

BAHAN AJAR PROSES INDUSTRI KIMIA

Dr. HM Hatta Dahlan, M.Eng
Ir. Erwana Dewi, M.Eng
Aldilla Sari Utami, M.Si, M.Sc, Ph.D

Bahan Ajar Proses Industri Kimia
copyright © Mei 2023

Penulis : Dr. HM Hatta Dahlan, M.Eng
Ir. Erwana Dewi, M.Eng
Aldilla Sari Utami, M.Si, M.Sc, Ph.D
Setting Dan Layout : Iqbal Amirul Ihsan
Desain Cover : Sri Antika Ramadhani

Hak Penerbitan ada pada © Bening media Publishing 2023.
Anggota IKAPI No. 019/SMS/20

Hakcipta © 2023 pada penulis
Isi diluar tanggung jawab percetakan

Ukuran 15,5 cm x 23 cm
Halaman : vi + 195 hlm

Hak cipta dilindungi Undang-undang
Dilarang mengutip, memperbanyak dan menerjemahkan
sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari
Bening media Publishing

Cetakan I, Mei 2023

The logo for Bening media PUBLISHING features a stylized lowercase 'b' inside a circle, followed by the word 'Bening' in a bold, sans-serif font. Below 'Bening' is the text 'media PUBLISHING' in a smaller, all-caps font.

Jl. Padat Karya
Palembang – Indonesia
Telp. 0823 7200 8910
E-mail : bening.mediapublishing@gmail.com
Website: www.bening-mediapublishing.com

ISBN :

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat RedhoNya jua aka modul ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Modul ini bertujuan untuk membantu kegiatan mahasiswa dalam belajar khususnya dalam Mata Kuliah Proses Industri Kimia I (PIK I).

Mata Kuliah PIK I ini adalah mata kuliah yang diberikan kepada mahasiswa semester 2 di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

Mata Kuliah ini merupakan mata kuliah teori yang disusun berdasarkan kurikulum berbasis kompetensi di bidang Industri Kimia. Untuk itu dalam pemberian materi diberikan berdasarkan materi yang terkait dan berhubungan erat dengan industri, dikarenakan banyaknya materi yang akan diberikan maka Mata Kuliah Proses Industri Kimia ini disusun menjadi 2 jilid. Pada mahasiswa Semester 3 materi kuliah berlanjut dengan jilid ke 2.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan modul ini. Namun kritik dan Saran dari para pembaca atau pengguna modul ini masih sangat diharapkan demi perbaikan modul ini kedepan. Akhir kata semoga modul ini bermanfaat.

Palembang, Maret 2021

Penulis,

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
BAB I Industri Bahan Bakar dan Gas	1
A. Pendahuluan	1
B. Pokok-pokok Isi	2
1. Water Gas	2
2. Coke Oven Gas	7
3. Sintesis Gas	8
C. Rangkuman	18
D. Soal Latihan dan Tugas	19
BAB II Industri Cryogenik	21
A. Pendahuluan	21
B. Pokok-pokok isi	25
1. Proses Linde-Frankl	25
C. Rangkuman	34
D. Soal Latihan dan Tugas	35
BAB III Industri Gas As	37
A. Pendahuluan	37
B. Pokok-pokok isi	41
1. Asetilen dari petroleum hydrocarbon	41
2. Asetilen dari calcium carbida hidro carbon	43
C. Rangkuman	45
D. Soal Latihan dan Tugas	46
BAB IV. Industri Amonia, Asam Nitrat, Urea,	
Amonium Nitrat	47
A. Pendahuluan	47
B. Pokok-pokok isi	50
1. Industri Amonia	50
2. Asam Nitrat	61

3. Urea.....	69
4. Industri Amonium Nitrat.....	81
C. Rangkuman.....	93
D. Soal Latihan dan Tugas	94
BAB V Industri Chlor	95
A. Pendahuluan.....	95
B. Pokok-pokok isi	96
1. Soda Abu	96
2. Soda Kaustik	101
C. Rangkuman	111
D. Soal Latihan dan Tugas.....	112
BAB VI Industri Semen dan Kapur	113
A. Pendahuluan	113
B. Pokok-pokok isi	114
1. Industri Kapur.....	114
2. Industri Semen	120
C. Rangkuman.....	130
D. Soal Latihan dan Tugas	130
BAB VII Industri Glyserin, Sabun dan Deterjen.....	131
A. Pendahuluan	131
B. Pokok-pokok isi	134
1. Industri Glyserin	134
2. Industri Sabun dan Deterjen	138
C. Rangkuman.....	148
D. Soal-soal latihan.....	149
BAB VIII Industri Fosfor	151
A. Pendahuluan	151
B. Pokok-pokok isi	152
1. Industri Fosfor Kuning.....	152
2. Industri Calsium Fosfat Dan Tri Super Fosfat	158
3. Industri Sodium Tripolyphosfat	162

C. Rangkuman.....	163
D. Soal Latihan	167
BAB IX Industri Logam.....	169
A. Pendahuluan	169
B. Pokok-pokok isi	170
1. Industri Tembaga	170
2. Industri Aluminium	176
C. Rangkuman.....	191
D. Soal Latihan	191
DAFTAR PUSTAKA.....	192
BIODATA PENULIS.....	194

DAFTAR TABEL

Tabel Komposisi Udara.....	30
Tabel Reaksi yang terjadi.....	30
Tabel Neraca Massa Pada Scrubber	31
Tabel Tekanan Uap 1	49
Tabel Tekanan Uap 2	49
Tabel Data Kuantitatif	72
Tabel Kelarutan Amonium Nitrat	87
Tabel Tekanan Uap Larutan Amonium Nitrat	87
Tabel Titik Didih Larutan Amonium Nitrat.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar Diagram Alir Coke Oven Gas untuk Amonia	5
Gambar Diagram Alir Water gas	6
Gambar Diagram Alir Proses Steam Reforming untuk Sintesis Gas	14
Gambar Proses Pembakaran Parsial untuk Sintesis Gas	15
Gambar Nitrogen Cair.....	27
Gambar Diagram alir Partial Combustion	42
Gambar Diagram alir Asetilen dari Kalsium Karbide.....	43
Gambar Diagram Alir	54
Gambar Diagram Alir Proses Pembuatan Amonia PT.PUSRI	59
Gambar Peralatan Proses Pembuatan Ammonia PT. PUSRI	60
Gambar Flowsheet.....	67
Gambar Flowsheet.....	78
Gambar Proses Amonium Nitrat.....	92
Gambar Pembuatan Abu Soda dengan Proses Solvay.....	99
Gambar Proses elektrolitik dari produksi chlorine Caustic Soda.....	104
Gambar Alir Pembuatan Kapur pada Proses Kalsinasi dan Hidrasi Kapur.....	118
Gambar Diagram Alir Industri Semen Portland.....	128
Gambar Proses Pembuatan Gliserin	135
Gambar Proses Pembuatan Sabun	146
Gambar Produksi Posfor, Posfor Pentaoksida, Dan Asam Phosfat	155
Gambar Produksi Superphospat dan Tripel Superphospat	160
Gambar Sodium Tripolyphosphate (STP)	163
Gambar Industri Sodium Tripolyphosphate.....	165
Gambar Aluminium	176

Gambar Bauksit.....	178
Gambar Tahapan Proses Pemurnian Bauksit Menjadi Alumina	183
Gambar Proses Peleburan Alumina Menjadi Aluminium Dengan Cara Elektrolisis	184
Gambar Flowsheet Pembuatan Alumina	189\

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Umum :

Mahasiswa mampu memahami proses Industri Sulfur dan asam sulfat mulai dari bahan baku hingga produk.

Khusus Mahasiswa dapat :

1. Menentukan bahan baku, produk dan hasil samping, serta buangan dalam proses industri Bahan Bakar Gas
2. Menentukan sifat fisik dan Kimia bahan baku
3. Menuliskan reaksi kimia yang terjadi dalam proses industri Bahan Bakar Gas
4. Menjelaskan Uraian proses berdasarkan flowsheet atau diagram Alir
5. Menghitung neraca massa berdasarkan ; konversi reaksi, persen hasil, persen kemurnian, basis jumlah produk.

A. PENDAHULUAN

Sumber energi yang banyak digunakan untuk memasak, kendaraan bermotor dan industri berasal dari minyak bumi, gas alam, dan batubara. Ketiga jenis bahan bakar tersebut berasal dari pelapukan sisa-sisa organisme sehingga disebut bahan bakar fosil. Minyak bumi dan gas alam berasal dari jasad renik, tumbuhan dan hewan yang mati.

Bahan Bakar Gas (BBG) pada umumnya merupakan gas bumi yang telah dimurnikan sehingga aman, bersih, andal, serta murah dipakai. Komposisi bahan bakar gas sebagian

besar terdiri dari gas metana (CH_4) dan etana (C_2H_6) lebih kurang 90% dan selebihnya adalah gas propana (C_3H_8), butana (C_4H_{10}), pentana (C_5H_{10}), nitrogen dan karbon dioksida. Industri kimia bergantung pada tingkat utama penyusunan gas dari satu atau lebih unsur karbon, nitrogen, hidrogen, dan oksigen. Gas digunakan sebagai bahan bakar untuk sintesis senyawa kimia organik maupun anorganik. Bahan mentah penyuplai gas berasal dari sumber yang ada di alam seperti air, udara, batu bara, gas alam, dan petrolium. Pada bahasan pertama ini, akan dijelaskan beberapa hal utama tentang bahan bakar gas.

B. POKOK POKOK ISI

1. Water gas
2. Coke oven gas
3. Sintesa Gas

1. WATER GAS

Rumus empiris Bituminus ($\text{C}_{137}\text{H}_{97}\text{O}_9\text{NS}$) dan Antrasit ($\text{C}_{240}\text{H}_{90}\text{O}_4\text{NS}$). Berat jenis batubara berkisar dari 1,25 g/cm^3 sampai 1,70 g/cm^3 , pertambahannya sesuai dengan peningkatan derajat batubaranya. Tetapi berat jenis batubara turun sedikit dari lignit (1,5 g/cm^3) sampai batubara bituminous (1,25 g/cm^3), kemudian naik lagi menjadi 1,5 g/cm^3 untuk antrasit sampai grafit 2,2 g/cm^3 . Titik leleh terendah : 1170°C-1265°C, Warna : batubara dibedakan menjadi dua jenis, yaitu batubara cerah dan batubara kusam.

Sifat Kimia batubara :

- 1) Karbon yang terdapat dalam batubara bertambah sesuai dengan peningkatan derajat batubaranya. Karbon bertambah sesuai dengan naiknya derajat batubara kira-kira 60% sampai 100%.

