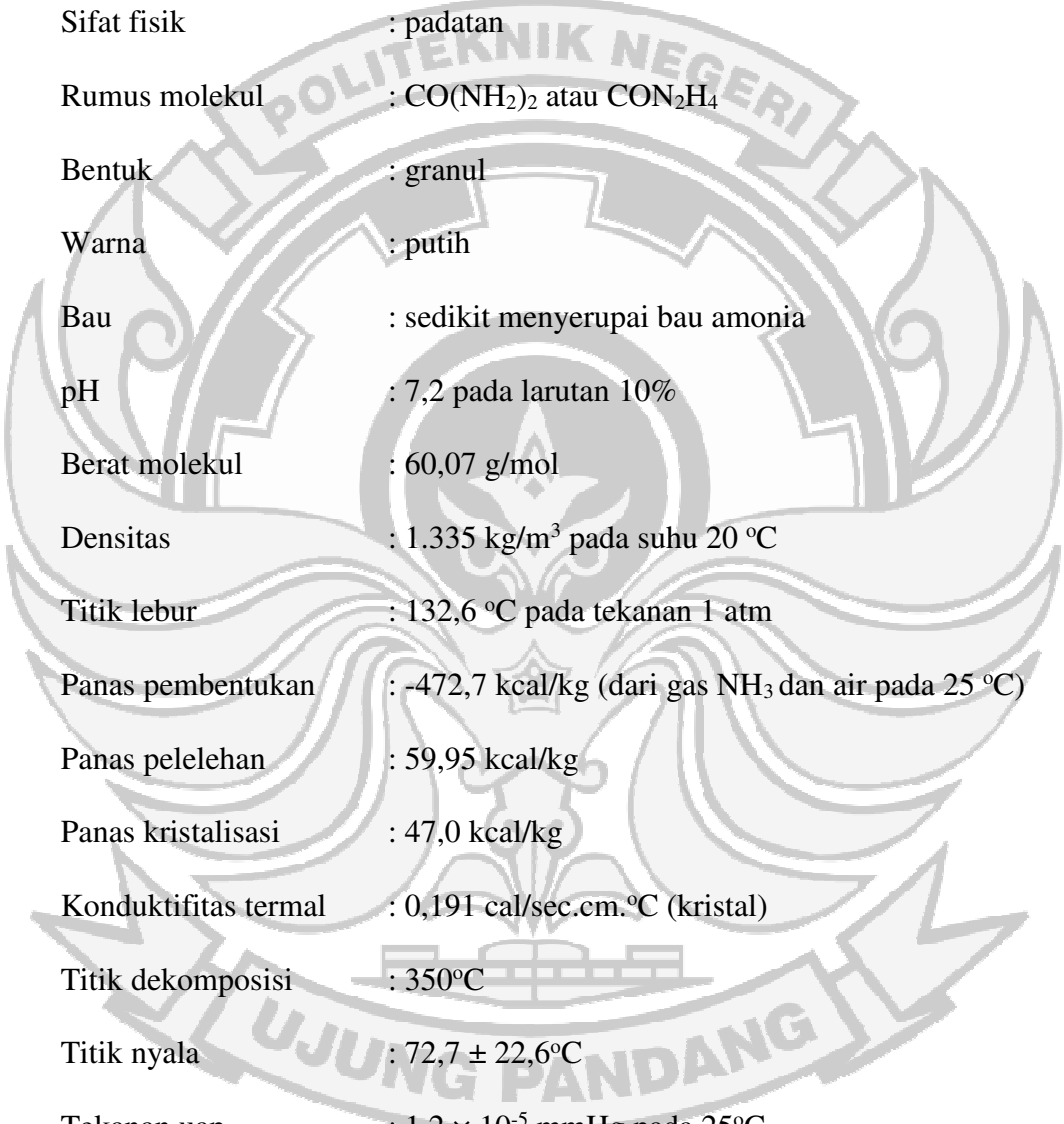


Gambar 2.2 Pupuk Urea  
Sumber: [www.treanasia.com](http://www.treanasia.com)

### 2.3 Sifat-Sifat dan Komposisi Urea Granul

Spesifikasi pupuk urea granul yang diproduksi oleh pabrik 4 Pupuk Kaltim dapat dinyatakan sebagai berikut:

#### 1) Sifat-sifat fisika dan kimia



Sifat fisik	: padatan
Rumus molekul	: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ atau $\text{CON}_2\text{H}_4$
Bentuk	: granul
Warna	: putih
Bau	: sedikit menyerupai bau amonia
pH	: 7,2 pada larutan 10%
Berat molekul	: 60,07 g/mol
Densitas	: 1.335 kg/m <sup>3</sup> pada suhu 20 °C
Titik lebur	: 132,6 °C pada tekanan 1 atm
Panas pembentukan	: -472,7 kcal/kg (dari gas $\text{NH}_3$ dan air pada 25 °C)
Panas pelelehan	: 59,95 kcal/kg
Panas kristalisasi	: 47,0 kcal/kg
Konduktifitas termal	: 0,191 cal/sec.cm.°C (kristal)
Titik dekomposisi	: 350°C
Titik nyala	: 72,7 ± 22,6°C
Tekanan uap	: $1,2 \times 10^{-5}$ mmHg pada 25°C
Kelarutan	: 545 g/L pada 25°C
Ukuran produk	: 90% ( <i>min weight</i> ) untuk 2 mm – 4,7 mm

(Pupukkaltim.com)

## 2) Komposisi

Kandungan nitrogen : 46% (*min weight*)

Kandungan biuret : 0,9% (*max weight*)

Kandungan air : 0,3% (*max weight*)

Kandungan besi : 1 ppm (*max weight*)

Amoniak bebas : 100 ppm (*max weight*)

Debu : 15 ppm (*max weight*)

(Pupukkaltim.com)

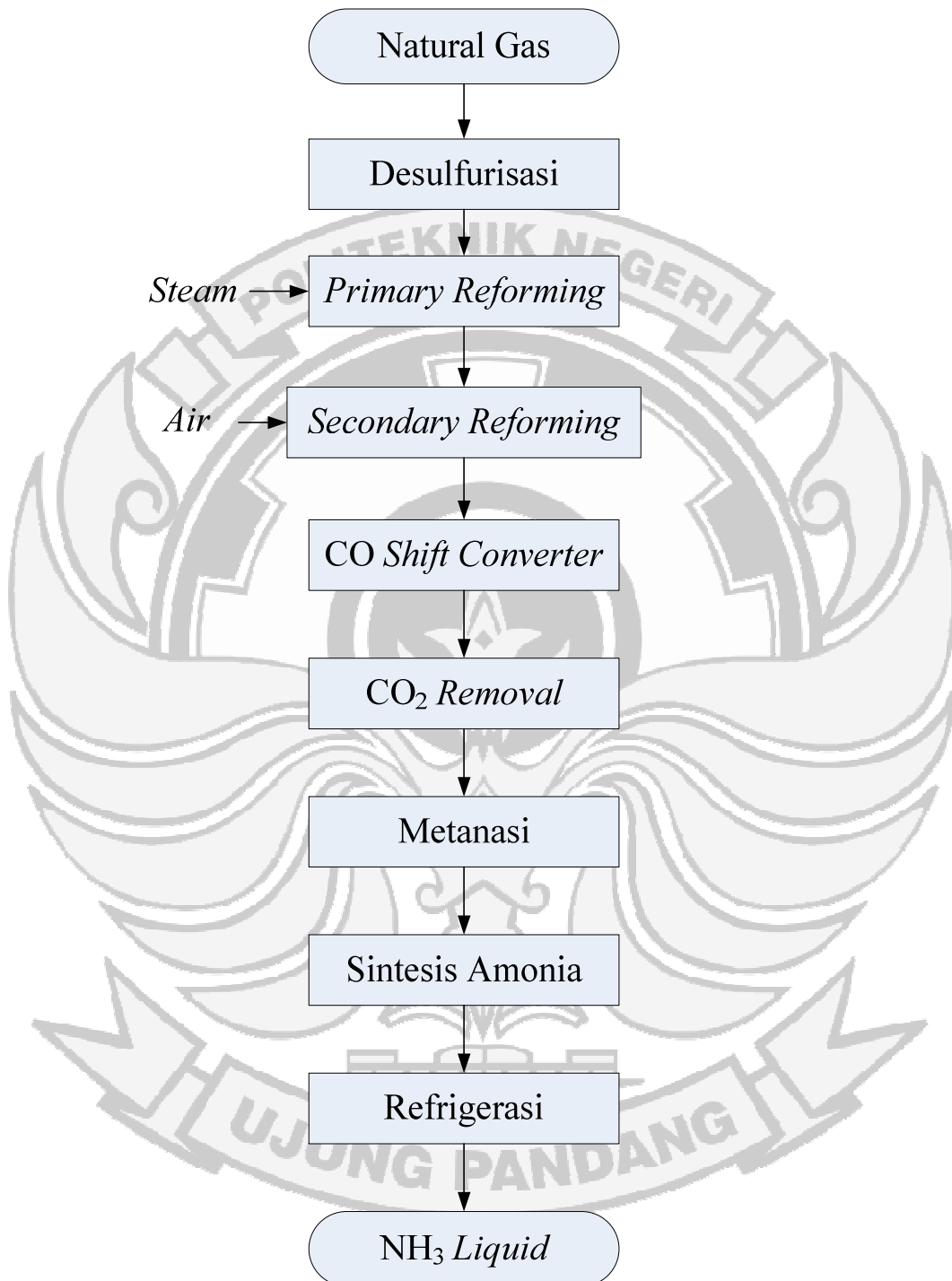
## 2.4 Bahan Baku Produk

### 1) Amonia

Amonia merupakan senyawa kimia yang tersusun atas nitrogen dan hidrogen dengan rumus kimia  $\text{NH}_3$ . Nitrogen diperoleh dari udara sedangkan hidrogen diperoleh dari gas alam (*natural gas*). Amonia dihasilkan dari sintesis gas hidrogen dan nitrogen pada suhu dan tekanan tinggi dengan bantuan katalis (pupukkaltim). Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur, menyediakan unit proses untuk penyediaan amonia yang dijadikan sebagai bahan baku utama pada sintesis urea. Kapasitas produksi unit amonia Pabrik 4 cukup besar hingga mencapai 1.180 Ton/hari.



Berikut diagram alir proses pembuatan amonia:



Gambar 2.3 Diagram Alir Pembuatan Amonia

Tahap awal proses produksi amonia dimulai dari suplai *natural gas* (gas alam) sebagai sumber hidrogen pada sintesa amonia (*feed*). Penggunaan *natural gas* pada unit amonia terbagi menjadi 2, yaitu sebagai *feed* dan *fuel gas* pada *primary reformer*.

Proses desulfurisasi berfungsi menghilangkan sulfur yang terdapat dalam aliran gas alam dikarenakan dapat menjadi racun bagi katalis pada proses berikutnya. Pada proses ini terdapat alat Hidrogenator untuk mengubah sulfur organik menjadi sulfur anorganik. Pengubahan sulfur ini bertujuan untuk memudahkan penghilangan sulfur. Setelah itu, umpan akan masuk ke *desulfurizer* untuk diikat kandungan sulfur anorganiknya dengan katalis ZnO.

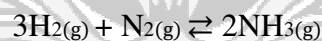
Umpan selanjutnya menuju ke seksi *Steam Methane Reforming* yang terbagi atas tahap *primary reforming* dan *secondary reforming*. Pada *primary reforming* terjadi reaksi pemecahan metana menjadi CO, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub> dengan penambahan *steam*. Pada tahap *secondary reforming*, ditambahkan udara yang menjadi sumber N<sub>2</sub>, dimana oksigen yang ikut bersama N<sub>2</sub> bereaksi dengan H<sub>2</sub> menyebabkan terjadinya reaksi pembakaran. Akibat dari panas tersebut terjadi konversi CO menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>. Hal ini menyebabkan terjadi peningkatan jumlah H<sub>2</sub>.

Seksi CO *shift conversion* berfungsi untuk mengubah CO menjadi CO<sub>2</sub> dengan melalui 2 tahapan yaitu HT (*High Temperature*) dan LT (*Low Temperature*) *Shift Conversion*. Suhu yang rendah akan menyebabkan konstanta keseimbangan naik tetapi kecepatan reaksi menjadi lambat. Oleh karenanya digunakan suhu tinggi untuk mempercepat reaksi sehingga diperoleh keseimbangan reaksi yang lebih tinggi. Selanjutnya, CO<sub>2</sub> yang diperoleh akan

dipisahkan pada unit *CO<sub>2</sub> removal* dan akan dibawa menuju ke unit urea untuk kebutuhan sintesis urea. Proses pemisahan *CO<sub>2</sub>* dilakukan dengan cara absorpsi menggunakan larutan *Methyl Diethanol Amine (MDEA)*. Setelah itu, dilakukan proses *stripping* pada *stripper* untuk memisahkan *CO<sub>2</sub>* dari absorbennya.

Gas *CO* dan *CO<sub>2</sub>* yang tidak terkonversi pada *HTS* dan *LTS* serta tidak terserap pada *CO<sub>2</sub> removal* akan menuju ke seksi metanasi. Metanasi ini berfungsi untuk mengonversi gas tersebut menjadi metan pada metanator dengan katalis *Ni*. Hal ini dilakukan karena *CO* dan *CO<sub>2</sub>* merupakan racun bagi katalis *Fe* pada *Amonia Converter*.

*Amonia Converter* merupakan tempat terjadinya reaksi antara gas nitrogen (*N<sub>2</sub>*) dan gas *hydrogen (H<sub>2</sub>)* menjadi amonia (*NH<sub>3</sub>*). Berikut reaksi pembentukan amonia:



Reaksi tersebut bersifat eksotermis sehingga menghasilkan temperatur yang tinggi. Panas tersebut dimanfaatkan pada beberapa seksi, sehingga terjadi penurunan temperatur. Gas amonia yang dihasilkan masih mengandung gas inert. Gas inert tersebut dipisahkan pada *purge gas* atau gas buang. Gas amonia kemudian didinginkan secara bertahap pada *chiler* yang menyebabkan terjadinya perubahan fasa gas amonia menjadi fasa liquid. Amonia liquid yang dihasilkan pada tahap akhir memiliki temperatur *-31°C* yang akan dikirim menuju unit urea dan *Amonia Storage Tank*.

Berikut spesifikasi amonia yang digunakan:

Bau : tajam

Wujud	: cair
Warna	: tak berwarna
Tekanan	: 25 kg/cm <sup>2</sup> G
Temperatur	: Max. 30 °C
Kandungan H <sub>2</sub> O	: 0,1% ( <i>max weight</i> )
Kandungan NH <sub>3</sub>	: 99,8% ( <i>min weight</i> )
Kandungan Oil	: 5 ppm ( <i>max weight</i> )
<i>Insoluble gas</i>	: 500 ppm ( <i>max weight</i> )

2) Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)

Karbon dioksida merupakan salah satu bahan utama pada pembentukan urea. Pada pabrik 4 PT Pupuk Kaltim CO<sub>2</sub> diperoleh dari seksi CO<sub>2</sub> *removal* unit amonia.

Berikut spesifikasi gas CO<sub>2</sub> yang digunakan:

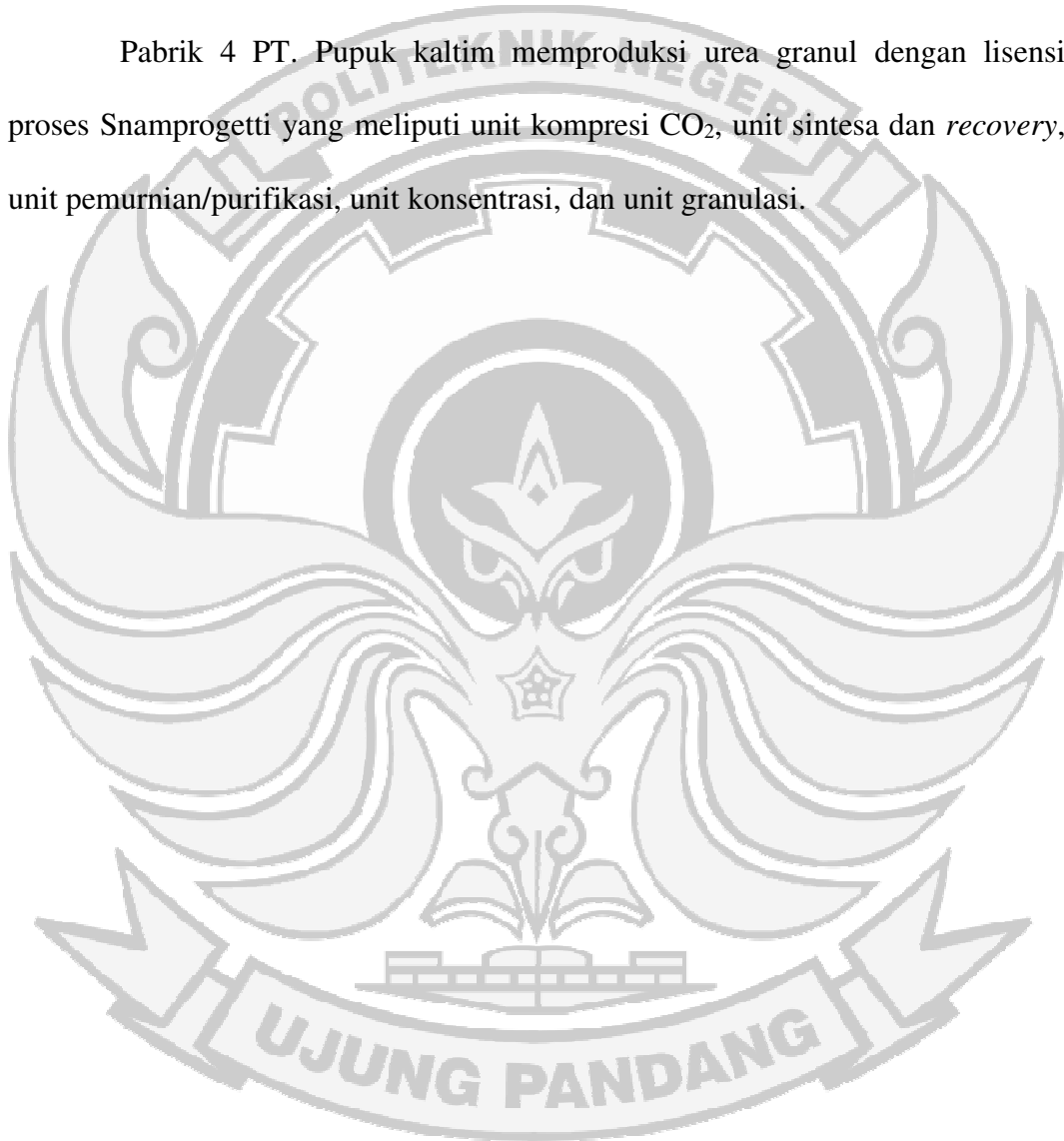
Warna	: tidak berwarna
Bau	: berbau agak tajam
Tekanan	: 0,2 kg/cm <sup>2</sup> G di <i>suction</i> kompresor CO <sub>2</sub>
Suhu	: Max. 40 °C
Densitas	: 1,977 g/L pada 0°C
Berat molekul	: 44,01 g/mol
Titik leleh	: -56,6°C
Titik didih	: -78,5°C
Kandungan CO <sub>2</sub>	: Min. 99,0% volume
Kandungan H <sub>2</sub>	: Max. 0,8% volume

Kandungan N<sub>2</sub> : Max. 0,2% volume

Kandungan sulfur : Max. 1 ppm

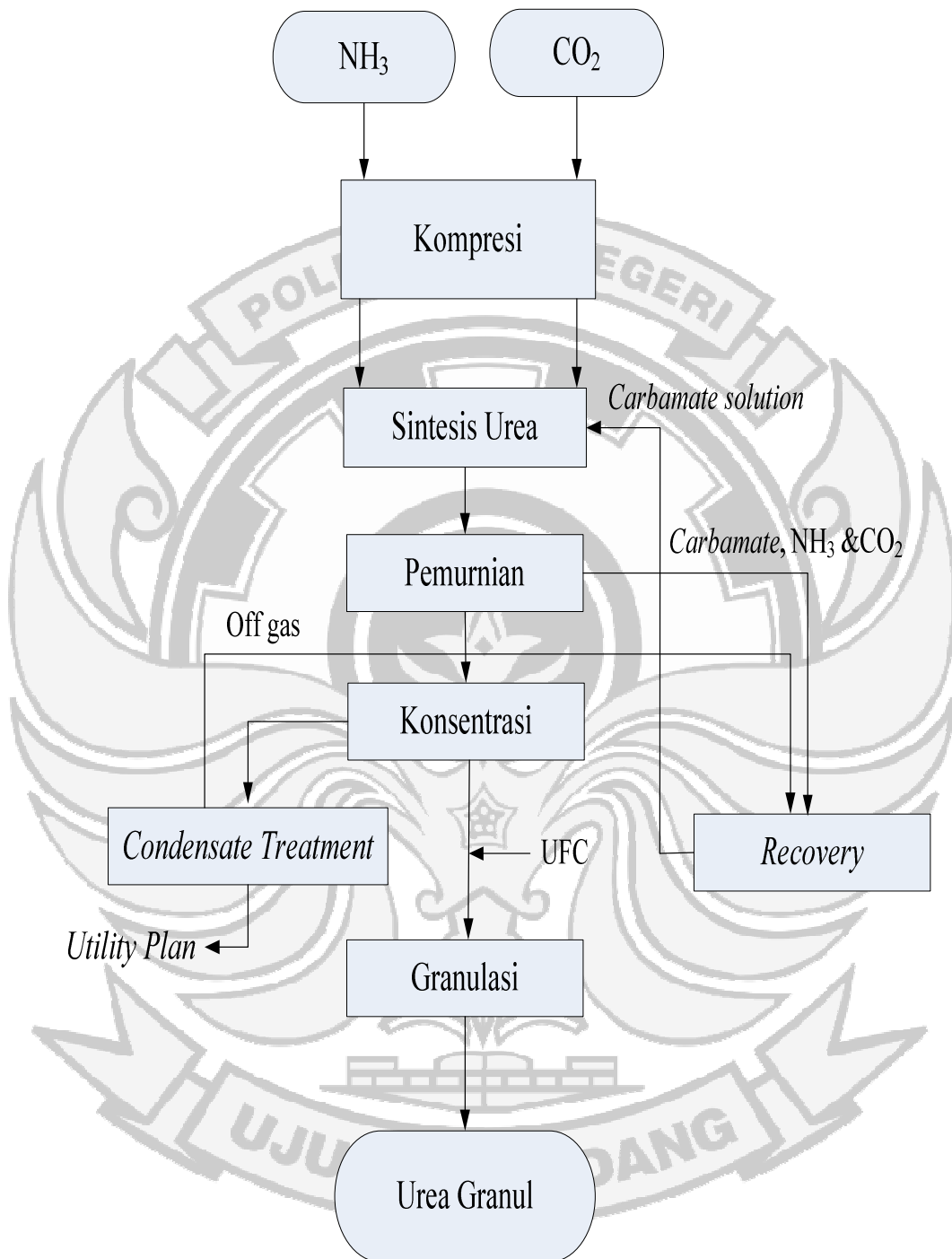
## 2.5 Proses Produksi Urea Granul

Pabrik 4 PT. Pupuk Kaltim memproduksi urea granul dengan lisensi proses Snamprogetti yang meliputi unit kompresi CO<sub>2</sub>, unit sintesa dan *recovery*, unit pemurnian/purifikasi, unit konsentrasi, dan unit granulasi.



Berikut diagram alir proses produksi urea granul:





Gambar 2.4 Diagram Alir Pembuatan Pupuk Urea

- 1) Unit kompresi  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$

Karbon dioksida masuk ke pabrik urea pada tekanan 0,2 kg/cm<sup>2</sup>G dan temperatur maksimal 40°C. Tahap kompresi CO<sub>2</sub> berfungsi untuk menaikkan tekanan gas CO<sub>2</sub> menjadi 160 kg/cm<sup>2</sup>G sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan pada reaksi sintesis urea.

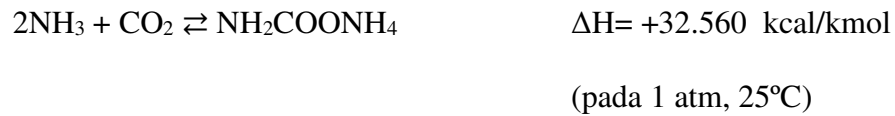
Amonia cair masuk ke unit urea setelah melalui *amonia filter* (2-F-201 A/B) dan *amonia recovery tower* (2-C-204 A/B), untuk selanjutnya ditampung dalam *amonia receiver* (2-V-209). Selanjutnya, amonia cair dinaikkan tekanannya menjadi 23 kg/cm<sup>2</sup>G dengan menggunakan *amonia booster pump* (2-P-204 A/B). Sebagian kecil amonia dikirim ke MP absorber (2-C-201) dan sisanya dikirim ke loop sintesis menggunakan HP *amonia pump* (2- P-201 A/B). Sebelum masuk reaktor urea, amonia dipanaskan dengan *amonia preheater* (2-E-208) dan digunakan sebagai fluida penggerak pada *carbamat ejector* (2-J-201) yang digunakan untuk mentransfer karbamat ke reaktor urea. Selanjutnya, campuran amonia dan karbamat masuk ke reaktor urea (2-R- 201) untuk bereaksi dengan CO<sub>2</sub>.

## 2) Unit sintesa urea dan *recovery* pada tekanan tinggi

Dalam proses sintesis urea terdapat dua tahapan reaksi untuk menghasilkan urea. Reaksi pertama yaitu pembentukan amonium karbamat dan dehidrasi amonium karbamat menghasilkan urea. Reaksi pembentukan urea dari amoniak dan karbon dioksida yang terdiri dari dua tahap adalah sebagai berikut:

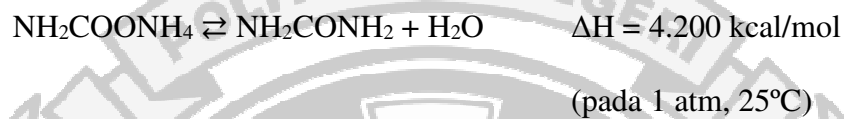
- Reaksi pembentukan amonium karbamat NH<sub>2</sub>COONH<sub>4</sub> (eksotermis)





Sistem reaksi diatas disebut kesetimbangan karbamat dimana reaksi sangat eksotermis dan sangat cepat mencapai kesetimbangan.

- Dehidrasi amonium karbamat membentuk urea  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$  (endotermis)



Reaksi diatas berlangsung secara endotermis dan cenderung lebih lambat dibandingkan reaksi kesetimbangan karbamat, reaksi ini disebut reaksi kesetimbangan urea. Reaksi ini tidak berlangsung sempurna sehingga nanti reaktan yang tidak terkonversi harus dipisahkan dari produk hasil reaktor.

- Reaksi samping pembentukan biuret (endotermis)



Biuret dapat terbentuk selama pembentukan urea sebagai hasil samping. Pembentukan biuret dapat terjadi jika konsentrasi urea tinggi, konsentrasi amonia yang rendah dan temperatur tinggi. Kandungan biuret dalam urea harus dijaga rendah karena dapat menjadi racun bagi tanaman.

Larutan produk keluar reaktor (2-R-201) kemudian menuju ke HP *stripper* (2-E-201) yang beroperasi pada tekanan 149 kg/cm<sup>2</sup>G. Larutan ini mengalami pemanasan dalam perjalanan turun dari bagian inlet sampai keluar *stripper*, sehingga kadar CO<sub>2</sub> dalam larutan akan turun dengan adanya stripping oleh NH<sub>3</sub> yang meninggalkan larutan karena pemanasan. *Overhead*

gas yang keluar dari *stripper* (2-E-201) bagian atas selanjutnya akan dikondensasikan dalam *carbamate condenser* (2-E-202) dengan cara melarutkan gas-gas tersebut dengan larutan karbonat dari MP *section*. Larutan karbamat yang terbentuk dikirim ke reaktor urea dengan *carbamate ejector* (2-J-201) setelah gas inert yang terkandung di dalamnya dipisahkan di *carbamate separator* (2-V-201). Panas yang dihasilkan dari peristiwa kondensasi di *carbamate condenser* (2-E-202) dimanfaatkan untuk membangkitkan steam SLS bertekanan 3,5 kg/cm<sup>2</sup>G. Gas inert dari *carbamate separator* (2-V-201) yang mengandung sedikit NH<sub>3</sub> dan CO<sub>2</sub> kemudian dikirim ke MP *Decomposer* (2-E- 201 A/B).

### 3) Unit Pemurnian dan *recovery* pada Tekanan Rendah

Pemurnian urea yang berasal dari unit sintesa terjadi pada dua tingkat tekanan yang berbeda. Pemurnian dilakukan pada peralatan yang disebut *Decomposer* yang merupakan penukar panas. Pada alat ini terjadi proses dekomposisi sisa larutan karbamat, sehingga akan diperoleh kadar larutan urea yang lebih tinggi.

#### a) *Medium Pressure Decomposer* (MPD)

Larutan dari bagian HP *stripper* (2-E-201) diekspansikan hingga tekanan 17,8 kg/cm<sup>2</sup>G kemudian memasuki MP *decomposer* (2-E-204 A/B). Gas dari 2-V-206 yang kaya akan NH<sub>3</sub> dan CO<sub>2</sub> menuju ke *Vacuum Preconcentrator*. Sebagian gas tersebut diabsorb dan dikondensasikan oleh larutan *carbonate*, kemudian menghasilkan panas yang dimanfaatkan untuk menguapkan air pada larutan urea.

b) *Low Pressure Decomposer (LPD)*

Larutan urea dengan konsentrasi 60 – 63 % dari MP *decomposer* (2-E-204 A/B) diekspansikan hingga tekanannya menjadi 3,9 kg/cm<sup>2</sup>G, kemudian dimasukkan ke LP *decomposer* (2-E-205).

4) Unit Pemekatan Urea

Untuk menghasilkan produk urea granul, maka larutan urea yang dikirim ke Unit Granulasi harus memiliki konsentrasi urea sebesar 96% berat. Untuk itu pemekatan dilakukan pada tekanan vakum. Larutan yang meninggalkan bagian bawah LP *decomposer* 2-E-205 dengan konsentrasi urea sebesar 71% berat dikirim ke *vacuum preconcentration*.