- 2) Hidrogen yang terdapat dalam batubara berupa kombinasi alifatik dan aromatik dan berangsur habis akibat evolusi metana. Kandungan hydrogen dalam lignit berkisar antara 5%-6% dan sekitar 4,5%-5,5% dalam batubara berbitumin dan sekitar 3%-3,5% dalam antrasit.
- 3) Oksigen yang terdapat dalam batubara berupa ikatan atau kelompok hidroksil, metoksil dan karbonit, merupakan oksigen yang tidak reaktif. Kandungan oksigen dalam lignit sekitar 20% atau lebih, berbitumin sekitar 4%-10% dan 1,5%-2% dalam antrasit.
- 4) Nitrogen yang terdapat dalam batubara berupa senyawa organik. Jumlahnya sekitar 0,5% sampai 3,0%. Batubara berbitumin biasanya mengandung lebih banyak daripada lignit dan antrasit.
- 5) Sulfur terdapat dalam tiga bentuk yaitu sulfur pirit (pyritic sulphur), anorganik sulfur, sulfur organik dan sulfat. Sulfur pirit biasanya berjumlah berkisar 20% sampai 80% dari total sulfur dan terdapat dalam makrodeposit (lensa urat, kekar bola dan lain-lainnya) dan mikrodeposit (partikel halus yang menyebabkan sulfur organik berjumlah sekitar 20% sampai 80% dari jumlah sulfur seluruhnya, biasanya berasosiasi dengan konsentrasi sulfat selama pembentukan endapan.
- 6) Udara komposisi rata-rata udara (fraksi mol) :
 - N₂ : 0.78084
 - O₂ : 0.20946
 - Ar : 0.00940
 - CO₂ : 0.00030
 - Tekanan : 1 atm
- 7) Metana (CH₄)
 - Gas tak berwarna
 - Kepadatan 0,717 kg / m (gas, 0 C); 415 kg / m (cair)
 - Titik Lebur -182,5 C, 91 K, -297 F

Titik didih -161,6 C, 112 K, -259 F

Titik nyala -188 C

Kelarutan dalam air 35 mg / L (17 C)

REAKSI KIMIA

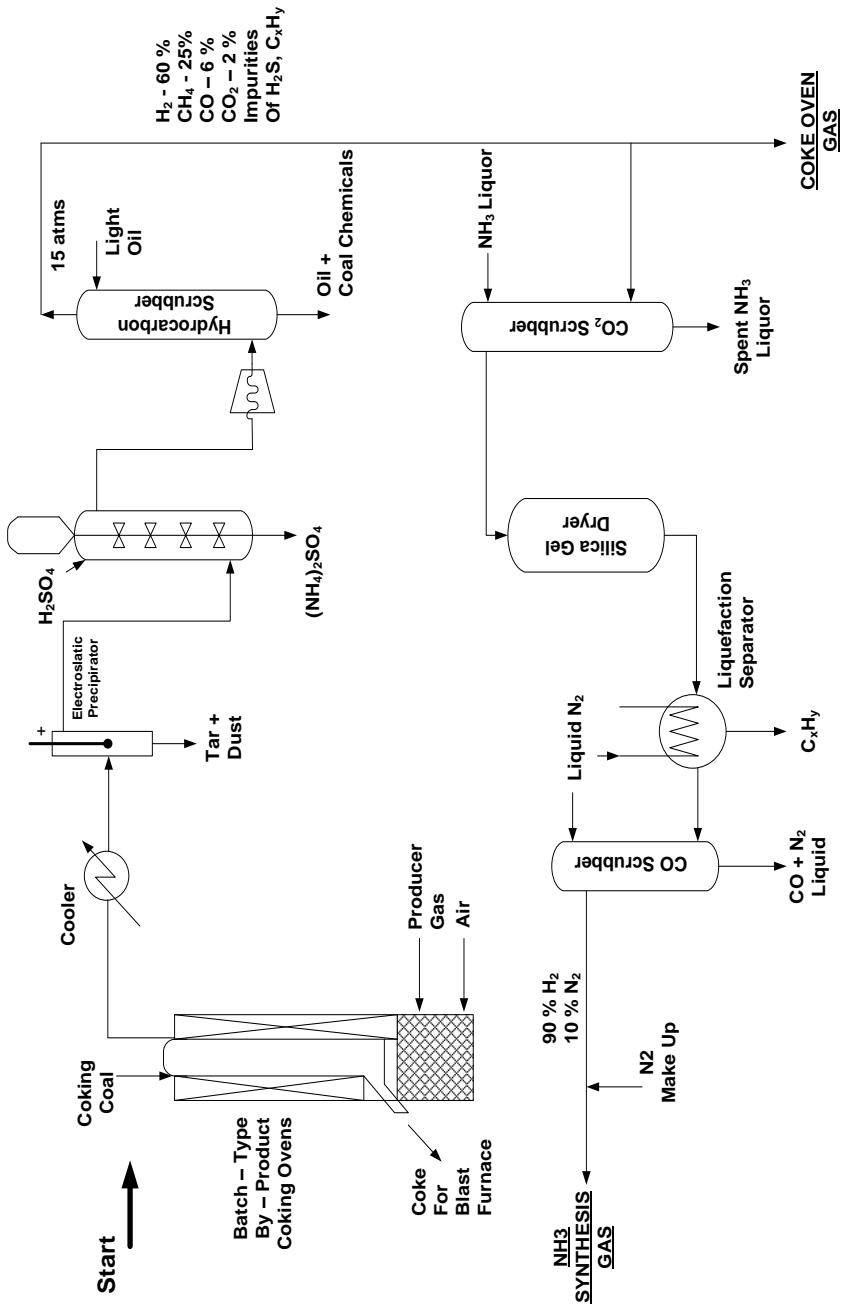
Adapun reaksi kimia yang dapat terjadi dalam industri bahan bakar antara lain :

- (a) $C_{(s)} + O_{2(g)} \text{ (excess air)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H^0 = -96,5 \text{ Kcal}$
(b) $2C_{(s)} + O_{2(g)} \text{ (limited air)} \rightarrow 2CO_{(g)}$ $\Delta H^0 = -57,8 \text{ Kcal}$
(c) $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$ $\Delta H^0 = 38,7 \text{ Kcal}$
(d) $C_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$ $\Delta H^0 = 38,9 \text{ Kcal}$
(e) $CO_{(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2(g)$ $\Delta H^0 = 0,4 \text{ Kcal}$

Pada coke oven gas (gas tanur kokas) untuk sintesis gas NH_3 adalah sebagai berikut:

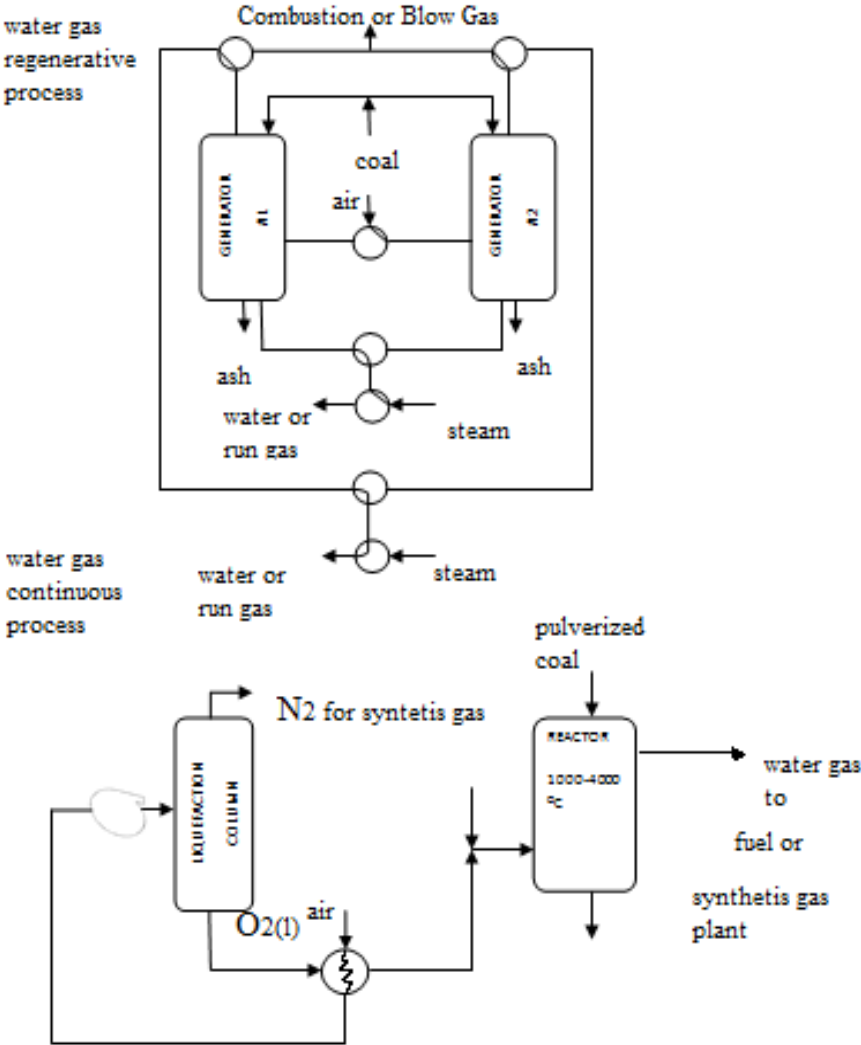
- (a) $CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$ $\Delta H = -52,0 \text{ kkal}$
(b) $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ $\Delta H = -9,806 \text{ kkal}$
(c) $H_2SO_4 + NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$
(d) $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
(e) $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$
(f) $S + H_2 \rightarrow H_2S$
(g) $x C + \frac{y}{2} H_2 C_x H_y \rightarrow$

Diagram Alir Coke Oven Gas untuk Sintesa Amonia



Gambar 2.1. Coke Oven Gas untuk Sintesis Amonia

Diagram Alir Water gas



URAIAN PROSES

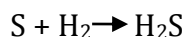
Water Gas

Pada Regenerative Proses batu bara di umpangkan kedalam dua generator, yaitu generator 1 dan dua, di dalam generator tersebut terjadi proses pembakaran dengan produk abu yang dikeluarkan sedangkan produk lainnya di alirkan melalui steam menghasilkan air atau gas.

Pada Continuous Proses Udara yang mengandung gas N_2 dan O_2 diumpangkan dengan pompa menuju liquefied column kemudian dipisahkan N_2 digunakan untuk sintesis gas, sedangkan O_2 dialirkan melalui steam masuk kedalam reaktor, di reaktor di dengan batu bara yang telah dihaluskan. Karbon dari batu bara bereaksi dengan oksigen \rightarrow membentuk karbondioksida $C + O_2 \rightarrow CO_2$ dan karbon lainnya bereaksi dengan air membentuk karbondioksida dan gas H_2 reaksinya $C + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$, sedangkan sisanya berupa abu sehingga produk yang didapat water gas untuk bahan bakar atau industri sintesis gas.

2. Coke Oven Gas

Batubara diumpangkan dan dipanaskan di dalam *furnace* pada temperatur $1000\text{ }^\circ\text{C}$ selama 12-20 jam terjadi reaksi $CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$. Setelah pemanasan, produk didinginkan di dalam *cooler* (pendingin), kemudian dialirkan menuju *electrostatic precipitator* untuk memisahkan tar dan debu. Produk yang telah bersih dimasukkan ke tangki berpengaduk untuk memisahkan NH_3 yang terbentuk dengan mereaksikan dengan H_2SO_4 , sehingga menghasilkan $(NH_4)_2SO_4$ yang reaksinya $H_2SO_4 + NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$. kemudian dialirkan menuju *Hydrocarbon scrubber* untuk menyerap sisa batubara oleh penyerap minyak (light oil) pada tekanan 15 atm dan terjadi reaksi :



dan Produk yang dihalikan yaitu campuran gas H₂, CH₄, CO, dan CO₂, dan impuritis H₂S dan C_xH_y. Kemudian dimasukkan ke dalam CO₂ scrubber untuk menyerap CO₂ oleh NH₃ cair kemudian dikeringkan pada silica dryer. Setelah itu dipisahkan di liquefaction separator. Gas CO diserap oleh N₂ cair di CO Scrubber. Menghasilkan Produk H₂ 90% dan N₂ 10 % yang selanjutnya digunakan untuk sintesa gas dengan penambahan N₂ reaksi : $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ dihasilkan gas NH₃

3. SINTESIS GAS

Perkembangan industri di Indonesia, khususnya industri kimia mengalami peningkatan dari tahun ketahun. Kemajuan dibidang industri mempunyai peranan yang sangat penting dalam pembangunan nasional disegala bidang guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Gas sintesis atau *SynGas* adalah istilah yang diberikan kepada campuran gas karbonmonoksida (CO) dengan hidrogen (H₂) yang digunakan untuk mensintesis berbagai macam zat seperti metanol dan ammonia. Proses pembuatan gas sintesis yang telah komersial adalah : proses *steam reforming*, oksidasi parsial, dan *CO₂ reforming*.