Sebelum menuju ke unit granulasi, pada larutan urea dengan konsentrasi 96% ditambahkan UF85 yang bertujuan untuk meningkatkan *crushing strength* pada produk urea dan mencegah pembentukan debu pada unit granulasi.

Adapun air yang teruapkan bersama dengan sejumlah kecil amonia dan debu urea dialirkan menuju ke unit *Process Condensate Treatment*, sementara larutan *carbamate* beserta campuran NH<sub>3</sub> dan gas CO<sub>2</sub> yang tidak terkondensasi akan menuju ke unit *recovery*.

5) *Process Condensate Treatment*

Unit ini berfungsi memproses kondensat proses yang masih mengandung NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, dan urea yang berasal dari *vacuum system* (2-Z-401) sedemikian

rupa sehingga kondensat bersih dari  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ , dan urea untuk selanjutnya dikirim ke utilitas.

#### 6) Unit granulasi

Unit granulasi merupakan tempat untuk mengubah larutan urea menjadi menjadi butiran granul. Larutan urea diumpankan pada granulator dengan dengan cara menyemprotkan cairan urea ke atas bibit (*seed*) yang terfluidisasi. Umpan kemudian didinginkan sehingga terbentuk partikel granul. Urea granul yang terbentuk kemudian discreen untuk memisahkan ukuran yang tidak sesuai. Partikel yang besar akan dihancurkan pada *crusher* dan direcycle ke granulator.

### 2.6 High Pressure Stripper

*High Pressure Stripper* atau *HP Stripper* merupakan alat tempat terjadinya proses *stripping*. *Stripping* merupakan operasi pemisahan *solute* dari fase cair ke fase gas, yaitu dengan mengontakkan cairan yang berisi *solute* dengan pelarut gas (*stripping agent*) yang tidak larut ke dalam cairan (Le, 1997).

Pada pabrik urea Kaltim 4, *HP stripper* berfungsi untuk menyerap dan mendekomposisi sisa karbamat yang tidak bereaksi dari umpan cair yang masuk. Adapun tipe *stripper* yang digunakan yaitu berupa *Heat Exchanger Shell and Tube*. Bagian *shell* dialirkan *steam* jenuh yang berfungsi sebagai media pemanas untuk mendukung proses dekomposisi, sedangkan *tube* berisi umpan sekaligus media *stripping*. Media *stripping* yang digunakan ialah  $\text{NH}_3$  *excess* yang akan membawa fase gas proses menuju *High Pressure Carbamat Condenser* untuk dikondensasikan.

Reaksi dekomposisi semakin baik terjadi pada temperatur operasi yang tinggi. Namun, disisi lain temperatur tinggi tersebut dapat menimbulkan reaksi samping berupa pembentukan biuret yang tidak diinginkan.

Pembentukan biuret merupakan faktor lain yang harus dipertimbangkan untuk desain dan operasional HP *Stripper*. Pada tekanan parsial  $\text{NH}_3$  rendah dan temperatur di atas  $110^\circ\text{C}$ , urea terkonversi membentuk  $\text{NH}_3$  dan biuret.

Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi operasi *stripper*.

#### 1) Temperatur

Reaksi dekomposisi pada *stripper* merupakan reaksi endotermis, sehingga dibutuhkan temperatur yang tinggi dan tekanan rendah untuk memenuhi reaksinya. Sebaliknya, jika temperatur rendah dan tekanan tinggi maka akan menurunkan laju reaksinya.

Temperatur operasi *stripper* dijaga antara  $202^\circ\text{C}$  sampai  $207^\circ\text{C}$  dengan mengatur tekanan *steam* pada *shell* *stripper*. Pada temperatur ini larutan karbamat terdekomposisi hingga 82%. Adapun tekanan operasi dijaga pada  $149 \text{ kg/cm}^2$  (Irianto et al., 2015).

#### 2) Level

Kontrol level diperlukan untuk mengatur waktu tinggal larutan di dalam *stripper*. Semakin tinggi level, maka umpan yang masuk semakin banyak, sehingga waktu tinggal umpan di dalam *stripper* lebih pendek. Sebaliknya, jika level rendah maka umpan yang masuk sedikit, waktu tinggal umpan lebih panjang. Waktu tinggal akan mempengaruhi jumlah karbamat yang

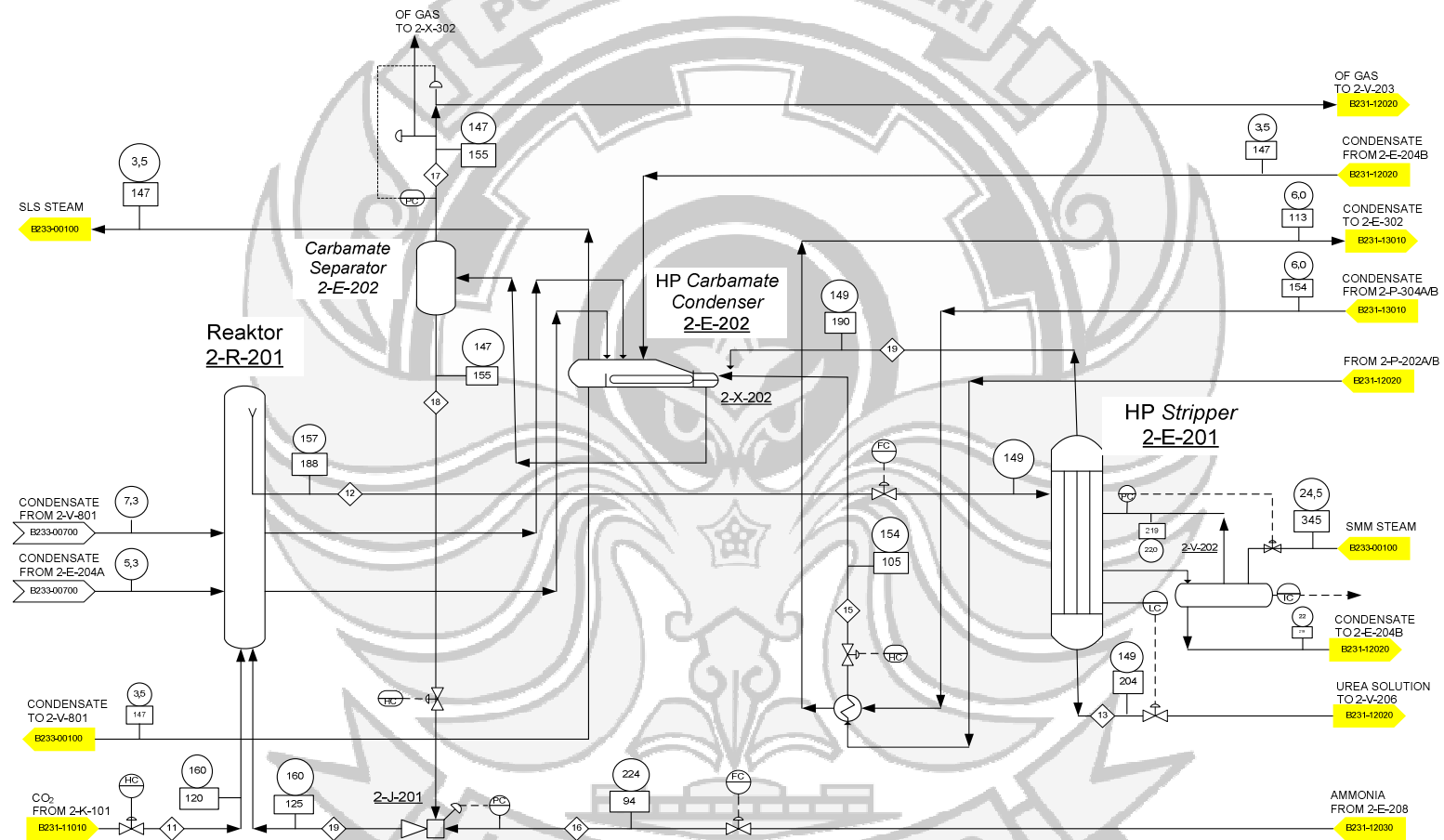
terdekomposisi. Pengendalian level dilakukan dengan mengatur bukaan valve pada bagian keluaran reaktor menuju *stripper* (Fadhilah & Muslikhah, 2021).

### 3) Tekanan *steam*

*Steam* merupakan sumber panas yang dibutuhkan pada operasi *stripper*. Tekanan *steam* yang tinggi akan meningkatkan temperatur *stripper*. Sebaliknya, jika tekanan *steam* rendah maka temperatur *stripper* pun menurun.



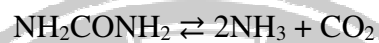
Berikut *process flow diagram* HP Stripper dalam unit sintesa urea:



Gambar 2.5 *Process Flow Diagram* HP Stripper dalam Unit Sintesa Urea

## 2.7 Proses Dekomposisi pada HP Stripper

Proses dekomposisi pada HP *stripper* merupakan tahap awal dekomposisi bagi karbamat yang terjadi pada tekanan tinggi. Dekomposisi amonium karbamat dilakukan untuk memperoleh kembali NH<sub>3</sub> dan CO<sub>2</sub> agar dapat dimanfaatkan kembali pada proses sintesa urea. Berikut reaksi dekomposisi amonium karbamat yang terjadi pada HP *stripper*.



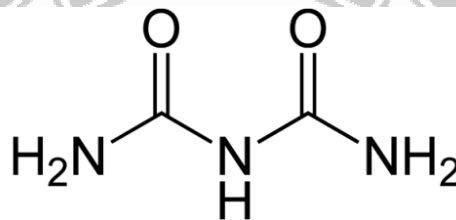
Reaksi tersebut merupakan reaksi bolak-balik dan endotermis sehingga jika didasarkan pada prinsip Le Chatelier dimana pada reaksi endoterm kenaikan temperatur menyebabkan reaksi bergeser ke kanan (Haryono, 2019). Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa reaksi dekomposisi akan semakin baik pada tekanan yang lebih rendah dan temperatur yang lebih tinggi.

Proses dekomposisi dimulai dari larutan outlet reaktor yang masuk melalui bagian atas HP *stripper* dan masuk pada bagian *tube*. Larutan kemudian mengalir turun membasahi dinding *tube* membentuk lapisan film. Proses ini berlangsung dengan adanya pemanasan dengan *steam* SMS bertekanan 22 kg/cm<sup>2</sup> pada bagian *shell*. Akibat pemanasan tersebut, karbamat terdekomposisi membentuk NH<sub>3</sub> dan CO<sub>2</sub>. Komponen tersebut menguap dan menuju ke bagian atas *stripper* dengan bantuan *stripping agent* yaitu ekses NH<sub>3</sub> yang juga ikut menguap. Gas yang naik akan berkontak dengan larutan dari reaktor secara *counter current*. Hal ini mengakibatkan konsentrasi CO<sub>2</sub> dari cairan yang masuk akan berkurang secara bertahap hingga ke bagian bawah *stripper*.



## 2.8 Biuret

Biuret adalah senyawa dengan dua ikatan peptida yang berupa pemanasan dua molekul urea dengan rumus kimia  $\text{H}_2\text{NC(O)NHC(O)NH}_2$  atau  $\text{C}_2\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_2$ . Senyawa ini merupakan hasil kondensasi dua molekul urea yang menjadi kotoran dalam pupuk urea. Biuret berupa padatan putih dan larut dalam air (Miarti & Legasari, 2022). Nama IUPAC dari biuret adalah 2-imidodikarbonik diamode dengan struktur seperti gambar berikut.



Gambar 2.6 Struktur Senyawa Biuret  
Sumber: Miarti & Legasari, 2022

Pembentukan biuret dalam proses pembuatan pupuk urea dapat terjadi pada alat *stripper*. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Reaksi di atas merupakan reaksi samping yang tidak diinginkan pada pupuk urea, karena dapat memberikan efek yang merugikan bagi tanaman. Menurut penelitian (Lawiharta, 2019), perendaman benih jagung dalam larutan urea dengan kandungan biuret rendah tidak mempengaruhi proses perkecambahan kecuali pada konsentrasi biuret yang sangat tinggi (>5% biuret). Benih yang direndam dalam larutan biuret akan berkecambah secara normal, namun bila konsentrasi larutan biuret ditingkatkan menjadi 10%, proses pertumbuhan selanjutnya melambat dan gejala keracunan dimulai dengan ujung daun melengkung dan berakhir dengan

penggelapan akar dan keturunan berat hingga bibit mati sebelum muncul dari tanah. Berdasarkan hal tersebut di atas, diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi biuret dalam pupuk urea yang diberikan pada tanaman, maka efek toksisitas yang diberikan akan semakin besar.

Berikut beberapa faktor terbentuknya biuret pada proses pembuatan pupuk urea:

1) Konsentrasi  $\text{NH}_3$

Konsentrasi *excess*  $\text{NH}_3$  yang tinggi membantu menekan kadar biuret agar tetap rendah. Konsentrasi  $\text{NH}_3$  yang terus ditambah menyebabkan kesetimbangan bergeser ke kiri ke arah reaktan, sehingga biuret tidak terbentuk. Konsentrasi  $\text{NH}_3$  yang semakin tinggi dapat menyebabkan laju pembentukan biuret semakin rendah (Nurisman et al., 2022).

2) Waktu tinggal

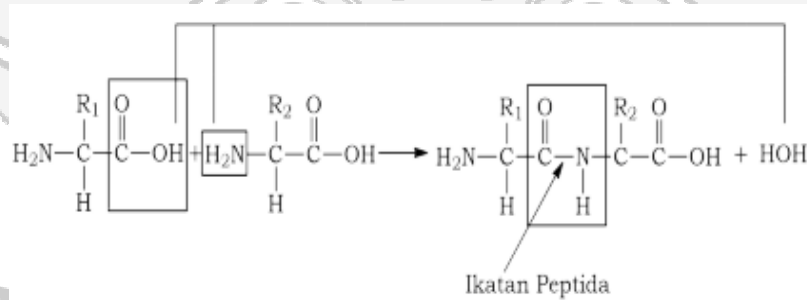
Waktu tinggal yang cukup diperlukan pada reaksi pembentukan urea. Waktu tinggal dapat dikendalikan dengan mengatur level pada *stripper*. Waktu tinggal yang terlalu lama dapat menambah pembentukan biuret yang tidak diinginkan (Kiswanto, 2019).

3) Temperatur dan tekanan operasi

Temperatur operasi yang terlalu tinggi menyebabkan laju reaksi pembentukan urea juga lebih tinggi. Jika urea dipanaskan di atas titik leburnya maka akan meningkatkan laju pembentukan biuret yang mengakibatkan produk urea tidak sesuai spesifikasi (Nurisman et al., 2022).

Temperatur meningkat seiring dengan peningkatan tekanan *steam*. Tekanan *steam* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembentukan biuret dan korosi dinding *stripper*, sebaliknya jika tekanan *steam* terlalu rendah dapat mengakibatkan kekurangan kalor pada reaksi dekomposisi (Kiswanto, 2019).

Uji biuret digunakan untuk menunjukkan adanya ikatan peptida pada suatu zat uji. Adanya ikatan peptida menunjukkan adanya protein, karena asam amino berikatan dengan asam amino lain melalui ikatan peptida sehingga membentuk protein. Ikatan peptida adalah ikatan yang terbentuk ketika atom karbon dari gugus karboksil suatu molekul berikatan dengan atom nitrogen dari gugus amina dari molekul lain. Reaksi tersebut melepaskan molekul air sehingga



disebut reaksi kondensasi (Devani, 2019).

Gambar 2.7 Reaksi Kondensasi  
Sumber: Devani, 2019

Keberadaan biuret dapat ditentukan melalui reaksi dengan tembaga sulfat encer dalam kondisi basa, yang membentuk senyawa berwarna ungu. Hal tersebut merupakan dasar uji biuret yang banyak digunakan untuk identifikasi protein dan

asam amino. Prinsip uji biuret sederhana digunakan untuk mendeteksi keberadaan protein dalam cairan biologis.  $\text{CuSO}_4$  bereaksi dengan senyawa yang mengandung dua atau lebih ikatan peptida menghasilkan produk berwarna ungu yang disebabkan oleh pembentukan kompleks koordinasi ion tembaga dengan pasangan elektron bebas dari peptida nitrogen,  $\text{O}_2$  dan air. (Andini et al., 2022). Analisis kadar biuret di dalam pupuk urea dapat diketahui dengan metode spektrofotometri. Adapun pengukuran spektrofotometer pada kisaran panjang gelombang 560-580 nm (Kusuma et al., 2017).

## 2.9 Penentuan Efisiensi Kerja HP Stripper

HP Stripper berfungsi untuk mendekomposisi amonium karbamat dari umpan yang mana dapat menjadi salah satu cara menilai kinerja dari HP Stripper tersebut. Efisiensi tersebut merupakan perbandingan jumlah karbamat yang masuk dan yang terdekomposisi membentuk  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$  kembali. Berikut persamaan yang digunakan.

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{m \text{ karbamat masuk} - m \text{ karbamat keluar}}{m \text{ karbamat masuk}} \times 100\%$$

$$= \frac{m \text{ karbamat pada F1} - m \text{ karbamat pada F2}}{m \text{ karbamat pada F1}} \times 100\%$$

dimana:

F1 = *flow HP Stripper inlet*

F2 = *flow HP Stripper Solutions outlet*

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Kerja praktik ini dilaksanakan selama dua bulan pada tanggal 22 April sampai 22 Juni 2024 yang bertempat di unit sintesa urea Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur Jalan Ir James Simanjutak No. 1, Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur.

### 3.2 Alat dan Bahan

Secara umum, alat yang menjadi objek kerja praktik ini adalah *High Pressure Stripper* (2-E-201), sedangkan bahan yang menjadi objek yaitu larutan urea sebagai umpan dan *steam* sebagai pemanas.

Salah satu tujuan dari kerja praktik ini yaitu untuk mengetahui pengaruh temperatur operasi tersebut terhadap pembentukan biuret pada 2-E-201 unit sintesa urea Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur melalui analisa di laboratorium. Pada analisa tersebut alat yang digunakan yaitu *stirrer plate*, botol timbang, neraca analitik, spektrofotometer UV-Vis, labu ukur 100 mL, labu ukur 50 mL, dan pipet volume 10 mL. Adapun bahan yang digunakan yaitu sampel urea, air demin, larutan kalium natrium Tartrat ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), dan larutan  $\text{CuSO}_4$ .

Analisa biuret dilakukan dengan studi kasus terhadap variabel temperatur operasi 201, 202, 203, 204, dan 250°C. Untuk mengubah temperatur dilakukan dengan mengatur bukaan pada level kontrol.

### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan pada kerja praktik ini meliputi data primer dan data sekunder yang dijelaskan sebagai berikut.

#### 1) Data primer

Data ini diperoleh dari ruang *Distributed Control System* (DCS) dan hasil analisis laboratorium sekali dalam sehari selama 20 hari. Adapun data primer meliputi data komposisi beserta temperatur setiap aliran input dan output HP *stripper*, data desain HP *stripper*, serta kadar biuret dari masing-masing data. Berikut tahap analisis kadar biuret pada laboratorium.

- a) Sampel urea ditimbang sebanyak 10 gram dan dilarutkan dengan air demin secukupnya. Sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan dihipitkan dengan air demin.
- b) Dipipet 10 ml larutan sampel ke dalam labu ukur 50 ml kemudian ditambahkan 10 ml  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dan 10 ml  $\text{CuSO}_4$  lalu dihipitkan sampai tanda batas dengan air demin. Didiamkan selama 10 menit.
- c) Dilakukan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 550 nm dengan menggunakan larutan blanko sebagai pembanding. Blanko yang digunakan adalah blanko I dan blanko II dengan cara:

- Blank I

ke dalam labu ukur 50 ml, ditambahkan 10 ml larutan  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , dihipitkan dengan air demin hingga mencapai tanda batas.

- Blank II

ke dalam labu ukur 50 ml ditambahkan 10 ml larutan  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dan 10 ml larutan  $\text{CuSO}_4$ , dihipitkan dengan air demin hingga mencapai tanda batas.

Blanko I digunakan untuk standar blanko II.

## 2) Data sekunder

Data sekunder ini merupakan data pendukung yang dapat membantu dalam perhitungan kadar biuret, penguraian karbamat, dan efisiensi kerja HP *Stripper*. Data ini diperoleh dari berbagai literatur seperti buku, jurnal, artikel dan internet.

### 3.4 Teknik Analisis dan Pengolahan Data

Adapun tahap analisis dan pengolahan data yang akan dilakukan sebagai berikut:

- 1) Menghitung kadar biuret dari data yang diperoleh pada laboratorium dengan rumus berikut.

$$\text{Biuret, \%wt} = \left( \frac{\text{abs sampel-intercept}}{\text{slope}} \times \frac{1000}{\text{massa sampel} \times 1000 \times \text{volume sampel}} \right) \times 100\%$$

- 2) Menghitung massa biuret dari masing-masing data yang diperoleh dengan menggunakan data *flow total* secara aktual.
- 3) Membuat grafik hubungan antara temperatur dan massa biuret kemudian melakukan pengamatan untuk mengetahui pengaruh temperatur operasi terhadap biuret yang terbentuk.

- 4) Menghitung *flow total* berdasarkan data *material balance* ( $F_{design}$ ) kemudian menghitung neraca massa masing-masing komponen.
- 5) Menghitung mol komponen.
- 6) Menghitung efisiensi kerja.





## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh data rekapitulasi hasil perhitungan massa biuret yang terbentuk, massa karbamat yang terurai serta efisiensi kerja HP *Stripper* selama 20 hari sebagai berikut.

Tabel 4.1 Data Rekapitulasi Hasil Perhitungan

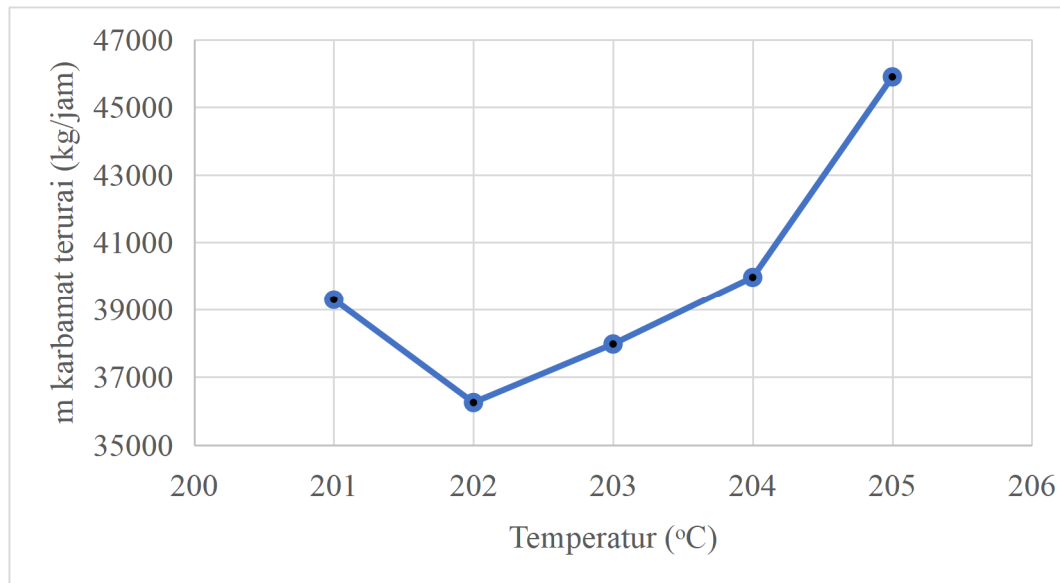
No	Tanggal	Temperatur (°C)	m biuret (kg/jam)	m karbamat yang terurai (kg/jam)	Efisiensi kerja (%)
1	23/04/2024	203,1	270,6329	35408,0243	63,3963
2	24/04/2024	202,9	260,4469	40735,0535	65,3396
3	25/04/2024	203,1	260,1653	35876,4216	57,6419
4	26/04/2024	202,3	307,0706	36556,3741	60,1802
5	29/04/2024	203	297,3815	39398,1067	62,5081
6	30/04/2024	203	314,3581	42437,7283	67,1646
7	01/05/2024	203	415,125	42675,3486	68,4936
8	02/05/2024	203,3	364,9403	38098,0197	62,3569
9	03/05/2024	203,2	365,7022	42583,5342	68,7553
10	06/05/2024	203,2	426,6195	42984,4614	65,2673
11	07/05/2024	203,1	345,794	40131,7019	66,8393
12	08/05/2024	203,4	332,5108	43883,5664	68,9040
13	09/05/2024	203,1	363,0356	40842,0114	64,1800
14	10/05/2024	202,6	253,6065	43357,2582	67,9270
15	13/05/2024	202,9	266,6413	37492,0258	60,1666
16	14/05/2024	201	262,4178	39294,5945	61,6646
17	17/05/2024	202,4	291,4024	36252,4810	59,4968
18	18/05/2024	202,6	274,5748	33483,9245	54,9586
19	19/05/2024	202,9	153,3697	36104,7950	57,3200
20	20/05/2024	202,9	153,3697	37364,4115	60,6750
	<b>Rata-rata</b>	<b>202,85</b>	<b>298,958245</b>	<b>39247,9921</b>	<b>63,1618</b>

#### 4.1 Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Penguraian Karbamat

HP *Stripper* merupakan salah satu alat yang berperan penting pada proses pembuatan pupuk urea. HP *Stripper* berperan dalam proses dekomposisi sisa karbamat yang tidak bereaksi membentuk urea pada reaktor. Karbamat tersebut akan membentuk reaktan kembali yaitu  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$  yang akan dikirim ke *Carbamate Condenser* dan *directcycle* ke reaktor. Proses dekomposisi ini sangat penting karena berperan dalam proses pemurnian larutan urea. Semakin baik proses dekomposisi itu maka larutan urea yang diperoleh akan semakin murni.

Proses dekomposisi pada HP *Stripper* berlangsung pada tekanan 149  $\text{kg/cm}^2\text{G}$  dimana larutan urea yang berasal dari reaktor akan mengalir dari bagian atas HP *Stripper* dan mengalami pemanasan oleh *steam* jenuh bertekanan 22  $\text{kg/cm}^2\text{G}$  dalam perjalanan turun (*falling film*) menuju ke outlet bawah HP *Stripper*. Akibat adanya pemanasan tersebut, karbamat sisa dari reaktor akan terdekomposisi dan menyebabkan kadar urea pada produk semakin meningkat. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengontrolan temperatur operasi pada HP *stripper* agar proses dekomposisi karbamat semakin optimal.

Pengaruh temperatur operasi HP *Stripper* terhadap dekomposisi atau penguraian karbamat dapat diketahui dengan melihat grafik hubungan yang terjadi pada keduanya. Berdasarkan data pada tabel L2.7, dapat dibuat grafik sebagai berikut.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Temperatur Operasi HP *Stripper* dan Massa Karbamat yang Terurai

Dilihat dari grafik pada Gambar 4.1 di atas yang menunjukkan hubungan antara temperatur operasi dan massa karbamat yang terurai dapat diketahui bahwa semakin tinggi temperatur operasi yang diberikan maka semakin banyak karbamat yang terurai. Sesuai dengan hukum kesetimbangan reaksi dekomposisi karbamat dimana jika reaksi diberikan temperatur yang tinggi, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah produk (Haryono, 2019) yaitu  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$ . Hal ini membuktikan bahwa reaksi dekomposisi semakin baik pada temperatur tinggi. Namun, terdapat anomali pada temperatur 201°C yang mana menghasilkan penguraian karbamat yang lebih tinggi daripada temperatur 202°C dan 203°C. Hal ini diperkirakan disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satunya yaitu waktu tinggal umpan di dalam HP *Stripper*, waktu tinggal ini dipengaruhi oleh nilai *rate* umpan. Semakin tinggi *rate* maka waktu tinggal umpan di dalam HP *Stripper* akan semakin cepat sehingga waktu yang diperlukan untuk reaksi dekomposisi karbamat pun semakin singkat. Hal pun ini menyebabkan karbamat yang terurai

semakin sedikit. Berdasarkan data pada tabel L1.2, menunjukkan *rate* untuk data pada temperatur 201°C yaitu 93,2%, sedangkan *rate* untuk data pada temperatur 202 dan 203°C yaitu 95,7 dan 94,5%. *Rate* pada temperatur 201°C lebih rendah (waktu tinggal lama) sehingga menghasilkan penguraian karbamat yang lebih banyak dibandingkan temperatur 202 dan 203°C.

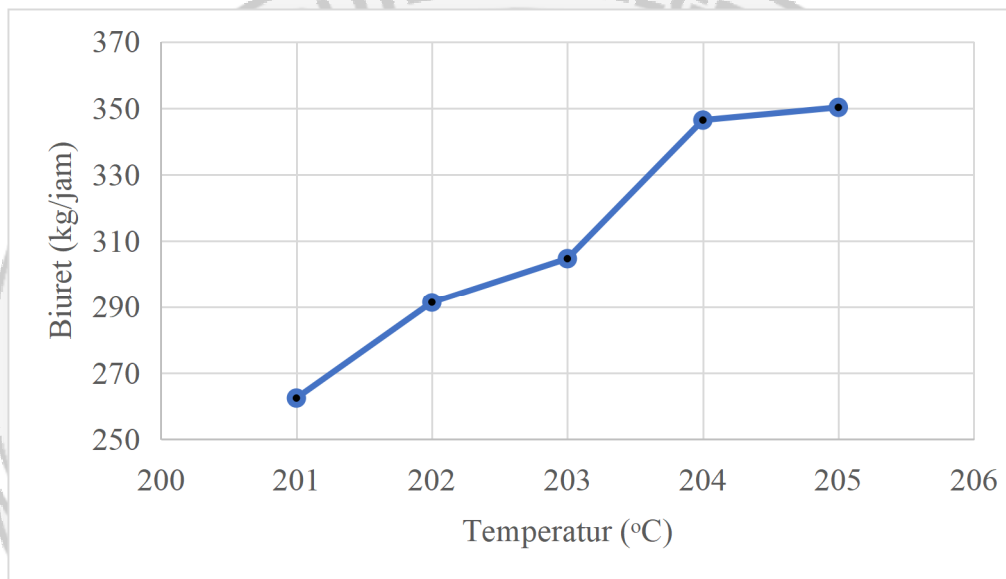
Berdasarkan data pada tabel 4.1, rata-rata massa karbamat yang terurai yaitu 39.247,9921 kg/jam atau sekitar 63% dari total karbamat pada umpan masuk. Adapun temperatur rata-rata dari data tersebut yaitu 202,85°C. Untuk mengetahui bahwa temperatur operasi tersebut optimal bagi penguraian karbamat, maka dapat ditinjau dari perhitungan efisiensi kerja yang didapatkan. Dari perhitungan efisiensi kerja berdasarkan penguraian karbamat menunjukkan rata-rata efisiensi kerja aktual di atas efisiensi kerja secara desain, sehingga dapat diketahui bahwa temperatur operasi yang dijalankan selama 20 hari yaitu pada rentang 201 hingga 203,4°C sudah cukup optimal.