BAHAN BAKU

Penyusunan Kembali Hidrokarbon oleh Uap Air dalam Sintesis Gas :

- Naptha
- Udara (Optional)
- Steam
- Katalis nikel dan katalis besi oksida

Pembakaran Parsial (Partial Combustion)

- Gas alam dengan kemurnian rendah atau bisa menggunakan hidrokarbon cair
- Oksigen
- Steam
- Katalis nikel dan katalis besi oksida

Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku Naphtalen :

- [Rumus molekul](#) $C_{10}H_8$
- Berat Molekul : 128,17
- [Penampilan](#) kristal putih solid
- [Densitas](#) (g/cm^3 , [cs](#)) : 1,14
- [Kelarutan](#) dalam [air](#) : 0,03 g/l pada 293 K
- [Titik leleh](#) : 352K (79)
- [Titik didih](#) : 491K (218C)
- $\Delta_f H^0$ ($mol\ kJ^{-1}$) : 78,5
- $\Delta_f G^0$ ($kJ \cdot mol^{-1}$) : 201,6
- S^0_m ($K J^{-1} mol^{-1}$) 167,4
- $C^0_{p,m}$ ($K J^{-1} mol^{-1}$) 165,7

Udara

- Komposisi rata-rata udara (fraksi mol) :
- N_2 : 0.78084
- O_2 : 0.20946
- Ar : 0.00940 (tidak digunakan)
- CO_2 : 0.00030
- Tekanan : 1 atm
- Suhu : 30 ° C
- Humidity : 83%

Oksigen

- [Fase](#) : [gas](#)
- [Massa jenis](#) (0 C; 101,325 kPa) : 1,429 g/L
- [Titik lebur](#) 54,36K (-218,79 °C, -361,82 F)

- [Titik didih](#) 90,20K (-182,95 C, -297,31 F)
- [Kalor peleburan](#) (O₂) : 0,444 kJ/mol
- [Kalor penguapan](#) (O₂) : 6,82 kJ/mol
- [Kapasitas kalor](#) (25 °C) (O₂) : 29,378 J/(mol·K)

Gas alam

- Bentuk : gas
- Komposisi rata-rata gas alam (fraksi mol) :
- CH₄ : 0.8370
- C₂H₆ : 0.0495
- C₃H₈ : 0.0330
- C₄H₁₀ : 0.0150
- C₅H₁₂ : 0.0580
- Sulfur : 25 ppmv (maksimum)
- Hg : 188 ppbw(maksimum)
- Tekanan : 40 atm
- Temperature : 30 ° C
- HHV : 950-1200 Btu/SCF

Sifat Fisik dan Kimia Produk

Karbon Monoksida (CO)

- Mudah terbakar, beracun
- Massa molar : 28,010 g mol⁻¹
- Penampilan : gas tidak berwarna
- Titik lebur : -205C
- Titik didih : -191,5C,
- Kelarutan dalam air : 0,0026 g/100 mL (20C)
- Kelarutan : larut dlm kloroform, asam asetat, etil asetat , etanol ,amonium hidroksida

Hidrogen

- Fase : gas
- Massa jenis : 0,08988 g/L (0 C, 101.325 kPa)
- Titik lebur : 14,01K

- Titik didih : 20,28 K
- Kalor peleburan : 0,117 kJ·mol⁻¹
- Kalor penguapan : 0,904 kJ·mol⁻¹
- Kapasitas kalor (25 C): 28,836 J·mol⁻¹·K⁻¹.

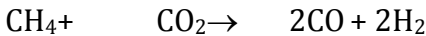
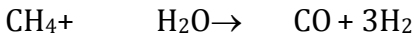
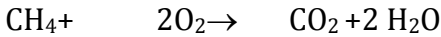
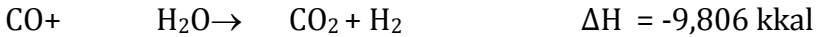
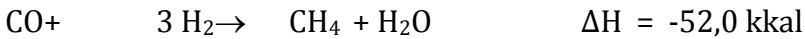
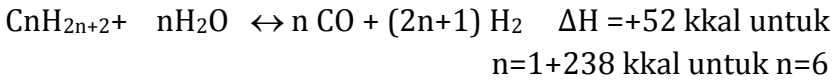
Amonia

- Rumus molekul : NH₃
- Berat molekul : 17.03 g/mol
- Temperatur kritis : 132.40 C
- Tekanan kritis : 111.3 atm
- Titik didih : 33.15 C
- Titik leleh : -77.7 C
- Spesific gravity pada acuan udara : 0.5971
- Kelarutan dalam air dingin (0 C) : 89.9/100
- Kelarutan dalam air panas (100 C) : 7.4/100
- Viskositas (25 C) : 13.35 Cp
- Mengalami disosiasi mulai pertama kali pada 400-500 C,
- Oksidasi pada suhu akan menghasilkan N₂ + H₂O

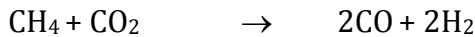
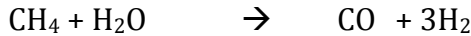
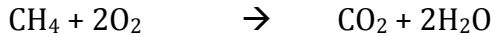
Nitrogen

- Sifat fisik dan kimia nitrogen yaitu :
- Rumus molekul : N₂
- Berat molekul : 28.02 g/mol
- Titik didih : -195.8 C
- Titik lebur : -209.86 °C
- Tekanan kritis : 33.05 atm
- Temperatur kritis : 126 °C
- Ikatan rangkap tiga tiga nitrogen yang sangat kuat menyebabkan N₂ cenderung inert.
- Nitrogen dapat diproduksi dari pencairan dan fraksinasi udara. Hasil yang diperoleh masih mengandung argon dan oksigen.

Reaksi Kimia pada Proses Penyusunan Kembali Hidrokarbon oleh Uap Air



Reaksi Kimia pada Proses Pembakaran Parsial (Partial Combustion)



DATA KUANTITATIF

a. Jumlah yang Dibutuhkan :

- Basis 100 Nm³ H₂ 99 + % kemurnian
- Naptha 21,9 kg
- Steam 560 kg
- Fuel 22,3 kg
- Air dingin 6,5 ton
- Listrik 1,4 kWh

b. Kapasitas produksi: 10-200 ton/ hari dari H₂

80.000-1.680.000 Nm³ /hari dari gas sintesia

c. Jumlah yang dibutuhkan :

- Basis : 100 Nm³ H₂ 99 + % kemurnian
- Naftalen 29,2 kg atau metana (35 Nm³)
- Steam 104 kg
- Oksigen 26 Nm³

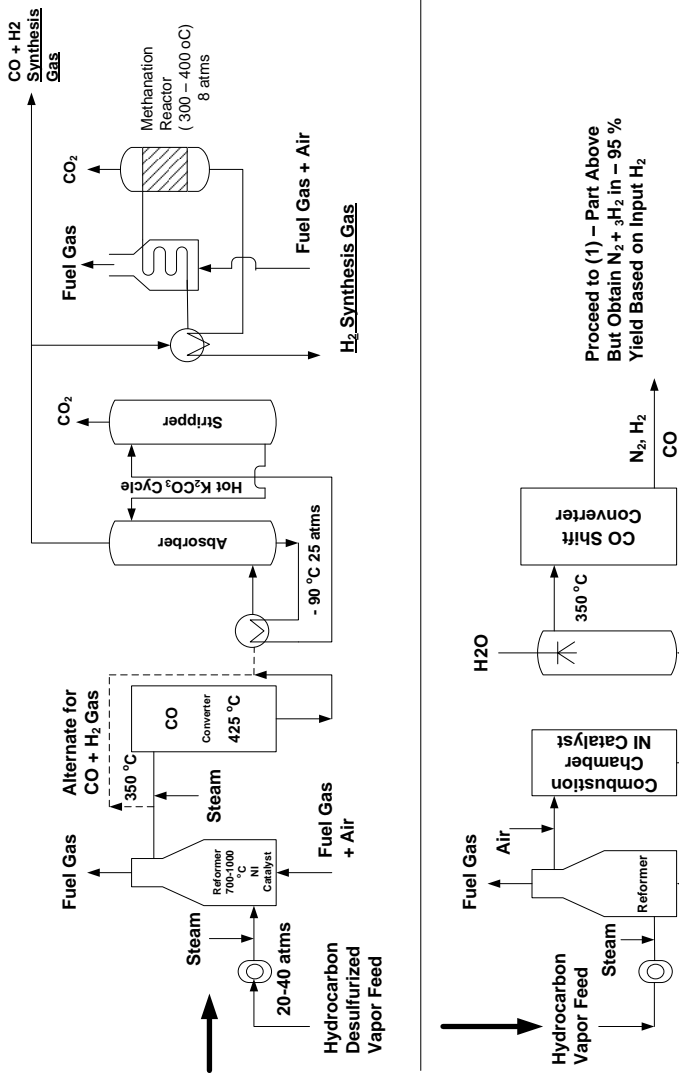
- | | |
|---------------|---------|
| Air pendingin | 8 ton |
| Listrik | 0,7 KWH |
- Kapasitas Industri :10-200 ton/hari untuk H₂
100.000 – 1.600.000 Nm³/hari
untuk sintesis gas

KLASIFIKASI PROSES

Proses yang digunakan pada metode produksi sintesis gas terbagi menjadi dua, yaitu :

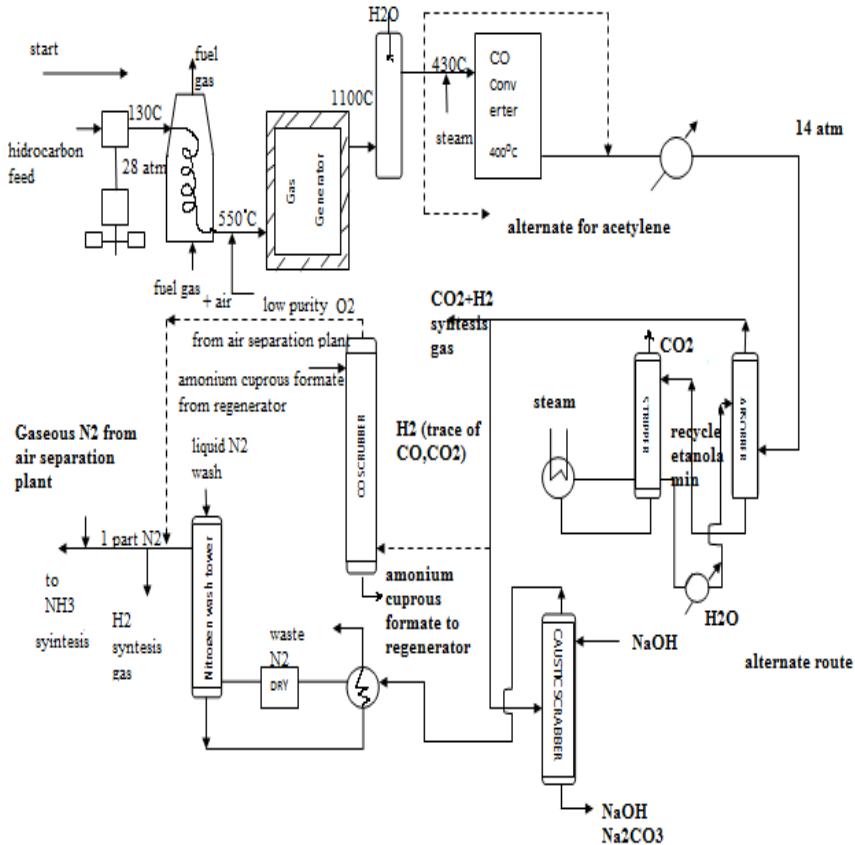
- a. Petroleum hidrokarbon
 - Reforming (penyusunan kembali)
 - Pembakaran Partial
- b. Coal/ batu bara / kokas
 - Water gas
 - Coke oven gas
 - (dapat dilihat pada pembahasan fuel gas)

DIAGRAM ALIR Proses Steam Reforming untuk Sintesis Gas



Gambar 2.2. Proses Steam Reforming untuk Sintesis Gas

Proses Pembakaran Parsial untuk Sintesis Gas



URAIAN PROSES

Proses Steam Reforming untuk Sintesis Gas

Bagian pertama :

Hidrokarbon dan uap didorong dengan tekanan sebesar 20-40 atm dan diberi steam, lalu dialirkan ke dalam *reforming furnace*. Dengan bantuan katalis nikel bahan direaksikan dengan bahan baku ditambah air. Temperature *furnace* diatur pada 700 – 1000°C. Panas untuk reaksi endothermis disuplai dari pembakaran gas.