#### **4.2 Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap Pembentukan Biuret**

Saat terjadi proses dekomposisi pada HP *stripper* terdapat reaksi samping berupa pembentukan biuret. Senyawa biuret sangat tidak diinginkan keberadaannya pada pupuk urea karena dapat menjadi racun bagi tanaman. Semakin banyak kandungan biuret tersebut maka semakin tinggi efek toksisitas yang diberikan. Pada pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur, kadar biuret dibatasi maksimal 0,9% berat. Biuret terbentuk dari dua molekul urea yang terkondensasi sehingga dapat mengurangi kadar urea yang dihasilkan. Reaksi pembentukan biuret terjadi pada temperatur tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan

pengontrolan temperatur operasi HP *Stripper* untuk menekan pembentukan biuret tersebut.

Pengaruh temperatur operasi HP *Stripper* terhadap pembentukan biuret dapat diketahui dengan melihat grafik hubungan yang terjadi pada keduanya. Berdasarkan data pada tabel L2.2, dapat dibuat grafik sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Temperatur Operasi HP *Stripper* dan Massa Biuret yang Terbentuk

Dilihat dari grafik pada Gambar 4.2 di atas yang menunjukkan hubungan antara temperatur operasi dan massa biuret yang terbentuk dapat diketahui bahwa semakin tinggi temperatur operasi, maka semakin banyak biuret yang terbentuk. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wang et al, 2019 yang juga menyatakan hal demikian. Oleh karena itu, diperlukan pengontrolan temperatur operasi HP *stripper* agar pembentukan biuret dapat ditekan.

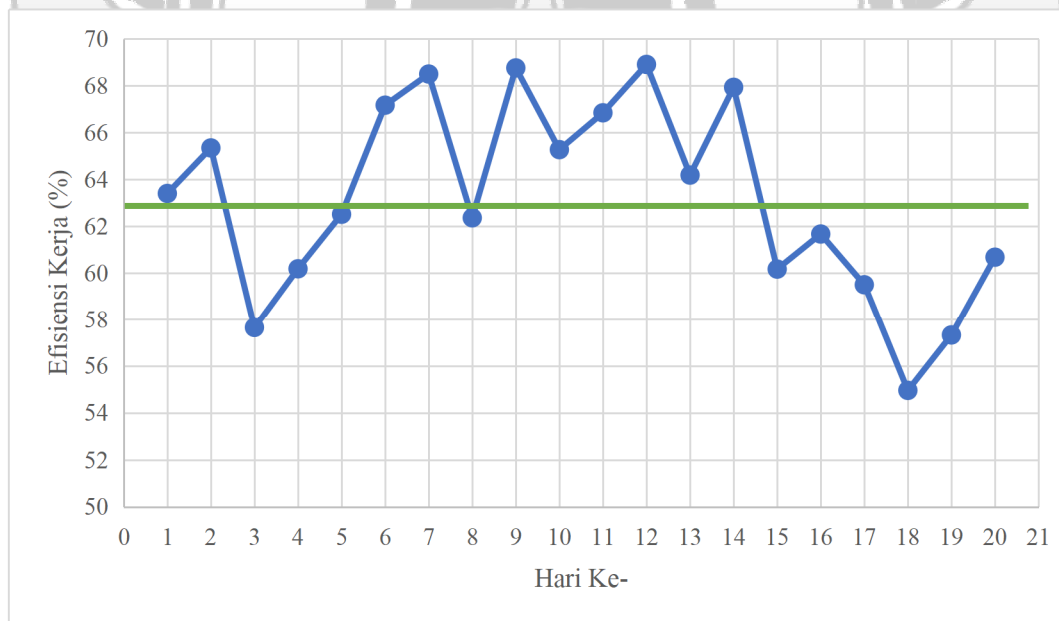
Berdasarkan data pada tabel 4.1 rata-rata massa biuret yang terbentuk selama 20 hari yaitu sebanyak 298,9582 kg/jam atau sekitar 0,19% berat yang terjadi pada temperatur rata-rata 202,85°C. Hasil tersebut cukup baik karena

berada dibawah standar maksimal yang telah ditetapkan yaitu 0,9% berat, sehingga temperatur operasi tersebut dapat dikatakan optimal untuk menekan pembentukan biuret.

### 4.3 Evaluasi Efisiensi Kerja HP Stripper

Efisiensi kerja HP *stripper* dapat ditinjau dari persentase karbamat yang terurai. Efisiensi tersebut merupakan perbandingan jumlah karbamat yang masuk dan yang terdekomposisi membentuk  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$  kembali.

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dibuat grafik hubungan antara temperatur operasi dan efisiensi kerja HP *Stripper* berdasarkan penguraian karbamat sebagai berikut.



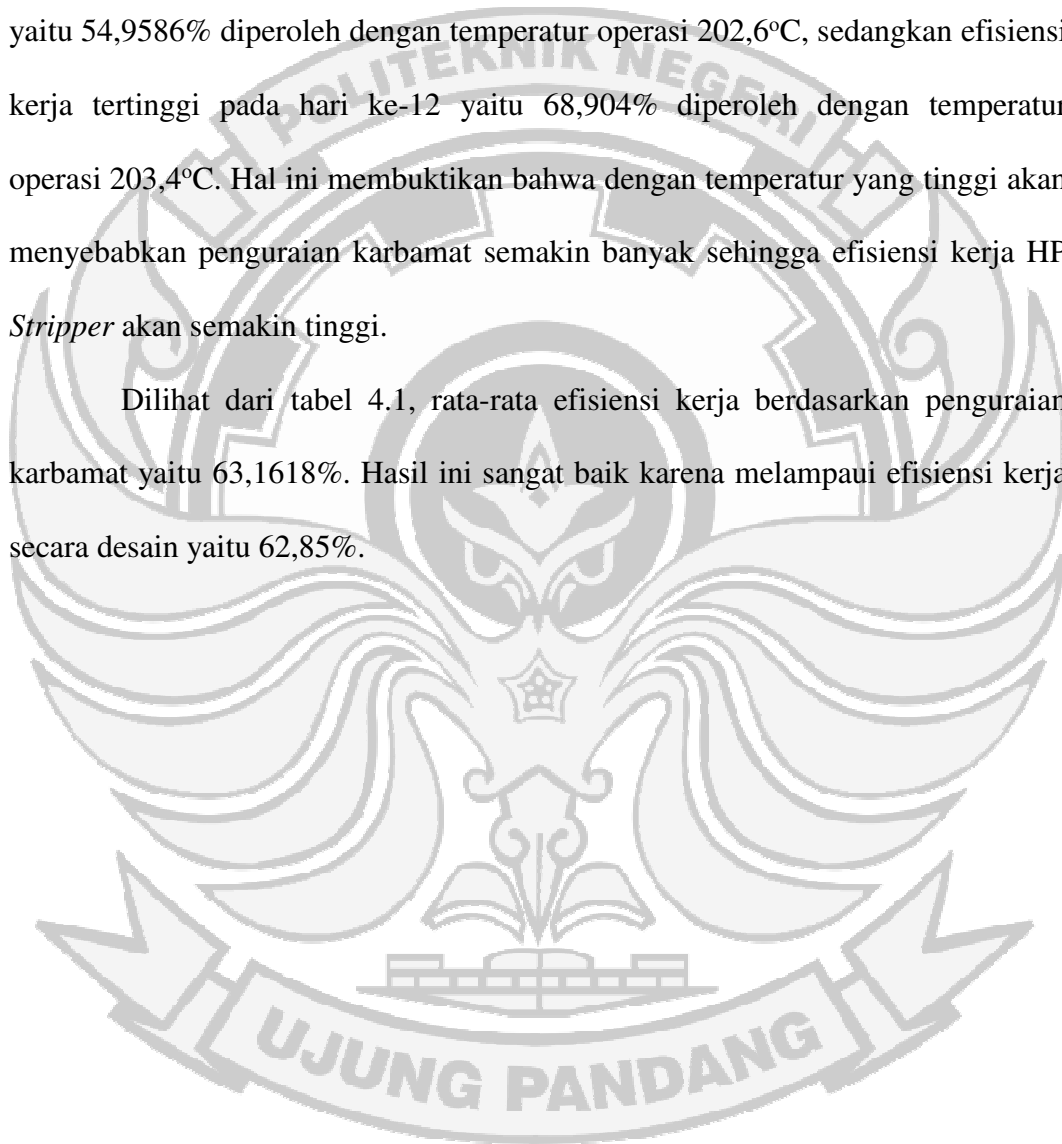
■ = efisiensi kerja secara desain

■ = efisiensi kerja secara aktual

Gambar 4.3 Grafik Pengamatan Efisiensi Kerja HP *Stripper* Selama 20 Hari

Dilihat dari grafik pada Gambar 4.3 di atas yang menunjukkan efisiensi kerja HP *Stripper* berdasarkan penguraian karbamat selama 20 hari dimana terjadi fluktuasi. Hal ini disebabkan oleh pengaruh temperatur operasi. Berdasarkan tabel 4.1, dapat dilihat bahwa efisiensi kerja terendah pada hari ke-18 yaitu 54,9586% diperoleh dengan temperatur operasi 202,6°C, sedangkan efisiensi kerja tertinggi pada hari ke-12 yaitu 68,904% diperoleh dengan temperatur operasi 203,4°C. Hal ini membuktikan bahwa dengan temperatur yang tinggi akan menyebabkan penguraian karbamat semakin banyak sehingga efisiensi kerja HP *Stripper* akan semakin tinggi.

Dilihat dari tabel 4.1, rata-rata efisiensi kerja berdasarkan penguraian karbamat yaitu 63,1618%. Hasil ini sangat baik karena melampaui efisiensi kerja secara desain yaitu 62,85%.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Semakin tinggi temperatur operasi maka semakin banyak biuret yang terbentuk dan karbamat yang terurai.
- 2) Rata-rata efisiensi kerja HP *Stripper* 2-E-201 berdasarkan penguraian karbamat yang didapatkan selama 20 hari adalah 63,1618% yang mana mendekati efisiensi secara desain yaitu 62,85%.
- 3) Rata-rata massa biuret yang terbentuk dan massa karbamat yang terurai selama 20 hari yaitu 298,9582 kg/jam atau sekitar 0,19% dan 39.247 kg/jam atau sekitar 63% dari total larutan urea yang keluar dari HP *Stripper*..

### 5.2 Saran

Menjaga temperatur operasi HP *stripper* pada rentang 201 hingga 203,4°C.



## DAFTAR PUSTAKA

- Andini, A., Restu, D., Fadila, E., & Limbong, J. (2022). Analisis Kadar Protein Pada Makanan Dengan Uji Biuret. *Universitas Negeri Medan*.
- Brouwer, M. (2009). Thermodynamics of the Urea process. *Industrial Process Research Paper of UreaKnowHow.Com*, 1(June 2009), 1–15.
- Devani, N. (2019). Analisis Kadar Biuret pada Produk Urea IB dan IIB di PT Pupuk Sriwidjaja Palembang dengan Spektrofotometer UV-Vis.
- Fadhilah, A. Q., & Muslikhah, C. B. (2021). Laporan Magang Departemen Produksi Ia Unit Za Pt Petrokimia Gresik (Issue 2031810002).
- Fadila, A. N., Rugayah, R., Widagdo, S., & Hendarto, K. (2021). Pengaruh Dosis Pupuk Npk Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica Oleracea* Var. *Alboglabra*) Pada Pertanaman Kedua. *Jurnal Agrotek Tropika*, 9(3), 473. <https://doi.org/10.23960/jat.v9i3.5304>
- Gorong, A. S., Rondonuwu, J. J., & Titah, Ti. (2022). Pengaruh Pemberian Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amaranthus tricolor* L.) pada Tanah Sawah di Desa Ranoketang Atas. *Soilenvironmental*, 22(1), 12–16.
- Haryono, H. E. (2019). *Kimia Dasar*. Deepublish.
- Irianto, N. B. E., Patrianta, H., Supriyoto, Safiie, M., Sirait, L., Sarjaka, R., Husin, U., Mugianto, Riyanto, Subiyakto, & Guntoro, S. (2015). *Panduan Pengoperasian Pabrik Urea Kaltim-4 (Seri Manajemen Pengetahuan)* (Wagiyo, S. Guntoro, & Suwito (Eds.)). PT Pupuk Kalimantan Timur.
- Kiswanto, A. (2019). *Laporan Kerja Praktik Departemen Produksi IB PT Petrokimia Gresik*.
- Lawiharta, R. (2019). Validasi Pengujian Biuret Pada Pupuk Urea Secara Spektrofotometri UV-Visible di PT. Petrokimia Gresik. 9–10.
- Le, R. (1997). *E-1-For Chemical and Petrochemical Plants* (Vol. 1).
- Miarti, A., & Legasari, L. (2022). Ketidakpastian Pengukuran Analisa Kadar Biuret, Kadar Nitrogen, Dan Kadar Oil Pada Pupuk Urea Di Laboratorium Kontrol Produksi Pt Pupuk Sriwidjaja Palembang. 2(3), 861–874.
- Muthawali, D. I. (2019). Penetapan Kadar Biuret Dalam Pupuk Urea Prill Dengan Metode Spektrofotometri. *Saintek ITM*, 31(2). <https://doi.org/10.37369/si.v31i2.38>
- Nurisman, E., Putri, M. A., & Bidari, M. (2022). Analisis Performa Persentase

Stripping dan Efisiensi Panas Stripper ( DA-101 ) pada Unit Sintesa Urea PUSRI-II B. *Journal of Chemical Process*, 7(2655), 1–8.

*Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2001 Tentang Pupuk Budidaya Tanaman*. (2001). 3.

Pupukkaltim.com. (2022). Tentang Perusahaan. Diakses pada 20 November 2023. <https://www.pupukkaltim.com/id/tentang-perusahaan>

Pupuk Kujang. 2017. Mengenal Pupuk Urea. Diakses pada 15 April 2024. <https://www.pupuk-kujang.co.id/publikasi/petani/160%09mengenal-pupuk-urea>

Purba, T., Situmeang, R., & Rohman, H. F. (2021). Pemupukan dan Teknologi Pemupukan. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.

*Standar Nasional Indonesia 2801:2010 Tentang Pupuk Urea*. (2010). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional

Trenasia. (2024). Urea Granul Pupuk Ramah Lingkungan yang diakui Global. Diakses jam 21.55 pada tanggal 25 Januari 2024. <https://www.trenasia.com/urea-granul-pupuk-ramah-lingkungan-yang-diakui-global>.





# LAMPIRAN

## LAMPIRAN 1 DATA PENGAMATAN

### A. Data Desain HP Stripper

Tabel L1.1 Data Desain HP Stripper

<i>Components</i>	BM (kg/kmol)	<i>Reactor Outlet</i>		<i>Stripper Sol. Outlet</i>		<i>Stripper Vapours</i>	
		kg/h	wt%	kg/h	wt%	kg/h	wt%
NH <sub>3</sub>	17	72.103	32,83	40.797	24,63	31.306	58,01
CO <sub>2</sub>	44	30.826	14,04	11.452	6,91	19.374	35,9
Urea	60	71.613	32,61	71.613	43,24	0	0
Water	18	45.050	20,52	41.764	25,22	3.286	6,09
Total Flow Rate (kg/h)		219.592	100	165.626	100	53.966	100
<i>Volumetric Flow Rate (m<sup>3</sup>/h)</i>		231,15		174,34		490,6	
<i>Temperature (°C)</i>		188		204		190	
<i>Pressure (kg/cm<sup>2</sup>G)</i>		157		149		149	
<i>Physical State</i>		MIXED		LIQUID		GAS	
<i>Density (kg/m<sup>3</sup>)</i>		950		950		110	
<i>AV. Molecular Weight (kg/kmol)</i>		25,42		26,83		21,9	



## B. Data Hasil Analisa Laboratorium

Tabel L1.2 Data Hasil Analisa Laboratorium Selama 20 Hari

Tanggal	Rate (%)	Input (%wt)				Output Solution (% wt)				
		NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Urea	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Urea	Biuret
23 Apr 2024	86,0	30,62	16,67	17,97	34,74	27,67	8,09	21,42	42,63	0,19
24 Apr 2024	92,5	31,73	17,30	17,37	33,60	26,29	7,95	24,11	41,48	0,17
25 Apr 2024	92,4	32,66	17,29	15,15	34,90	27,97	9,71	19,08	43,07	0,17
26 Apr 2024	92,7	31,82	16,82	17,97	33,39	27,51	8,88	22,94	40,47	0,20
29 Apr 2024	94,5	31,16	17,12	18,65	33,07	25,87	8,51	23,27	42,16	0,19
30 Apr 2024	94,9	30,94	17,09	18,68	33,29	25,57	7,44	24,73	42,06	0,20
1 May 2024	96,4	31,57	16,59	18,42	33,42	27,72	6,93	21,38	43,71	0,26
2 May 2024	95,8	31,84	16,37	17,38	34,41	25,92	8,17	23,61	42,07	0,23
3 May 2024	96,0	31,81	16,56	17,46	34,17	27,16	6,86	20,85	44,90	0,23
6 May 2024	95,4	32,69	17,72	16,07	33,52	28,74	8,16	19,94	42,89	0,27
7 May 2024	94,9	30,53	16,24	18,67	34,56	26,37	7,14	22,37	43,90	0,22
8 May 2024	95,6	31,17	17,10	17,73	34,00	27,30	7,05	22,20	43,24	0,21
9 May 2024	95,3	31,90	17,14	17,45	33,51	28,69	8,14	20,18	42,76	0,23
10 May 2024	95,7	30,68	17,12	19,80	32,40	29,30	7,28	21,94	41,32	0,16
13 May 2024	94,7	31,92	17,62	15,64	34,82	28,61	8,21	17,24	45,76	0,18
14 May 2024	93,2	32,23	16,89	16,60	34,28	27,23	8,92	19,74	43,94	0,17
17 May 2024	92,6	32,83	17,55	15,81	33,81	27,58	9,07	19,58	43,58	0,19
18 May 2024	92,1	32,67	16,98	17,35	33,00	25,13	10,14	26,16	38,39	0,18
19 May 2024	92,6	31,79	17,46	16,55	34,20	24,47	9,88	25,05	40,50	0,10
20 May 2024	88,9	30,74	17,07	18,65	33,54	24,54	8,90	29,02	37,44	0,10

## LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN

### A. Perhitungan Kadar Biuret

Data 17 Mei 2024

#### 1. Perhitungan kadar biuret

$$\text{Biuret, \%wt} = \left( \frac{\text{abs sampel} - \text{intercept}}{\text{slope}} \times \frac{1000}{\text{volume sampel}} \right) \times 100\%$$

Berikut data yang diperoleh dari laboratorium untuk perhitungan kadar biuret:

- Absorbansi sampel = 0,013 abs
- Intercept = 0,0007
- Slope = 0,0086
- Volume sampel = 10 ml
- Massa sampel = 73,42 g

Berdasarkan data di atas, diperoleh kadar biuret sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Biuret, \%wt} &= \left( \frac{0,013 - 0,0007}{0,0086} \times \frac{1000}{73,42 \text{ g} \times 1000} \right) \times 100\% \\ &= 0,19\% \end{aligned}$$

Berikut data hasil analisa biuret berdasarkan pengaruh variasi temperatur operasi *stripper*.

Tabel L2.1 Data Kadar Biuret Berdasarkan Pengaruh Variasi Temperatur Operasi HP *Stripper*

Temperatur (°C)	Biuret (%wt)
201	0,17
202	0,17
203	0,20
204	0,21
205	0,21

2. Perhitungan massa biuret

Data suhu 201°C

$$\text{Rate} = 93,20\%$$

$$F2_{\text{desain}} = 165.626 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} F2_{\text{aktual}} &= \text{Rate} \times F2_{\text{desain}} \\ &= 93,20\% \times 165.626 \text{ kg/jam} \\ &= 154.363,432 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

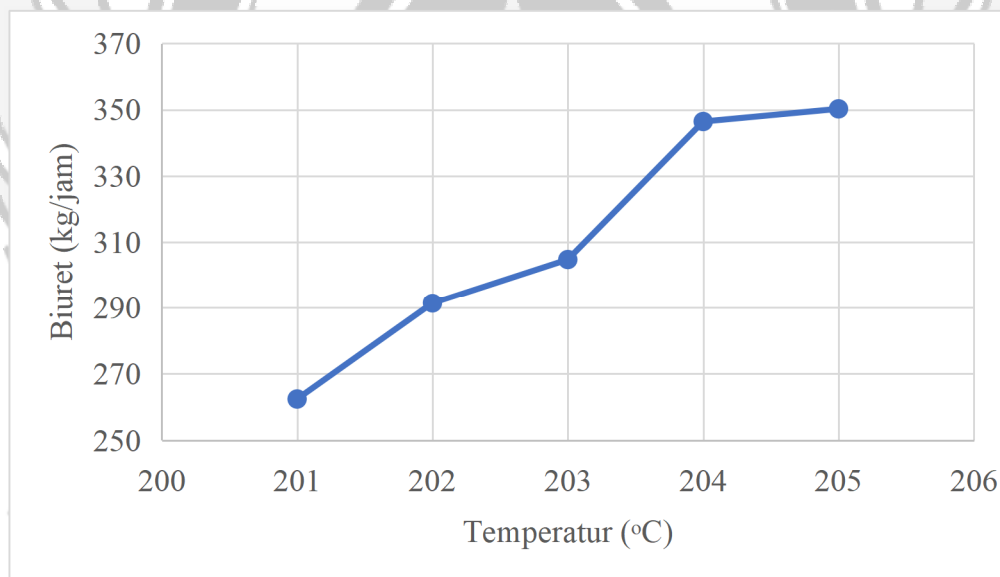
$$\begin{aligned} m_{\text{biuret}} &= 0,17\% \times 154.363,432 \text{ kg/jam} \\ &= 262,4178 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Berikut hasil perhitungan massa biuret pada masing-masing temperatur operasi.

Tabel L2.2 Data Massa Biuret Berdasarkan Pengaruh Variasi Temperatur Operasi HP *Stripper*

Temperatur (°C)	m Biuret (kg/jam)
201	262,4178
202	291,4024
203	304,7518
204	346,4233
205	350,2493

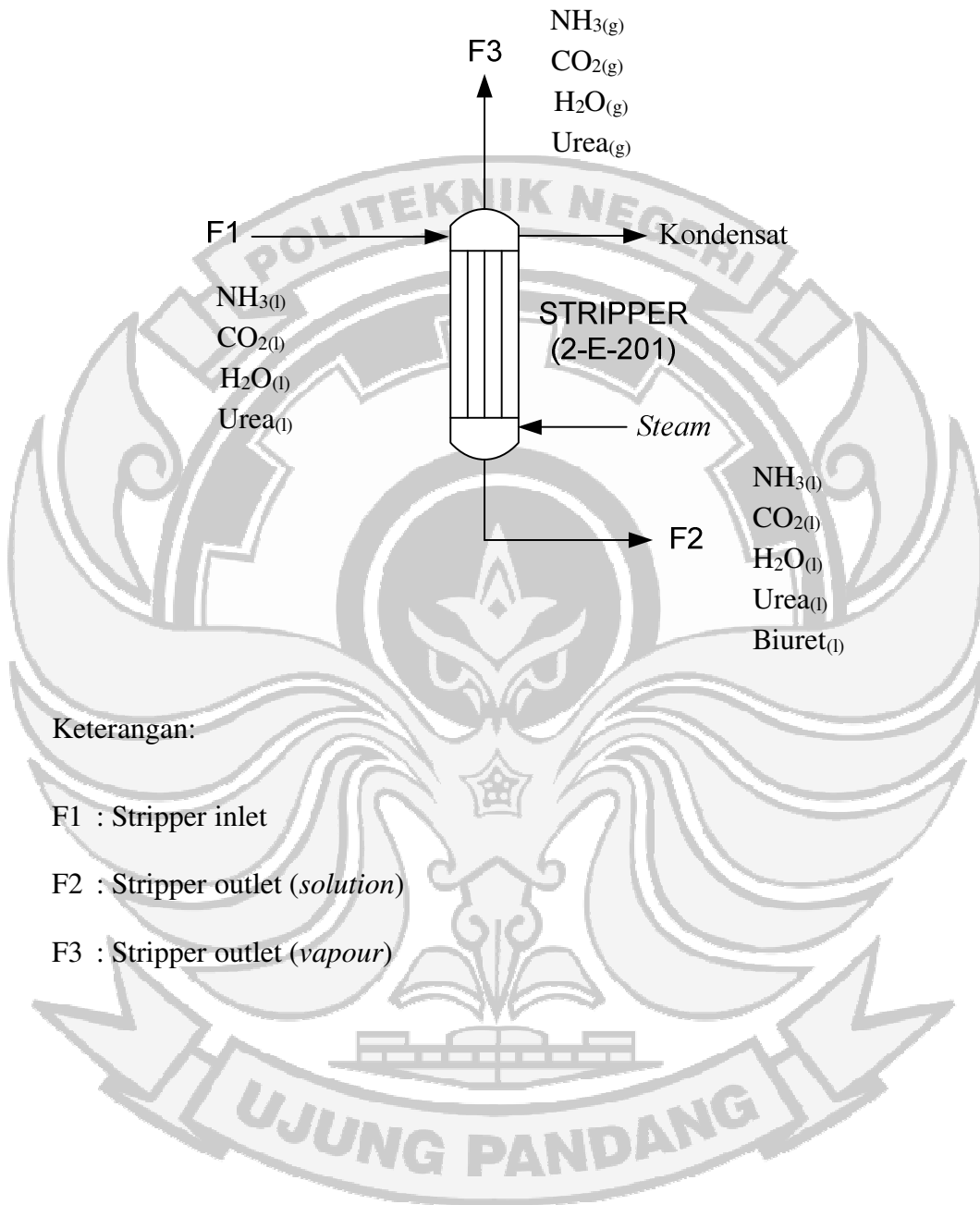
Berdasarkan data di atas, diperoleh grafik berikut.





## B. Neraca Massa Aliran

Berikut aliran input dan output pada HP *Stripper*.



Keterangan:

F1 : Stripper inlet

F2 : Stripper outlet (*solution*)

F3 : Stripper outlet (*vapour*)

**Data Tanggal 23 April 2024**

$$F_{\text{aktual}} = \text{Rate} \times F_{\text{design}}$$

$$F1_{\text{design}} = 219.592 \text{ kg/jam}$$

$$F2_{\text{design}} = 165.626 \text{ kg/jam}$$

$$F3_{\text{design}} = 53.966 \text{ kg/jam}$$

Maka,

$$F1_{\text{aktual}} = 86\% \times 219.592 \text{ kg/jam}$$

$$= 188.849,12 \text{ kg/jam}$$

$$F2_{\text{aktual}} = 86\% \times 165.626 \text{ kg/jam}$$

$$= 142.438,36 \text{ kg/jam}$$

$$F3_{\text{aktual}} = 86\% \times 53.966 \text{ kg/jam}$$

$$= 46.410,76 \text{ kg/jam}$$

1. Perhitungan massa komponen pada aliran F1

- Massa CO<sub>2</sub> dan amonium karbamat

$$\begin{aligned} m_{\text{CO}_2} &= \% \text{ wt CO}_2 \times F1_{\text{aktual}} \\ &= 16,67 \% \times 188.849,12 \text{ kg/jam} \\ &= 31.481,1483 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

CO<sub>2</sub> yang keluar dari reaktor dalam bentuk senyawa karbamat yang tidak stabil, maka CO<sub>2</sub> yang diperoleh di atas menunjukkan jumlah amonium karbamat,

$$\begin{aligned} \text{Mol CO}_2 &= \frac{m \text{ CO}_2}{\text{BM CO}_2} \\ &= \frac{31.481,1483 \text{ kg}}{44,009 \text{ kg/kmol}} \\ &= 715,3344 \text{ kmol} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui jumlah karbamat, maka mol CO<sub>2</sub> dihubungkan dengan reaksi pembentukan amonium karbamat. Berikut reaksi pembentukan amonium karbamat tersebut,



$$\begin{aligned} \text{Mol karbamat} &= \frac{\text{koefisien karbamat}}{\text{koefisien CO}_2} \times \text{mol CO}_2 \\ &= \frac{1}{1} \times 715,3344 \text{ kmol} \\ &= 715,3344 \text{ kmol} \\ \text{m karbamat} &= \text{mol karbamat} \times \text{BM karbamat} \\ &= 715,3344 \text{ kmol} \times 78,078 \text{ kg/kmol} \\ &= 55.851,8734 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Massa NH<sub>3</sub>

$$\begin{aligned} m \text{ NH}_3 &= \% \text{ wt NH}_3 \times F1_{\text{aktual}} \\ &= 30,62 \% \times 188.849,12 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$= 57.825,6005 \text{ kg/jam}$$

Massa  $\text{NH}_3$  sebagian dalam bentuk amonium karbamat yaitu sebanyak

$$\text{Mol NH}_3 = \frac{\text{koefisien NH}_3}{\text{koefisien karbamat}} \times \text{mol karbamat}$$

$$= \frac{2}{1} \times 715,3344 \text{ kmol}$$

$$= 1.430,6688 \text{ kmol}$$

$$m \text{ NH}_3 = \text{mol NH}_3 \times \text{BM NH}_3$$

$$= 1.430,6688 \text{ kmol} \times 17,031 \text{ kg/kmol}$$

$$= 24.365,7203 \text{ kg}$$

$$m \text{ NH}_3 \text{ sisa} = m \text{ NH}_3 \text{ total} - m \text{ NH}_3 \text{ (karbamat)}$$

$$= 57.825,6005 \text{ kg} - 24.365,7203 \text{ kg}$$

$$= 33.459,8828 \text{ kg}$$

- Massa  $\text{H}_2\text{O}$

$$m \text{ H}_2\text{O} = \% \text{ wt H}_2\text{O} \times F1_{\text{aktual}}$$

$$= 17,97 \% \times 188.849,12 \text{ kg/jam}$$

$$= 33.936,1869 \text{ kg/jam}$$

- Massa Urea

$$m \text{ Urea} = \% \text{ wt Urea} \times F1_{\text{aktual}}$$

$$= 34,74 \% \times 188.849,12 \text{ kg/jam}$$

$$= 65.606,1843 \text{ kg/jam}$$

## 2. Perhitungan massa komponen pada aliran F2

- Massa amonium karbamat

$$m_{\text{karbamat}} = m_{\text{karbamat F1}} - m_{\text{karbamat yang terurai pada F3}}$$

$$= 55.851,8792 \text{ kg} - 35.408,0244 \text{ kg}$$

$$= 20.443,8491 \text{ kg}$$

- Massa  $\text{NH}_3$

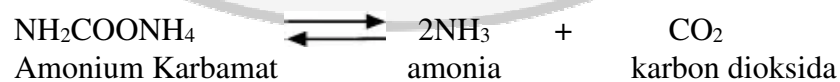
$$m_{\text{NH}_3} = \% \text{ wt NH}_3 \times F2_{\text{aktual}}$$

$$= 27,67 \% \times 142.438,36 \text{ kg/jam}$$

$$= 39.412,6942 \text{ kg/jam}$$

Massa  $\text{NH}_3$  yang diperoleh di atas sebagian berupa amonium karbamat yang tidak stabil. Berdasarkan reaksi penguraian karbamat maka diperoleh hasil sebagai berikut.