Dari *furnace*, bahan dialirkan menuju *CO converter* untuk mengubah kandungan CO pada bahan. Proses dilakukan pada suhu 425 °C. Setelah itu dilakukan proses pendinginan pada suhu -90°C dan tekanan 25 atm. Kemudian proses dilanjutkan menuju absorber untuk menyerap zat yang tidak diinginkan, dan dialirkan menuju *Stripper*. Pada *stripper* dan adsorben, dipompakan potassium karbonat untuk menyerap CO₂, sehingga hasil akhir berupa *gas CO dan H₂ (Synthesis Gas)*.

Sebagian produk dari absorber diproses pada *water gas shift converter*, untuk memisahkan gas H₂ dari CO. Untuk menjaga panas reaksi terjadi dengan steam pada 300-400°C dan katalis besi oksida. Setelah CO₂ diserap CO dihilangkan dengan reaksi metanasi, pada *methanator reactor* dengan tekanan 8 atm dan suhu 300 – 400⁰ C. sehingga dihasilkan gas hidrogen dengan kemurnian maksimal 99,9%.

Bagian kedua

Hidrokarbon uap dipanaskan dengan steam masuk ke *reformer furnace*, kemudian direaksikan dengan oksigen dari udara pada *combustion chamber* dengan katalis Nikel. Gas didinginkan di *water quench tower* dengan menyemprotkan air pada suhu 350°C. kemudian dialirkan dalam *CO shift converter* sehingga dihasilkan N₂, H₂, dan CO.

Proses Pembakaran Parsial Untuk Sintesis Gas

Umpan hidrokarbon pada suhu 30 °C dan tekanan 28 atm direaksikan dengan *Fuel gas* dan udara, kemudian ditambahkan oksigen dengan kemurnian rendah dan dialirkan menuju generator gas pada suhu 550 °C. H₂O Disemprotkan untuk mendinginkan, kemudian dialirkan menuju CO converter. Perubahan CO ini berjalan secara simultan bahan berubah sempurna. Proses selanjutnya menuju adsorben dan stripper yang dipompakan etanolamin kedalamnya untuk memisahkan CO₂ dan zat pengotor yang tak diinginkan, sehingga dihasilkan

CO + H₂ sebagai produk (*synthesis gas*). Jika ingin memperoleh gas sintesis H₂, proses dilanjutkan menuju CO scrubber yang diberi Amonium cuprous format agar CO terpisah dan diperoleh produk H₂.

KEGUNAAN

Kegunaan dari masing – masing produk yang dihasilkan dari proses sintesis gas diantaranya :

1. Hydrogen : pembangkit listrik dan transportasi bahan bakar
2. CO dan CO₂ : bahan baku ethanol kimia dan bahan bakar
3. Minerals and solids : ampas bijinya digunakan sebagai alas jalan dalam proses pengaspalan.
4. Nitrogen : digunakan sebagai bahan pembuat pupuk dan gas tekan
5. Amonia : digunakan dalam pembuatan pupuk

Kegunaan produk bahan bakar gas antara lain :

- Metana, digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik yang dikenal sebagai Sales Gas.
- Propana dan Butana digunakan sebagai bahan baku untuk hulu industri petrokimia juga.
- CO, digunakan dalam industri bahan kimia (*bulk chemical*), hidrogenasi CO digunakan dalam pembuatan metanol, merupakan komponen senyawa syngas yang digunakan sebagai bahan bakar industri, serta digunakan dalam industri pembuatan nikel.

Kegunaan Amonia antara lain :

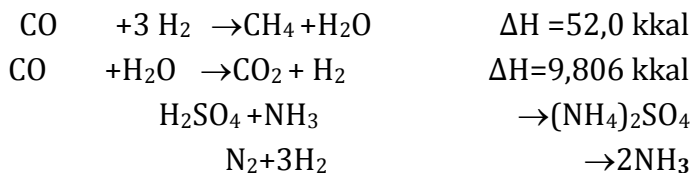
- Digunakan paling utama dalam industri pembuatan pupuk
- Untuk pembersih, pemutih, mengurangi bau busuk
- Digunakan juga pada penyejuk udara dan pembuatan bahan letupan

Kegunaan H₂ antara lain :

- Untuk mengikat nitrogen dengan unsur lain dalam proses Haber (memproduksi amonia), untuk proses hidrogenasi lemak dan minyak, bahan bakar roket, pengisi balon udara, dan sebagai gas tekan.
- Untuk memproses bahan bakar fosil dan dalam pembuatan ammonia.
- Hydrogen Fuel cell adalah teknologi baru yang sedang dikembangkan, berupa baterai yang berbahan bakar hidrogen, di mana tenaga listrik dalam jumlah besar dapat dihasilkan dari gas hidrogen tersebut.

C. RANGKUMAN

- Bahan bakar gas merupakan hasil pemurnian gas alam ataupun batu bara sehingga menghasilkan produk bahan bakar yang bersih, murni, dan aman digunakan.
- Klasifikasi proses pengolahan bahan bakar gas berdasarkan metode produksi terbagi atas :
 1. Metode produksi water gas
 - Proses Regeneratif
 - Proses Continue
 2. Metode produksi coke oven gas
 - Reaksi yang terjadi pada *coke oven gas* (gas tanur kokas) untuk sintesis gas NH₃ dan proses pengolahan bahan bakar gas adalah :



- Produk yang dihasilkan dapat berupa :
 - Ammonia , Hydrogen ,Metana dan Karbon monoksida

- Gas sintesis atau *SynGas* adalah istilah yang diberikan kepada campuran gas karbonmonoksida (CO) dengan 19ethanol (H₂) yang digunakan untuk mensintesis berbagai macam zat seperti 19ethanol dan ammonia.
- Proses pembuatan gas sintesis yang telah komersial adalah: proses *steam reforming*, oksidasi parsial, dan *CO₂ reforming*.
- Gas yang dihasilkan dari proses adalah
- Ammonia , Nitrogen, Hydrogen , Karbon monoksida

D. SOAL LATIHAN/TUGAS

1. Buatlah diagram blok dengan neraca massa pada masing–masing alat ?
2. Tuliskan reaksi yang terjadi pada coke oven gas dan gas apa yang dihasilkan ?
3. Tuliskan minimal 5 macam gas yang kamu ketahui dan bagaimana cara mendapatkannya ?
4. Sebutkan minimal 5 macam gas dan kegunaan gas tersebut untuk apa ?
5. Jelaskan fungsi alat berikut dalam proses pengolahan gas :
 - a. Absorber
 - b. Converter
 - c. Combustion Chamber
 - d. Furnace
6. Jelaskan apa yang dimaksud dengan :
 - a. sintesa gas
 - b. Flue gas
 - c. Fuel gas
 - d. coke oven gas
7. Sebutkan minimal 3 jenis bahan bakar gas dan kegunaannya masing-masing ?

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Umum :

Mahasiswa mampu memahami proses Industri Kriogenik mulai dari bahan baku hingga produk.

Khusus Mahasiswa dapat :

1. Menentukan bahan baku, produk dan hasil samping, serta buangan dalam proses industri Kriogenik
2. Menentukan sifat fisik dan Kimia bahan baku
3. Menuliskan reaksi kimia yang terjadi dalam proses industri Kriogenik
4. Menjelaskan Uraian proses berdasarkan flowsheet atau diagram Alir
5. Menghitung neraca massa berdasarkan ; konversi reaksi, persen hasil, persen kemurnian, basis jumlah produk.

A. PENDAHULUAN

Dalam ilmu fisika atau teknik, **Kriogenik** adalah suatu teknik pembekuan dengan menggunakan gas oksigen dan nitrogen yang dilakukan pada suhu rendah (suhu absolute), berkisar dibawah -150°C , -238°F atau 123°K (batas terendah dari skala kriogenik yaitu nol absolute $\text{K}/-273\text{ K}$, sedangkan batas tertingginya $123\text{ K}/-150^{\circ}\text{c}$). Dan kriogenik juga merupakan perluasan dari banyak bidang keteknikan yang berhubungan dengan variabel termodinamika terutama mengenai suhu.

Atau dapat juga dikatakan ilmu yang mempelajari materi dengan temperatur sangat rendah. Ilmu ini mempelajari cara memperbaiki cara memproduksi serta perilaku material pada temperature tersebut. Temperature yang sangat rendah ini, selama tahun-tahun terakhir ini, telah disebut **temperature kriogenik** (cryogenic temperature), dan pengkajian tentang cara-cara untuk menghasilkan temperature rendah yang demikian dan sifat-sifat bahan pada temperatur ini telah dikenal sebagai **kriogenika**. Tidak ada yang jelas antara “temperature konvensional” dan “temperature kriogenik”, pengalamanlah yang akan mengubah pembatasan seorang ahli teknik tentang apa yang dia anggap sebagai temperature yang lazim dihadapi. Scott menyarankan bahwa kebiasaan akhir-akhir yang memperlihatkan temperatur dibawah -150°C sebagai kriogenik (dengan ketelitian yang cukup, temperature -150°C ini adalah 123°K , 222°R atau -238 F).

Dalam laboratorium ilmu pengetahuan pada perempat akhir abad ke-19 dan skala industri, pada bagian awal abad ke-10, dua tujuan utama dalam menghasilkan temperature yang sangat rendah adalah pencairan (liquefaction) dan pemisahan apa yang disebut gas-gas permanen. Hal ini masih tetap merupakan aspek penting kriogenik. Tidak hanya gas oksigen dan nitrogen saja yang digunakan masih banyak gas lain seperti, Helium, Argon, CO_2 , Neon, Fluorine, Metana, Hidrogen dan semuanya dalam bentuk gas cair. Metode kriogenik (cryogenic) juga memberikan berbagai manfaat dalam penyimpanan produk pangan terutama dengan metode pembekuan bagi industri pangan.

Pada umumnya pembekuan produk pangan menggunakan teknologi pembekuan (refrigerant) konvensional berbahan pendingin amonia atau di masa lalu menggunakan freon-CFC (chlorofluorocarbon) yang ternyata terbukti menjadi gas-gas penyebab kerusakan ozon. Teknologi pembekuan seperti ini

juga telah ditemukan memiliki kelemahan karena tingkat pendinginan yang kurang rendah suhunya dan relatif tidak stabil sehingga tidak menjamin keawetan produk pangan yang dibekukan. Pada penggunaan ammonia sebagai bahan pendingin, suhu terdingin yang dapat dicapai untuk refrigeran produk pangan yaitu antara -1 derajat Celsius sampai dengan -46 derajat Celsius.