Reaksi penguraian karbamat:



$$\text{Mol NH}_3 = \frac{\text{koefisien NH}_3}{\text{koefisien karbamat}} \times \frac{m_{\text{karbamat}}}{\text{BM karbamat}}$$

$$= \frac{2}{1} \times \frac{20.443,8548 \text{ kg}}{78,078 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 2 \times 261,8389 \text{ kmol}$$

$$= 523,6774 \text{ kmol}$$

Massa  $\text{NH}_3$  yang berbentuk karbamat yaitu

$$\begin{aligned} m \text{ NH}_3 &= \text{mol NH}_3 \times \text{BM NH}_3 \\ &= 523,6774 \text{ kmol} \times 17,031 \text{ kg/kmol} \\ &= 8.918,7498 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ NH}_3 \text{ sisa} &= m \text{ NH}_3 \text{ total} - m \text{ NH}_3 \text{ (karbamat)} \\ &= 39.412,6942 \text{ kg} - 8.918,7498 \text{ kg} \\ &= 30.493,9444 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Massa  $\text{H}_2\text{O}$

$$\begin{aligned} m \text{ H}_2\text{O} &= \% \text{ wt H}_2\text{O} \times F2_{\text{aktual}} \\ &= 21,42 \% \times 142.438,36 \text{ kg/jam} \\ &= 30.510,2967 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- Massa urea

$$\begin{aligned} m \text{ Urea} &= \% \text{ wt Urea} \times F2_{\text{aktual}} \\ &= 42,03 \% \times 142.438,36 \text{ kg/jam} \\ &= 60.721,4729 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- Massa urea

$$\begin{aligned}
 m \text{ Biuret} &= \% \text{ wt Biuret} \times F2_{\text{aktual}} \\
 &= 0,19 \% \times 142.438,36 \text{ kg/jam} \\
 &= 270,6329 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan massa komponen pada aliran F3

Neraca massa total:

$$F1 = F2 + F3$$

Neraca massa komponen:

- Massa H<sub>2</sub>O

$$F3_{(H_2O)} = F1_{(H_2O)} - F2_{(H_2O)}$$

$$F3_{(H_2O)} = 33.936,1869 \text{ kg/jam} - 30.510,2967 \text{ kg/jam}$$

$$F3_{(H_2O)} = 3.425,8902 \text{ kg/jam}$$

- Massa Urea

Untuk menentukan jumlah urea pada aliran F3 maka,

$$F3_{(urea)} = F1_{(urea)} - (F2_{(urea)} + \text{urea yang terkonversi menjadi biuret})$$

Reaksi pembentukan biuret:



$$\begin{aligned}
 \text{Urea} & \qquad \qquad \text{biuret} & \qquad \text{amonia} \\
 \text{Mol biuret} & = \frac{\text{massa biuret}}{\text{BM biuret}} \\
 & = \frac{270,6329 \text{ kg/jam}}{103,081 \text{ kg/kmol}} \\
 & = 2,6254 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{mol urea bereaksi} & = \frac{\text{koefisien urea}}{\text{koefisien biuret}} \times \text{mol biuret} \\
 & = \frac{2}{1} \times 2,6254 \text{ kmol} \\
 & = 5,2508 \text{ kmol}
 \end{aligned}$$

urea yang terkonversi menjadi biuret:

$$\begin{aligned}
 \text{Massa urea} & = \text{mol urea bereaksi} \times \text{BM urea} \\
 & = 5,2508 \text{ kmol} \times 60,056 \text{ kg/kmol} \\
 & = 315,3467 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned}
 F3_{(\text{urea})} & = F1_{(\text{urea})} - (F2_{(\text{urea})} + \text{urea yang terkonversi menjadi biuret}) \\
 & = 65.606,1843 \text{ kg/jam} - (60.721,4729 \text{ kg/jam} + 315,3467 \text{ kg}) \\
 & = 4.569,3647 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

- Massa CO<sub>2</sub>



$$F3_{(CO_2)} = F1_{(CO_2)} - F2_{(CO_2)}$$

$$F3_{(CO_2)} = 31.481,1483 \text{ kg/jam} - 11.523,2633 \text{ kg/jam}$$

$$F3_{(CO_2)} = 19.957,8850 \text{ kg/jam}$$

Jika CO<sub>2</sub> yang dihasilkan berasal dari penguraian karbamat maka,

$$\begin{aligned} \text{Mol CO}_2 &= \frac{m \text{ CO}_2}{\text{BM CO}_2} \\ &= \frac{19.957,8850 \text{ kg}}{44,009 \text{ kg/kmol}} \\ &= 453,4955 \text{ kmol} \end{aligned}$$

$$\text{Mol CO}_2 = \text{mol karbamat yang terurai} = 453,4955 \text{ kmol}$$

$$\begin{aligned} \text{m karbamat yang terurai} &= \text{mol karbamat} \times \text{BM karbamat} \\ &= 453,4955 \text{ kmol} \times 78,078 \text{ kg/kmol} \\ &= 35.408,0244 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Massa NH<sub>3</sub>

$$F1_{(NH_3)} = F2_{(NH_3)} + F3_{(NH_3)}$$

$$F3_{(NH_3)} = F1_{(NH_3)} - F2_{(NH_3)}$$

$$F3_{(NH_3)} = 57.825,6005 \text{ kg/jam} - 39.412,6942 \text{ kg/jam}$$

$$F3_{(NH_3)} = 18.412,9063 \text{ kg/jam}$$

- Massa NH<sub>3</sub> dari reaksi pembentukan biuret

$$\begin{aligned} \text{Mol NH}_3 &= \frac{\text{koefisien NH}_3}{\text{koefisien biuret}} \times \text{mol biuret} \\ &= \frac{1}{1} \times 2,6254 \text{ kmol} \\ &= 2,6254 \text{ kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NH}_3 &= \text{mol NH}_3 \times \text{BM NH}_3 \\ &= 2,6254 \text{ kmol} \times 17,031 \text{ kg/kmol} \\ &= 44,7138 \text{ kg} \end{aligned}$$

maka  $F_{3(\text{NH}_3)}$  total yaitu,

$$\begin{aligned} F_{3(\text{NH}_3)} &= \text{NH}_3 \text{ neraca komponen F3} + \text{NH}_3 \text{ reaksi pembentukan} \\ &\quad \text{biuret} \\ &= 18.412,9063 \text{ kg/jam} + 44,7138 \text{ kg/jam} \\ &= 18.457,6202 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh data sebagai berikut.

Tabel L2.3 Neraca Massa Aliran HP *Stripper* Tanggal 23 April 2024

Komponen	Input	Output
----------	-------	--------

	m F1 (kg/jam)	m F2 (kg/jam)	m F3 (kg/jam)
NH <sub>3</sub>	33.459,8828	30.493,9444	18.457,6202
CO <sub>2</sub>	0	0	19.957,8850
Amonium Karbamat	55.851,8734	20.443,8491	0
H <sub>2</sub> O	33.936,1869	30.510,2967	3.425,8902
Urea	65.606,1843	60.721,4729	4.569,3647
Biuret	0	270,6329	0
Sub total	188.854,1273	142.440,1959	46.410,7600
<b>Total</b>	<b>188.854,1301</b>	<b>188.850,9559</b>	



**Data rekapitulasi hasil perhitungan massa komponen aliran F1 HP Stripper.**

Tabel L2.4 Data Rekapitulasi Hasil Perhitungan Massa Komponen Aliran F1 HP Stripper

Tanggal	m total (kg/jam)	m F1 (kg/jam)			
		NH <sub>3</sub>	Amonium Karbamat	H <sub>2</sub> O	Urea
23/04/2024	188854,1301	33459,8797	55851,8792	33936,1869	65606,1843
24/04/2024	203128,1893	37253,0499	62343,5502	35282,3956	68249,1936
25/04/2024	202908,5881	39115,4786	62240,1540	30739,8057	70813,1498
26/04/2024	203567,2300	38273,0540	60744,8438	36580,0526	67969,2797
29/04/2024	207520,0908	37164,7899	63028,8325	38701,4431	68625,0253
30/04/2024	208398,4728	36912,0244	63184,7060	38927,7765	69373,9658
01/05/2024	211692,2739	39648,2904	62305,6045	38992,6879	70745,6911
02/05/2024	210374,6136	40327,7199	61096,7182	36562,1558	72388,0197
03/05/2024	210813,8727	40038,6629	61934,8742	36807,1327	72033,2029
06/05/2024	209496,6725	39751,1015	65859,0992	33665,1664	70221,3054
07/05/2024	208398,1910	37428,5913	60042,1080	38906,9373	72020,5544
08/05/2024	209935,6619	37650,8851	63688,0126	37220,5805	71376,1837
09/05/2024	209276,8813	38995,6249	63636,6651	36517,8202	70126,7711
10/05/2024	210155,2665	36628,0059	63829,1987	41609,6097	68088,4523
13/05/2024	207959,2107	39838,7378	62313,6689	34520,3016	71286,5023
14/05/2024	204665,4570	39390,2167	63723,0753	32356,7055	69195,4594
17/05/2024	203347,6548	38955,3023	60931,8452	33754,8039	69705,7034
18/05/2024	202249,6942	39493,9557	60925,7677	35089,3743	66740,5966
19/05/2024	203347,8391	37163,5170	62988,1597	33653,1328	69543,0297
20/05/2024	203347,7130	35642,2153	61581,2077	37923,3188	68200,9712

**Data rekapitulasi hasil perhitungan massa komponen aliran F2 HP Stripper.**

Tabel L2.5 Data Rekapitulasi Hasil Perhitungan Massa Komponen Aliran F2 HP Stripper

Tanggal	m total (kg/jam)	m F2 (kg/jam)				
		NH <sub>3</sub>	Amonium Karbamat	H <sub>2</sub> O	Urea	Biuret
23/04/2024	142440,1929	30.493,9403	20.443,8548	30.510,2967	60.721,4729	270,7054
24/04/2024	153205,9873	30850,5073	21608,4967	36937,4965	63549,0399	260,4469
25/04/2024	153040,7876	31303,5094	26363,7324	29199,7313	65913,6492	260,1653
26/04/2024	153537,4706	31685,1953	24188,4697	35220,9983	62135,7367	307,0706
29/04/2024	156518,6886	30181,7895	23630,7259	36421,4058	65987,3859	297,3815
30/04/2024	157180,934	31139,6946	20746,9778	38870,385	66109,5185	314,3581
01/05/2024	159665,2239	35694,8943	19630,2559	34136,0486	69788,9001	415,125
02/05/2024	158671,7699	31093,8669	22998,6984	37461,9181	66752,3462	364,9403
03/05/2024	159002,6949	34742,5216	19351,3399	33151,7002	71391,431	365,7022
06/05/2024	158009,2548	35432,0712	22874,6378	31506,6365	67769,2898	426,6195
07/05/2024	157180,859	32762,0867	19910,4061	35160,9589	69001,6135	345,7940
08/05/2024	158340,2315	34586,589	19804,4462	35151,1372	68465,5484	332,5108
09/05/2024	157843,6216	35340,4431	22794,6537	31852,4304	67493,0588	363,0356
10/05/2024	158505,9174	37510,6881	20471,9405	34775,7956	65493,8867	253,6065
13/05/2024	156850,0474	31881,0699	24821,6431	30961,7601	68918,933	266,6413
14/05/2024	154365,6221	31376,0899	24428,4808	30471,3415	67827,292	262,4178
17/05/2024	153371,8886	31532,8347	24679,3642	30029,7826	66838,5048	291,4024
18/05/2024	152544,0063	26362,0203	27441,8432	39904,8684	58560,6995	274,5748
19/05/2024	153372,0862	25801,5292	26883,3647	38419,1038	62114,7188	153,3697
20/05/2024	153371,8471	27072,1946	24216,7962	44507,88	57421,6067	153,3697

**Data rekapitulasi hasil perhitungan massa komponen aliran F3 HP Stripper.**

Tabel L2.6 Data Rekapitulasi Hasil Perhitungan Massa Komponen Aliran F3 HP Stripper

Tanggal	m total (kg/jam)	m F3 (kg/jam)			
		NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Urea
23/04/2024	46413,9372	18457,6202	19957,8850	3425,8902	4572,5419
24/04/2024	49918,5500	24216,4872	22960,4878	1655,1008	4396,6758
25/04/2024	49864,5840	23506,2596	20221,8991	1540,0744	4596,3508
26/04/2024	50026,4820	22586,5322	20605,1573	1359,0543	5475,7383
29/04/2024	50997,8700	24219,7961	22206,9120	2280,0372	2291,1247
30/04/2024	51213,7340	24337,9837	23920,2078	57,3915	2898,1510
01/05/2024	52023,2240	22639,3620	24054,1435	4856,6393	473,0792
02/05/2024	51699,4280	25914,6399	21474,1124	899,7622	5210,4379
03/05/2024	51807,3600	23933,8870	24002,3919	3655,4325	215,6485
06/05/2024	51483,5640	23141,7475	24228,3762	2158,5299	1954,9103
07/05/2024	51213,7340	22231,3344	22620,4061	3745,9784	2616,0151
08/05/2024	51591,4960	22263,7048	24735,1606	2069,4433	2523,1873
09/05/2024	51429,5980	21532,7370	23020,7751	4665,3898	2210,6961
10/05/2024	51645,4620	18074,0848	24438,5048	6833,8141	2299,0583
13/05/2024	51105,8020	24357,8454	21132,5414	3558,5415	2056,8737
14/05/2024	50296,3120	25199,9880	22148,5669	1885,3640	1062,3930
17/05/2024	49972,5160	23285,9772	20433,8666	3725,0213	2527,6509
18/05/2024	49702,6860	27784,8652	18873,3578	4815,4942	7859,9571
19/05/2024	49972,5160	27138,2628	20350,6227	4765,9711	7249,6015
20/05/2024	49972,5160	24895,8110	21060,6110	6584,5612	10600,6552

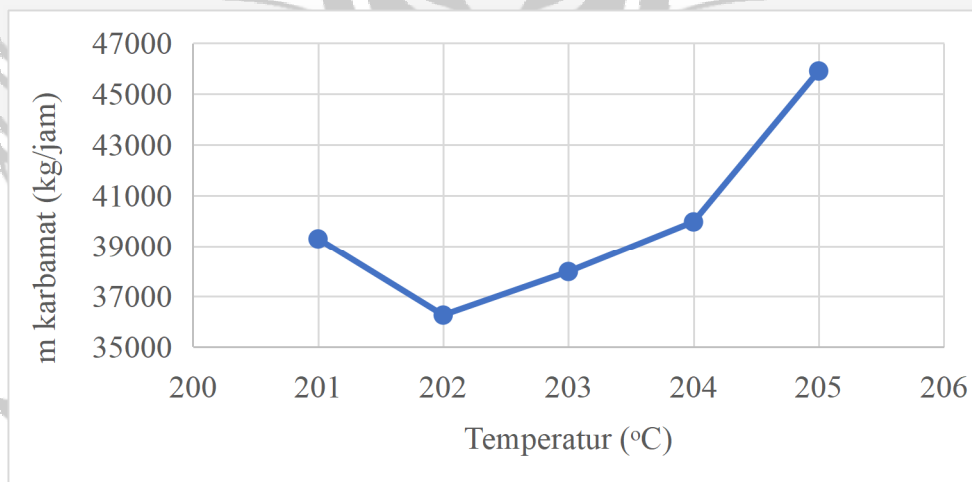
Berikut data massa karbamat yang diperoleh sesuai dengan variasi temperatur operasi yang telah ditentukan.

Tabel L2.7 Data Massa Karbamat Yang Terurai Berdasarkan Pengaruh Variasi

Temperatur Operasi HP *Stripper*

Temperatur (°C)	m Karbamat (kg/jam)
201	39294,5945
202	36252,4810
203	37974,9541
204	39965,6540
205	45902,2006

Berdasarkan data di atas, dapat dibuat grafik hubungan antara temperatur operasi dan massa karbamat yang terurai sebagai berikut.



C. Efisiensi Kerja

**Data 23 April 2024**

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi (\%)} &= \frac{\text{m karbamat pada F1} - \text{m karbamat pada F2}}{\text{m karbamat pada F1}} \times 100\% \\ &= \frac{55.851,8792 \text{ kg} - 20.446,8548 \text{ kg}}{55.851,8792 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 63,39\% \end{aligned}$$





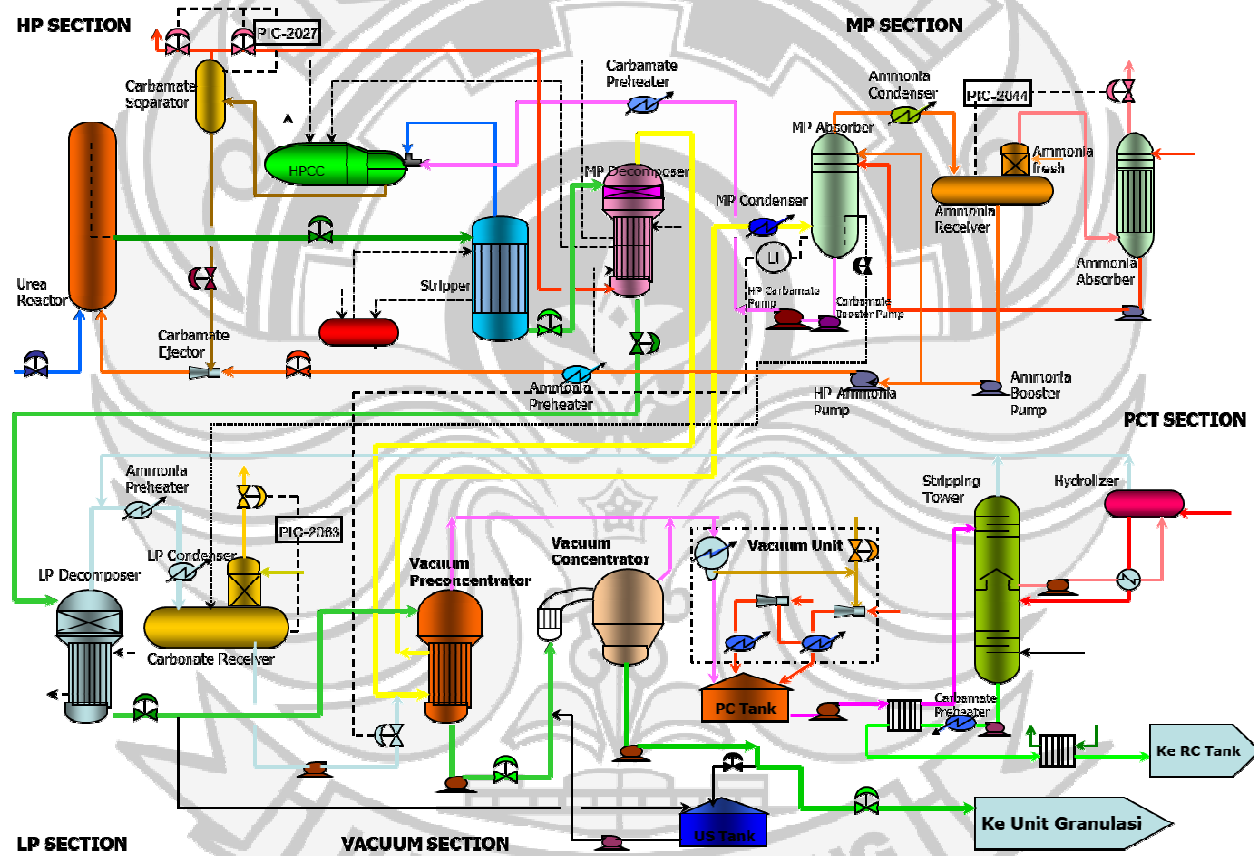
**Data rekapitulasi hasil perhitungan efisiensi kerja HP Stripper.**

Tabel L2.8 Data Rekapitulasi Hasil Perhitungan Efisiensi Kerja HP Stripper

Tanggal	Temperatur (°C)	Efisiensi Kerja (%)
23/04/2024	203,1	63,3963
24/04/2024	202,9	65,3396
25/04/2024	203,1	57,6419
26/04/2024	202,3	60,1802
29/04/2024	203	62,5081
30/04/2024	203	67,1646
01/05/2024	203	68,4936
02/05/2024	203,3	62,3569
03/05/2024	203,2	68,7553
06/05/2024	203,2	65,2673
07/05/2024	203,1	66,8393
08/05/2024	203,4	68,904
09/05/2024	203,1	64,18
10/05/2024	202,6	67,927
13/05/2024	202,9	60,1666
14/05/2024	201	61,6646
17/05/2024	202,4	59,4968
18/05/2024	202,6	54,9586
19/05/2024	202,9	57,32
20/05/2024	202,9	60,675

### LAMPIRAN 3 PROCESS FLOW DIAGRAM

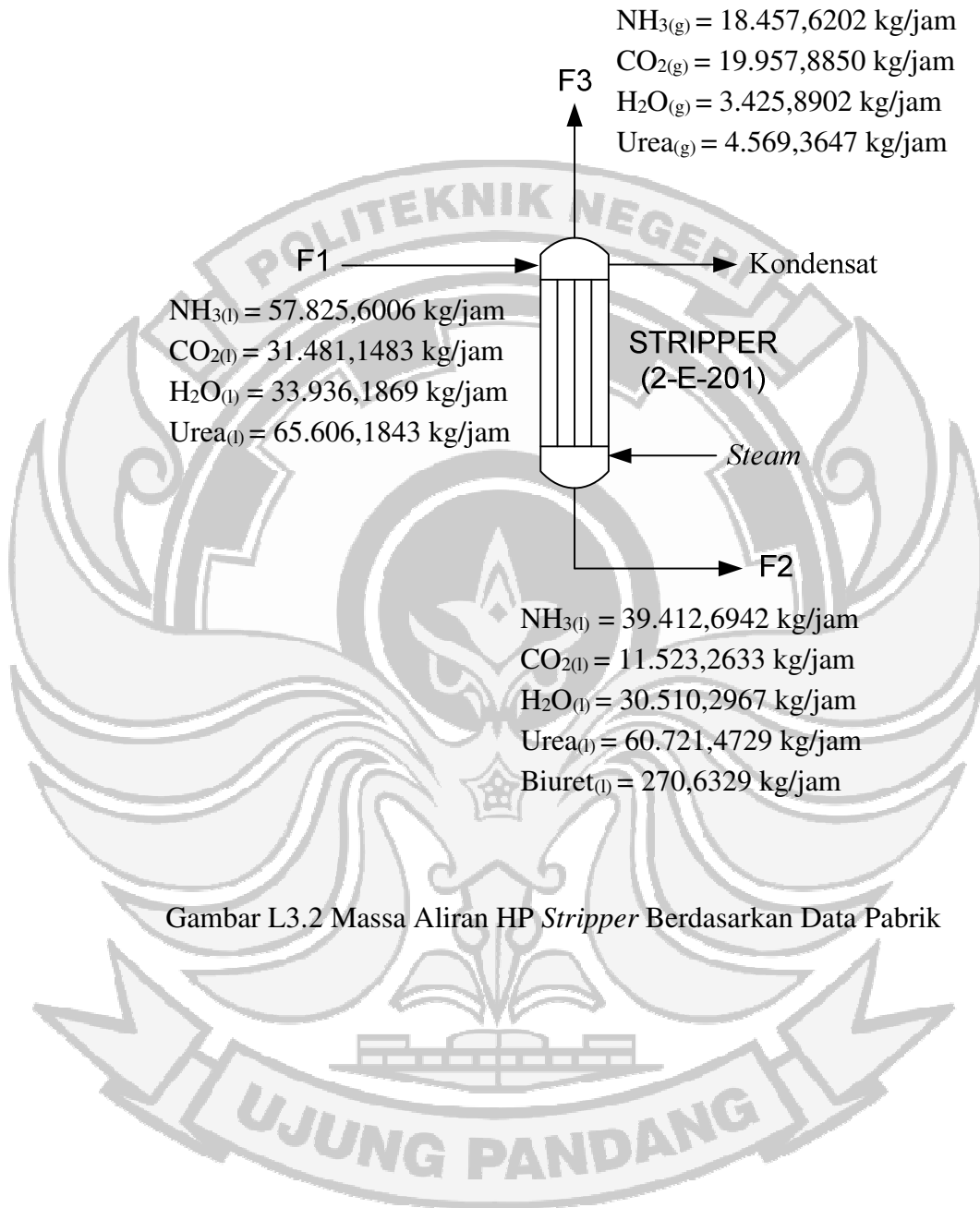
#### A. Flowsheet Unit Urea Pabrik 4



Gambar L3.1 Flowsheet Unit Urea Pabrik 4

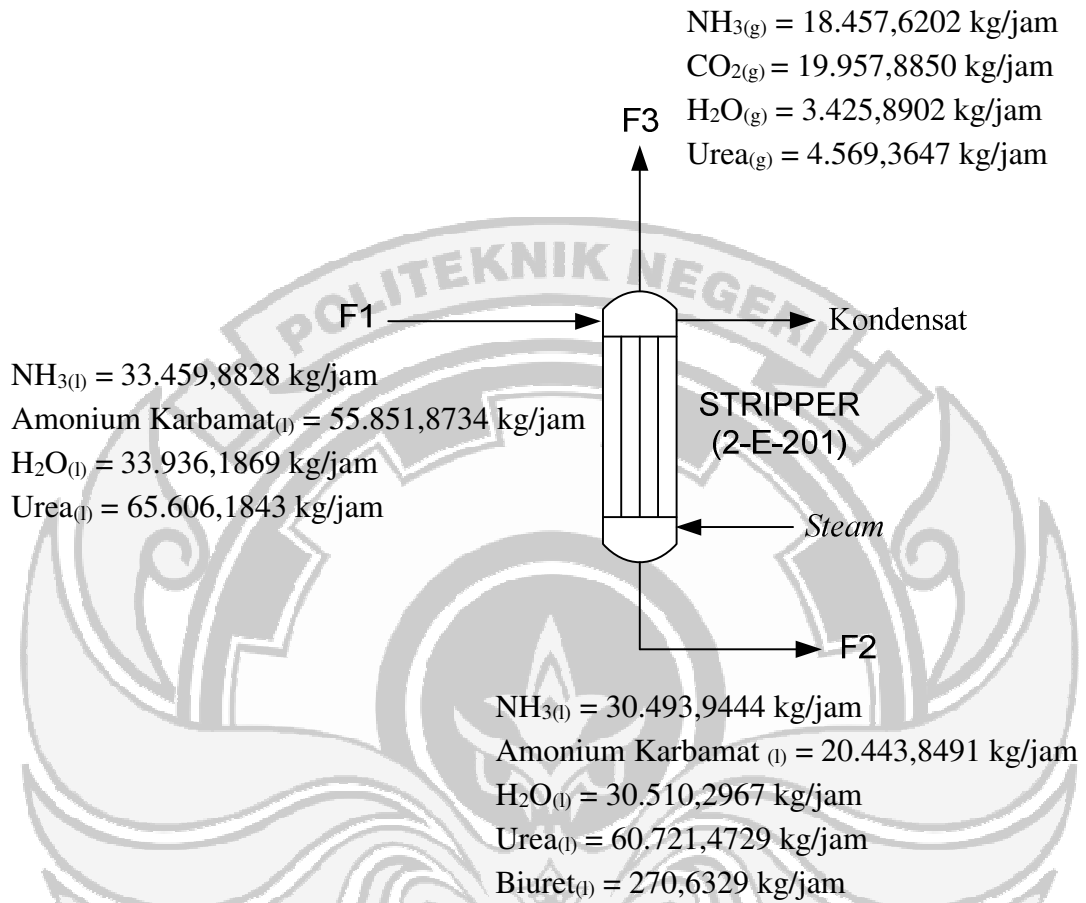
B. Aliran massa input dan output HP Stripper

1. Massa Aliran HP Stripper Berdasarkan Data Pabrik



Gambar L3.2 Massa Aliran HP Stripper Berdasarkan Data Pabrik

2. Massa Aliran HP *Stripper* Berdasarkan Hasil Perhitungan



Gambar L3.3 Massa Aliran HP *Stripper* Berdasarkan Hasil Perhitungan