Berbeda dengan metode pembekuan lokal, Metode pembekuan teknologi kriogenik menggunakan gas yang dimampatkan menjadi cairan (liquid) misalnya nitrogen (N_2) dan karbon dioksida (CO_2). Nitrogen cair sebagaimana telah diketahui sejak lama, dipergunakan sebagai pembeku bahan-bahan organik untuk keperluan penyimpanan dan ekstraksi bahan-bahan penelitian bidang biologi terapan. Karbon dioksida cair pun telah sejak lama dipergunakan untuk pengisi tabung pemadam kebakaran.

Nitrogen cair memiliki titik didih pada suhu -195,8 derajat Celsius, sedangkan karbon dioksida cair -57 derajat Celsius. Pada suhu yang lebih tinggi dari suhu tersebut, nitrogen dan karbon dioksida akan berbentuk gas volatil, sehingga umumnya nitrogen cair dan karbon dioksida cair berada pada suhu lebih rendah daripada titik didihnya. Dengan suhu yang sedemikian dingin, baik nitrogen cair maupun karbon dioksida cair mempunyai kemampuan membekukan bahan organik yang relatif lebih efektif daripada pendingin berbahan ammonia ataupun freon. Suntory, sebuah perusahaan minuman di Jepang menggunakan metode cryogenic ini sebagai metode baru untuk produksi minuman sehingga kualitas kesegaran minuman terjaga. Dalam kondisi suhu -195 derajat Celsius buah dihancurkan menjadi tepung kemudian dibuat minuman.

Dalam proses ini menyangkut juga masalah gas cair dan bahan padat. Sebagai pendahuluan diuraikan :

Udara : campuran gas yang menjadi komposisi atmosfer bumi.

Bahan Baku Yang Digunakan

- Oksigen ,Nitrogen ,Natrium hydroksida ,Karbondioksida.

Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku

Oksigen

- Warna biru
- Titik Didih 90,18 K /-183⁰ C pada 1 atm
- Titik Beku 54,4 K / -219⁰ C pada 1 atm
- Densitas lebih besar dari air (1141 kg/m³) pada temperatur cair
- Sifat magnetik
- Sumber Oksigen dari udara, dipisahkan dengan distilasi

Nitrogen

- Tak berwarna, tidak bau dan tidak berasa, dan lagi non toxic
- Titik didih 77,36 K / -196⁰ C, titik beku 63,2 K/ -210⁰ C pada 1 atm.
- Panas penguapan lebih besar daripada air
- Sumber dari udara dan dipisahkan dengan distilasi
- Terlihat Jernih

Natrium hidroksida

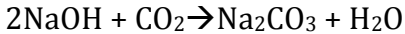
- Berat molekul : 40gr/mol
- Rumus kimia : NaOH
- Bentuk : padatan
- Jenis : butiran
- Warna : putih
- Bau : berbau menyengat

Karbondioksida

- Berat molekul : 44gr/mol
- Rumus kimia : CO₂
- Bentuk : gas
- Bau : tidak berbau

Reaksi Kimia

Untuk CO₂ Scrubbing tower



Data Kuantitatif

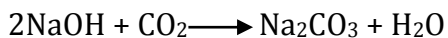
- a. Basis : 1 Ton of 95 % oxygen in 300 T0ns/day plant
 - Air : 3600 Nm³
 - Steam : 1.75 Tons
 - Cooling water : 5 Tons
 - Electricity : 450 – 480 KWH
- b. Plant capacities : 50-500 Tons/day

B. POKOK=POKOK ISI

1. Proses linde-frankl yang menghasilkan oksigen kemurnian rendah.
2. Proses kellogg tekanan rendah yang menghasilkan oksigen dengan kemurnian tinggi.

1. PROSES LINDE-FRANKL

Umpan yang masuk berupa udara yaitu campuran N₂ dan O₂ dimasukkan dengan bantuan compressor turbo pada tekanan 4 atm, kemudian didinginkan. Dan selanjutnya aliran terbagi menjadi dua, aliran pertama dimasukkan ke dalam CO₂ scrubber yang didalamnya telah terdapat NaOH, sehingga CO₂ yang ada pada udara bereaksi dengan NaOH, reaksinya adalah :



Hasil umpan tersebut dilanjutkan dengan bantuan compressor bertekanan tinggi, didinginkan pada tekanan 200 atm. Dengan bantuan ammonia yang dimasukkan dari compressor ammonia yang digunakan untuk mendinginkan

CO₂ tadi, yang hasilnya akan dilanjutkan untuk mendinginkan proses melalui aliran lain, sehingga menghasilkan produk N₂ murni.

Aliran kedua yakni, N₂ dan O₂ langsung dimasukkan kedalam N₂ regenerator dan O₂ regenerator, masing-masing yang akan menghasilkan N₂ murni dan O₂ murni. Bila terdapat hasil yang tidak murni dilanjutkan kedalam scrubber untuk memurnikannya, dan kemudian didinginkan kedalam N₂ cooler. Hasil N₂ dan O₂ murni dikembalikan kedalam N₂ regenerator dan O₂ regenerator untuk mengeluarkan N₂ dan O₂ murni. Bila hasil dari scrubber masih belum menghasilkan N₂ murni, langkah selanjutnya diteruskan ke N₂ exchanger dan dimasukkan kedalam turbo expander dengan tambahan pendingin, kemudian dilanjutkan ke switch exchanger dan menghasilkan N₂ murni. Jadi, tempat keluarnya produk atau N₂ murni terdapat di dua tempat yaitu di regenerator dan switch exchanger.

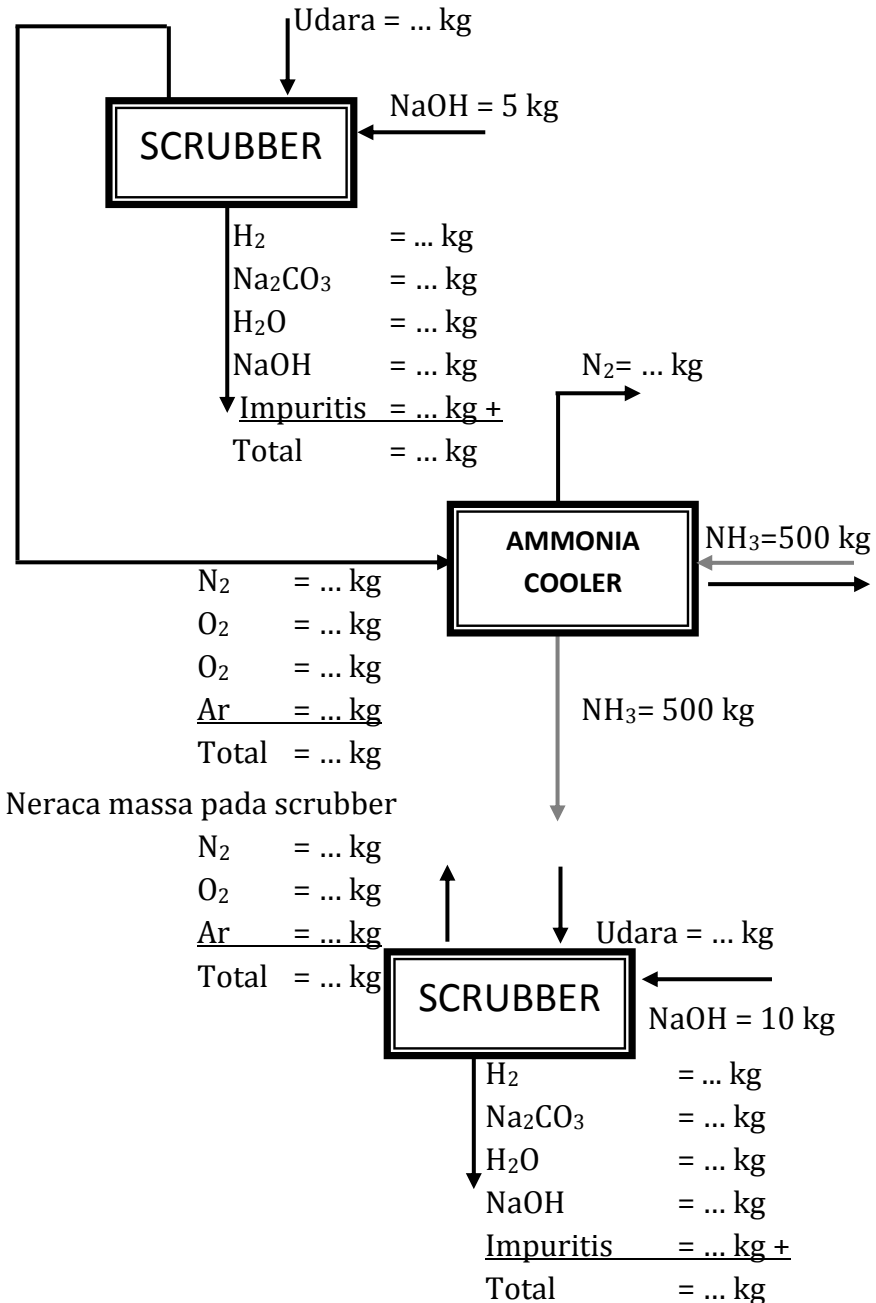
Kegunaan Produk

Oksigen : Untuk las logam, memurnikan baja, dan obat-obatan (high quality). Untuk pembakaran pada furnace pada industri kimia dengan proses oksidasi.

Nitrogen : Untuk menjaga keseimbangan oksigen di dalam atmosfer khususnya dalam pengerjaan logam dan dalam proses pengolahan pangan. proses pendinginan. transportasi material di industri. Membantu proses pembakaran. O₂ cair : O₂ dalam bentuk cair atau gas sangat reaktif terhadap hidrokarbon. Untuk roket, dibawa dalam bentuk cairan, dan akan diubah menjadi gas sebelum bereaksi dengan bahan bakar.

2. PERHITUNGAN NERACA MASSA KRIOGENIK

Neraca Massa



Di dalam scrubber CO₂ yang terkandung pada udara diserap menggunakan NaOH yang diasumsi sebanyak 10 kg.

Dengan menggunakan NaOH yang jauh lebih banyak maka diasumsi pula bahwa semua CO₂ akan dapat diserap dan keluar sebagai Na₂CO₃

Diketahui :

$$\begin{aligned} - \text{ Udara} &= 3600 \text{ Nm}^3 \\ &= 3600 \text{ Nm}^3 \times 10^3 \text{ L/Nm}^3 \times 1 \text{ gmol}/22,4 \text{ L} \times \\ &\quad 1 \text{ kmol}/1000 \text{ gmol} \\ &= 160,71 \text{ kmol} \times 29 \text{ kg/kmol} \\ &= 4660,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

Komposisi Udara :

$$\text{N}_2 = 78,02/100 \times 160,71 \text{ kmol} = 125,39 \text{ kmol} \times 28 \text{ kg/mol} = 3510,81 \text{ kg}$$

$$\text{O}_2 = 20,97/100 \times 160,71 \text{ kmol} = 33,70 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/mol} = 1078,43 \text{ kg}$$

$$\text{Ar} = 0,94/100 \times 160,71 \text{ kmol} = 1,51 \text{ kmol} \times 40 \text{ kg/mol} = 60,427 \text{ kg}$$

$$\text{CO}_2 = 0,04/100 \times 160,71 \text{ kmol} = 0,06 \text{ kmol} \times 44 \text{ kg/mol} = 2,8285 \text{ kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0,02/100 \times 160,71 \text{ kmol} = 0,03 \text{ kmol} \times 18 \text{ kg/mol} = 0,57856 \text{ kg}$$

Tabel Komposisi Udara

Komponen	% Vol	Kgmol udara	Kgmol	BM	kg
N ₂	78.02	160.71	125.39	28	3510.81
O ₂	20.97	160.71	33.70	32	1078.43
Ar	0.94	160.71	1.51	40	60.427
CO ₂	0.04	160.71	0.06	44	2.8285
H ₂ O	0.02	160.71	0.03	18	0.57856
Impuritis	0.01		0.01		7.641
Total	100		160.70		4660.71

- NaOH = 10 kg
= 10 kg/ 40 kg/kmol
= 0,25 kmol

Reaksi yang terjadi

Reaksi	2NaOH+	CO ₂	Na ₂ CO ₃ +	H ₂ O	
M	0.25	0,06	-	-	kmol
R	0,12	0,06	0,06	0,06	Kmol
S	0,13	-	0,06	0,06	Kmol
BM	40	44	106	18	Kg/kmol
berat	5,2	-	6,36	1,08	kg

Neraca Massa Pada Scrubber

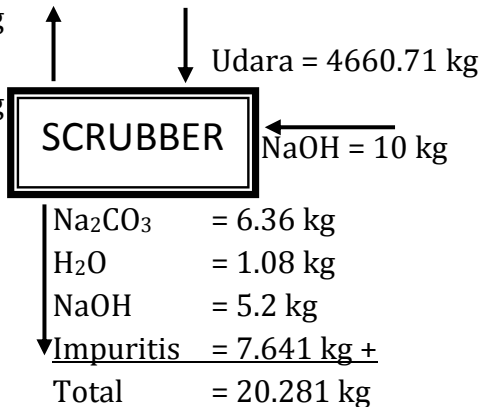
KOMPONEN	Masuk (kg)		Keluar (kg)	
	Top	Bottom	Top	Bottom
Udara	4660.71	-	-	-
N ₂	-	-	3510.81	-
O ₂	-	-	1078.43	-
Ar	-	-	-	60.427
H ₂	-	-	-	-
CO ₂	-	-	-	-
H ₂ O	-	-	-	1.08
Impuritis	-	-	-	7.641
NaOH	-	10	-	5.2
Na ₂ CO ₃	-	-	-	6.36
Total	4660.71	10	4589.24	80.708
	4670.71		4669.948	

N₂ = 3510.81 kg

O₂ = 1078.43 kg

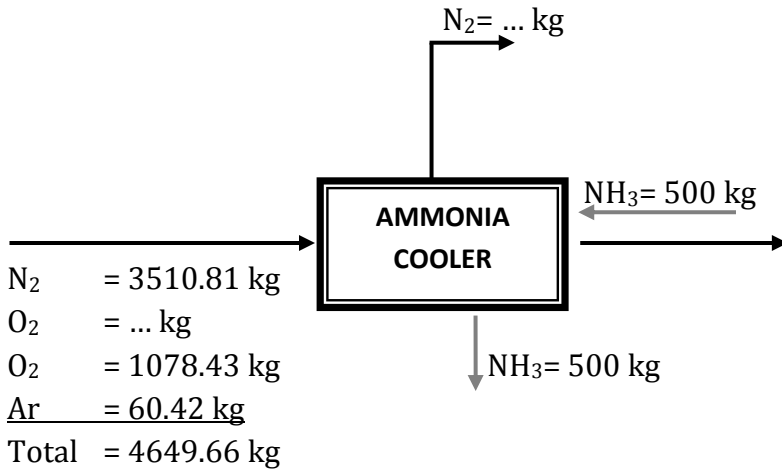
Ar = 60.42 kg

Total = 4649.66 kg



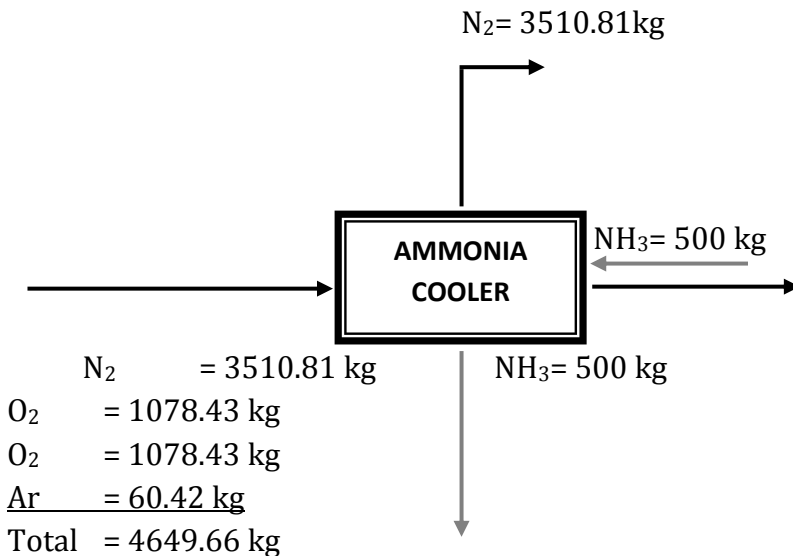
Neraca Massa pada ammonia cooler

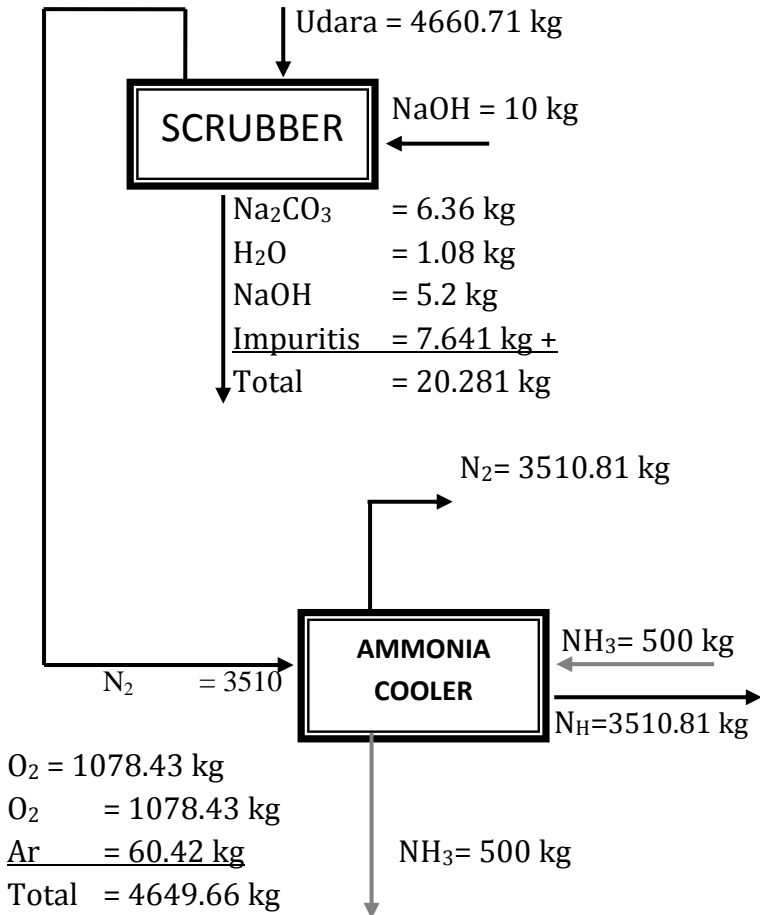
Diasumsikan NH₃ yang digunakan sebagai pendingin adalah sebesar 500 kg



Pada ammonia cooler diasumsi pula bahwa semua nitrogen akan terlebih dahulu berubah fase menjadi gas dan keluar pada bagian top

Sehingga setelah proses terjadi diagram blok menjadi seperti dibawah ini:





C. RANGKUMAN

1. Kriogenik adalah suatu teknik pembekuan dengan menggunakan gas oksigen dan nitrogen yang dilakukan pada suhu rendah, berkisar antara 0 absolut K (-273⁰C).
2. Aplikasi kriogenik digunakan untuk :
 - Pembekuan Ruang penyimpanan Distribusi
 - Pemrosesan makanan produk susu bahan minuman
 - Industri kimia dan proses pemisahan gas pengembunan, gas penghilangan kalor reaksi, dll.
 - Penggunaan khusus pada refrigerasi wadah minuman
 - Penurunan kelembaban Pembuatan es
 - Penawat air laut
 - Memproduksi gas industri (dengan memisahkan udara menjadi Nitrogen dan Oksigen), & gas alam cair
3. Metode kriogenik (cryogenic) memberikan berbagai manfaat dalam penyimpanan produk pangan terutama dengan metode pembekuan bagi industri pangan, misalnya untuk menghambat penurunan kadar nutrisi, menghambat pertumbuhan mikroorganisme perusak pangan dan bahkan pada beberapa produk pangan memberikan manfaat organoleptik (rasa pangan yang lebih enak).

D. SOAL LATIHAN/TUGAS

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gas kriogenik ?
2. Jelaskan fungsi alat ammonia converter dan Scrubber dalam menghasilkan gas cryogenik ?
3. Sebutkan aplikasi produk gas cryogenik dalam industri ?
4. Tuliskan reaksi yang terjadi pada Scrubbing Tower?
5. Hitunglah berapa % masing-masing gas O_2 dan N_2 yang dihasilkan dari proses cryogenik dari bahan baku udara?

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Umum :

Mahasiswa mampu memahami proses Industri Kriogenik mulai dari bahan baku hingga produk.

Khusus Mahasiswa dapat :

1. Menentukan bahan baku, produk dan hasil samping, serta buangan dalam proses industri Asetilen
2. Menentukan sifat fisik dan Kimia bahan baku
3. Menuliskan reaksi kimia yang terjadi dalam proses industri Asetilen
4. Menjelaskan Uraian proses berdasarkan flowsheet atau diagram Alir
5. Menghitung neraca massa berdasarkan ; konversi reaksi, persen hasil, persen kemurnian, basis jumlah produk.

A. PENDAHULUAN

Acetylene yang disebut juga dengan gas Carbide merupakan senyawa yang penting. Karena dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan senyawa-senyawa lain yang mempunyai arti penting dalam industri-industri lainnya. Acetylene merupakan salah satu senyawa hidrokarbon alifatik yang tidak jenuh, tidak berwarna, sedikit berbau, larut didalam alcohol, aceton, dan sangat mudah terbakar. Pada awal penemuannya di akhir abad ke 19, Acetylene hanya digunakan untuk penerangan, kemudian di kembangkan pemakaiannya dalam pengelasan logam. Pada saat sekarang ini Acetylene

telah banyak digunakan sebagai bahan baku pada industri petrokimia dan juga untuk keperluan lainnya.

BAHAN BAKU

Dari petroleum hidrokarbon : Gas alam (hidrokarbon alam) ,
Oksigen

Dari Calcium Carbide : Calcium carbide , Air

Sifat Fisik Dan Kimia Bahan Baku

Metana

- Gas : tak berwarna
- Kepadatan : $0,717 \text{ kg/m}^3$ (gas, 0°C) ; 415 kg/m^3 (cair)
- Titik Lebur : $-182,5^\circ \text{C}$
- Titik didih : $-161,6^\circ \text{C}$
- Titik nyala : -188°C
- Kelarutan dalam air : 35 mg/L (17°C)
- Titik nyala : -188°C
- Mudah terbakar
- Mempunyai spesifikasi terhadap nyala api sebesar $500\text{-}700 \text{ k.cal/m}^3$

Oksigen

- Fase : gas
- Massa jenis (0°C ; $101,325 \text{ kPa}$) : $1,429 \text{ g/L}$
- Titik lebur $54,36\text{K}$ ($-218,79^\circ \text{C}$, $-361,82^\circ \text{F}$)
- Titik didih $90,20\text{K}$ ($-182,95^\circ \text{C}$, $-297,31^\circ \text{F}$)
- Kalor peleburan (O_2) : $0,444 \text{ kJ/mol}$
- Kalor penguapan (O_2) : $6,82 \text{ kJ/mol}$
- Kapasitas kalor (25°C) (O_2) : $29,378 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$
- Oksigen merupakan zat yang sangat reaktif dan harus dipisahkan dari bahan-bahan yang mudah terbakar.

CaC₂ (calcium carbide)

- Rumus molekul : CaC₂
- Berat molekul : 64,099 g/mol
- Penampilan : putih bubuk Kristal abu-abu /hitam
- Kepadatan : 2,22 gr/ml
- Titik lebur : 2160 °C
- Titik didih : 2300 °C
- Kelarutan dalam air : terurai

Air

- Rumus molekul : H₂O
- Berat molekul : 18,0153 gr/mol
- Densitas dan fase : 0,998 gr/ml (cair pada 20 °C) dan 0.92 gr/ml (padatan)
- Titik beku : 0 °C
- Titik didih : 100 °C
- Kalor jenis : 4184 j/(kgK) (cairan pada 20 °C)

Sifat Fisik Dan Kimia Produk

Asetilen

- Rumus molekul : C₂H₂
- Berat molekul : 26,04 gr/mol
- Kepadatan : 1,097 kg/m³
- Titik lebur :-80,8 °C
- Titik didih :-84 °C
- Bentuk molekul linear

CO

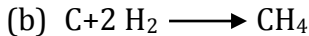
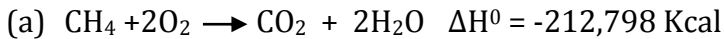
- Tidak berwarna
- Densitas 0,789 g/cm³
- Titik leleh -205°C (68 K)
- Titik didih -192 C (81 K)
- Kelarutan dalam air 0,0026 g/100 mL (20 C)

Hidrogen

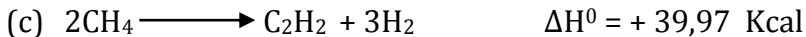
- Fase : gas
- Massa jenis(0 °C, 101.325 kPa) : 0,08988 g/L
- Titik lebur 14,01K
- Titik didih 20,28 K
- Kalor peleburan 0,117 kJ·mol⁻¹
- Kalor penguapan 0,904 kJ·mol⁻¹
- Kapasitas kalor (25 °C)28,836 J·mol⁻¹·K⁻¹

REAKSI KIMIA

- Panas esotermis

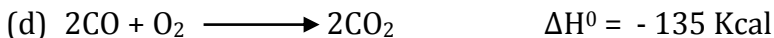
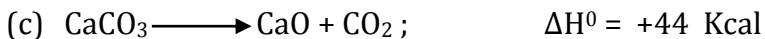


- Reaksi Endotermis



Dari calcium carbide

- calcium carbide (CaC₂)



Dari sebagian pembakaran hidrokarbon

- Jumlah yang dibutuhkan

a. Basis : 1 ton asetilen (99% kemurnian - 35% yield)

Natural gas : 5200 m³ (STP) atau naptha = 4,1 ton

Oksigen (95%) : 4,7 ton

Listrik : 350 KWH

Proses uap : 12 ton

Air : 1100 ton

Produk Samping: 900 cu m (STP) dari gas mati = 3000 Kkal/cu m dapat digunakan untuk sintesis gas

b. Kapasitas industri : 10 – 60 ton/hari

Dari calcium carbide

- Jumlah yang dibutuhkan

a. Basis : 1 ton asetilen (99% kemurnian) CaCO_3 : 5,5 ton

Air : 33 ton (wet proses) 3 ton (dry proses)

b. Kapasitas industri : 3-30 ton /hari asetilen

(Sumber : Dryder, C.E. *Outlines of Chemical Technology*. 1993. East West Press.)

B. POKOK-POKOK ISI

1. Asetilen dari Petroleum hidrokarbon
2. Asetilen dari calcium carbide

DIAGRAM ALIR

Diagram air Partial Combustion

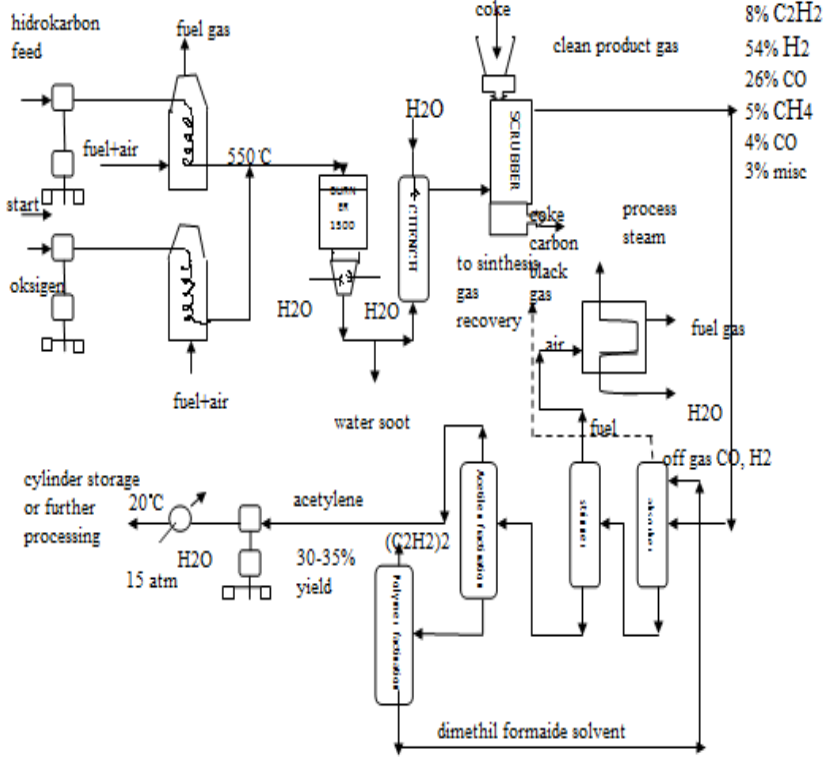


Diagram alir Asetilen dari Kalsium Karbide

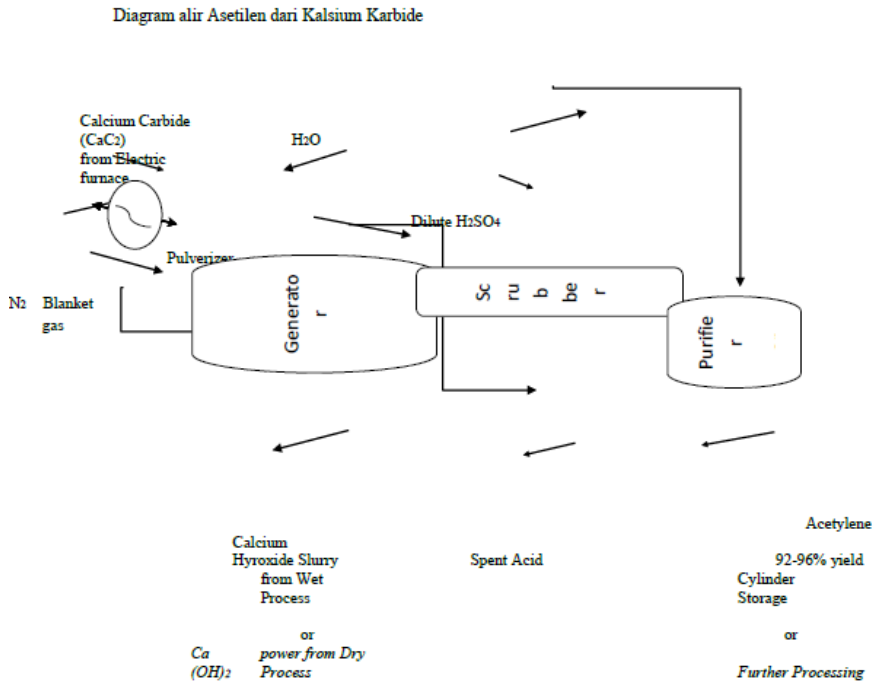


Diagram Alir Acetylene dari calcium carbide

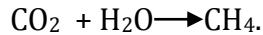
URAIAN PROSES

1. Pembuatan asetilen dari pembakaran parsial combustion

Umpan hidrokarbon CH₄ dan oksigen masing-masing dipanaskan pada suhu 500 °C. kemudian kedua zat tersebut direaksikan dan direaksikan didalam *burner* hingga suhu 1500 °C, reaksinya : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,

Setelah produk bereaksi di burner kemudian didinginkan di *quench* dengan cara menyemprotkan dengan air untuk menghilangkan panas. Produk kemudian dialirkan ke scrubber dengan mereaksikan batu bara sehingga terbentuk carbon hitam, gas yang telah bersih berupa C₂H₂, H₂, CO₂, CH₄, CO, dan sisanya misc. Produk ini kemudian dialirkan masuk ke absorben kecuali gas CO dan H₂ yang dapat digunakan untuk

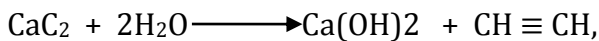
sintesis gas. Sedangkan bahan yang lain dialirkan ke stripper untuk memisahkan gas CO₂ dan CH₄, kemudian dialirkan dan di reaksikan dengan udara dan dilakukan proses steam



Bahan yang dikeluarkan dari bagian bottom dialirkan menuju asetilen fraktionator terjadi reaksi : $2\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$, kemudian dikonversikan lagi ke menjadi (C₂H₂)₂ dan sebagian yang tidak bereaksi di recycle dengan pelarut dimetil formamide. Produk dari asetilen fractinator yang menghasilkan asetilen kemudian didinginkan dengan cooler dan kemudian disimpan atau untuk proses selanjutnya.

2. PEMBUATAN ASETILEN DARI KALSIUM CARBIDE

Kalsium carbide dari *electric furnace* dihaluskan ke pulverizer, kemudian dialirkan ke generator dan direaksikan dengan air membentuk kalsium hidroksida,



Masing-masing berupa endapan pada proses basah dan berupa bubuk padat pada proses kering. Impuritis yang terdapat pada kalsium carbide dihilangkan dengan penyerap H₂SO₄ dan produk yang telah bersih dikeringkan dari sisa-sisa cairan menghasilkan asetilen yang disimpan pada storage atau untuk proses selanjutnya.

KEGUNAAN

1. Hydrogen : pembangkit listrik dan transportasi bahan bakar
2. CO dan CO₂ : bahan baku industri kimia dan bahan bakar
3. Asetilen

Asetilen banyak digunakan untuk pemotongan besi, pengelasan dan juga untuk mempercepat matangnya buah-buahan

C. RANGKUMAN

Dari pembahasan di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Untuk memproduksi asetilen dapat dilakukan dengan dua metode umum dengan berdasarkan bahan baku utama yang digunakan yaitu

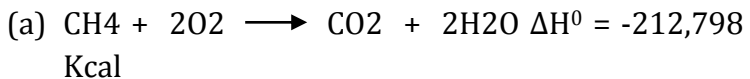
Dari Petroleum hidrokarbon

- Pembakaran sebagian
- Pirolisis
- Arc proses

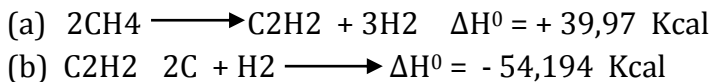
Dari calcium carbide

2. Reaksi yang terjadi Dari sebagian pembakaran hidrokarbon

- Panas esotermis

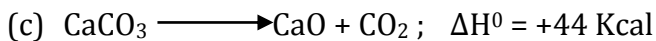
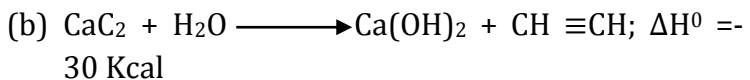
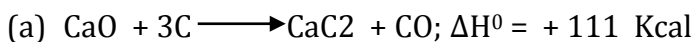


- Reaksi Endotermis



Dari calcium carbide

- calcium carbide (CaC_2)



3. Adapun kegunaan produk

1. Hydrogen : pembangkit listrik dan transportasi bahan bakar
2. CO dan CO_2 : bahan baku industri kimia dan bahan bakar

3. Asetilen banyak digunakan untuk pemotongan besi, pengelasan dan juga untuk mempercepat matangnya buah-buahan

D. SOAL LATIHAN/ TUGAS

1. Tuliskan reaksi pembuatan asetilen dari bahan baku calsium carbida ?
2. Buatlah diagram alir proses pembuatan gas asetilen dari kalsium carbida ?
3. Hitunglah neraca massa pembuatan gas asetilen dari bahan baku calsium carbida sebanyak 1 ton ? Hitunglah berapa berat gas asetilen yang dapat dihasilkan ?
4. Tuliskan apa fungsi alat berikut :
 - a. Pulverizer
 - b. Generator
 - c. Scrubber
 - d. Dryer

BAB

IV

INDUSTRI AMONIA, ASAM NITRAT, UREA, DAN AMONIUM NITRAT

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Umum :

Mahasiswa mampu memahami proses industri amonia, asam nitrat, urea, dan amonium nitrat mulai dari bahan baku hingga produk.

Khusus Mahasiswa dapat :

1. Menentukan bahan baku, produk dan hasil samping, serta buangan dalam proses industri amonia, asam nitrat, urea, dan amonium nitra
2. Menentukan sifat fisik dan Kimia bahan baku
3. Menuliskan reaksi kimia yang terjadi dalam proses industri amonia, asam nitrat, urea dan amonium nitrat
4. Menjelaskan Uraian proses berdasarkan flowsheet atau diagram Alir
5. Menghitung neraca massa berdasarkan ; konversi reaksi, persen hasil, persen kemurnian, basis jumlah produk.

A. Pendahuluan.

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH_3 . Biasanya senyawa ini di dapati berupa gas dengan bau tajam yang khas (disebut bau amonia). Walaupun amonia memiliki sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, amonia sendiri adalah senyawa kaustik dan dapat merusak kesehatan. Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Pekerjaan Amerika Serikat memberikan batas 15 menit bagi kontak dengan

amonia dalam gas berkonsentrasi 35 ppm volume, atau 8 jam untuk 25 ppm volume. Kontak dengan gas amonia berkonsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan paru-paru dan bahkan kematian. Sekalipun amonia di AS diatur sebagai gas tak mudah terbakar, amonia masih digolongkan sebagai bahan beracun jika terhirup, dan pengangkutan amonia berjumlah lebih besar dari 3.500 galon (13,248 L) harus disertai surat izin.

Amonia yang digunakan secara komersial dinamakan amonia anhidrat. Istilah ini menunjukkan tidak adanya air pada bahan tersebut. Karena amonia mendidih di suhu $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, cairan amonia harus disimpan dalam tekanan tinggi atau temperatur amat rendah. Walaupun begitu, kalor penguapannya amat tinggi sehingga dapat ditangani dengan tabung reaksi biasa di dalam sungkup asap. "Amonia rumah" atau amonium hidroksida adalah larutan NH_3 dalam air. Konsentrasi larutan tersebut diukur dalam satuan baumé. Produk larutan komersial amonia berkonsentrasi tinggi biasanya memiliki konsentrasi 26 derajat baumé (sekitar 30 persen berat amonia pada $15.5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Amonia yang berada di rumah biasanya memiliki konsentrasi 5 hingga 10 persen berat amonia.

Bahan baku ammonia :

- H_2 dari sintesis gas
- N_2 dari udara pada sintesis gas

Sifat fisik dan sifat kimia bahan baku.

a. Nitrogen.

Sifat Fisik:

- Rumus molekul : N_2
- Massa jenis / fase : ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$; 101,325 kPa) 1.251 g/L/
(Gas)
- Titik didih : $-195.8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Titik lebur : $-209.86\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tekanan kritis : 33.05 atm

- Temperatur kritis : 126 °C
- Kalor peleburan : (N₂) 0.720 kJ/mol
- Kapasitas Kalor : (25 °C) (N₂) 29.124 J/(mol·K)

Tekanan uap						
APa	1	10	100	1 k	10 k	100 k
pada 77K	37	41	46	53	62	77

Sifat Kimia:

- Ikatan rangkap tiga nitrogen yang sangat kuat menyebabkan N₂ cenderung inert.
- Nitrogen adalah zat non logam, dengan elektronegatifitas 3.0. Mempunyai 5 elektron di kulit terluarnya. Ikatan rangkap tiga dalam molekul gas nitrogen (N₂) adalah yang terkuat. Nitrogen mengembun pada suhu 77K (-196°C) pada tekanan atmosfer dan membeku pada suhu 63K (-210°C).

b. Hidrogen.

Sifat Fisik :

Rumus molekul : H₂

Fase : gas

Berat Molekul : 2.016 g/mol

Titik didih : -252.6 °C

Titik lebur : -259.2 °C

Titik kritis : 32,97 K, 1,293 MPa

Kalor peleburan : (H₂) 0,117 kJ·mol⁻¹

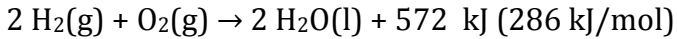
Kapasitas kalor : (25 °C) (H₂) 28,836 J·mol⁻¹·K⁻¹

Densitas : 0.08988 g/cm³

Tekanan uap						
APa	1	10	100	1 k	10 k	100 k
pada 77K					15	20

Sifat Kimia :

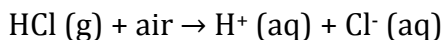
Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol .
Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



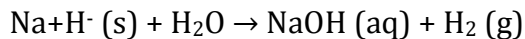
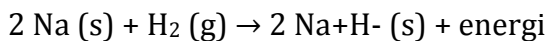
Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom $1,00794 \text{ amu}$, hidrogen adalah unsur teringan di dunia.

Kelarutan dan karakteristik hidrogen dengan berbagai macam logam merupakan subyek yang sangat penting dalam bidang metalurgi (karena perapuhan hidrogen dapat terjadi pada kebanyakan logam) dan dalam riset pengembangan cara yang aman untuk menyimpan hidrogen sebagai bahan bakar. Hidrogen sangatlah larut dalam berbagai senyawa yang terdiri dari logam tanah nadir dan logam transisi dan dapat dilarutkan dalam logam kristal maupun logam amorf. Kelarutan hidrogen dalam logam disebabkan oleh distorsi setempat ataupun ketidakmurnian dalam kekisi hablur logam.

Reaksi dengan halogen : $\text{H}_2 (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{HCl} (\text{g})$



Dengan Logam Golongan Alkali



B. POKOK-POKOK ISI

1. Industri Ammonia
2. Industri Urea
3. Industri Ammonium Nitrat
4. Industri asam Nitrat

1. Industri NH₃

Sifat fisik dan sifat kimia produk.

- Rumus molekul : NH₃
- Penampilan : Gas tak berwarna, berbau tajam
- Berat molekul : 17.03 g/mol
- Temperatur kritis : 132.40 °C
- Tekanan kritis : 111.3 atm
- Titik didih : 33.15 °C
- Titik leleh : -77.7 °C
- Kelarutan dalam air : 89.9 g/100 ml pada 0 °C.
- Keasaman (pKa) : 9.25
- Kebasaan (pKb) : 4.75
- Viskositas (25 °C) : 13.35 Cp

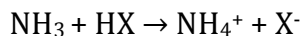
Sifat kimia:

Atom nitrogen dalam molekul tersebut memiliki pasangan elektron mandiri , yang membuat amonia dengan dasar , akseptor proton. Bentuk ini memberikan sebuah molekul dipol sesaat dan membuatnya kutub. Polaritas molekul dan, terutama, kemampuannya untuk membentuk ikatan hidrogen , amonia membuat sangat larut dengan air.

Amonia adalah cukup dasar, 1,0 M larutan berair memiliki pH 11,6 dan jika asam kuat ditambahkan ke solusi tersebut sampai larutan netral (pH = 7), 99,4% dari molekul amonia terprotonasi. Yang terakhir memiliki bentuk teratur tetrahedron dan isoelektronik dengan metana. Hal ini dikenal memiliki kapasitas panas spesifik yang tertinggi dari zat apapun.

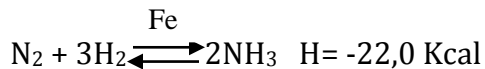
Reaksi amonisasi

Misal pada senyawa halogen :



- Amonia mengalami disosiasi mulai pertama kali pada 400-500 C, pada tekanan 1 atm
- Oksidasi pada suhu yang tinggi dari NH₃ akan menghasilkan N₂ + H₂O $2\text{NH}_3 + 2\text{KMnO}_4 \rightarrow 2\text{KOH} + \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$

Reaksi Kimia.



Data Kuantitatif.

- Basis : 1 ton NH- 85% yield
H₂ : 0,21 ton atau 2000 Nm³
N₂ : 0,96 ton atau 1400 Nm³
Katais sintetis : 0,2 Kg
Kekuatan : 850 KWH
Bahan bakar gas untuk kompresor : 3800 Kcal
Air dingin : 12 ton
- kapasitas : 100-1500 ton per hari dari amonia

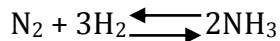
Proses Industri Ammonia.

Amoniak diproduksi dengan mereaksikan gas Hydrogen (H₂) dan Nitrogen (N₂) dengan rasio H₂ : N₂ = 3 : 1

Uraian Proses Pembuatan Amonia dari Sintesis Gas

Bahan proses pembuatan ammonia adalah gas sintesis N₂ dan gas sintesis H₂, dengan perbandingan mol 1 : 3 (1 mol N₂ dan 3 mol H₂). Gas bahan baku dialirkan oleh kompresor ke oil filter. Pada unit oil filter ini, zat-zat yang tidak berguna disaring oleh penyaring berupa minyak, agar zat-zat *impurities* atau pengotor tersebut tidak mencemari proses selanjutnya. Setelah disaring dari oil filter, gas bahan baku masuk ke Feed Guard Converter. Feed Guard Converter ini adalah converter tempat

umpan, dimana pada unit ini umpan akan dimampatkan atau ditekan hingga tekanannya menjadi 100-1000 atm. Dari Feed Guard converter, gas umpan masuk ke reactor. Reactor ini dinding luarnya dilapisi oleh gas pendingin (cold gas), umpan yang masuk ke reactor ini didinginkan hingga suhunya sekitar 500-600°C dengan tekanan 100-1000 atm. Di reactor ini terjadi reaksi antara N₂ dan H₂ menjadi NH₃ dengan ditambahkan katalis Fe atau besi untuk meningkatkan reaksi. Reaksi yang terjadi adalah:



Gas produk hasil reaksi dari reaktor keluar dari reaktor dalam keadaan panas. Untuk mendinginkan gas produk, maka gas produk dialirkan ke water chiller, yaitu tempat pendingin dengan bantuan air dingin. Air dingin masuk ke dalam water chiller untuk mendinginkan gas produk yang ada didalam pipa kompresor, lalu air dingin keluar dari water chiller. Gas produk amonia kemudian mengalir ke separator untuk dipisahkan. Amonia yang terbentuk hasil reaksi ada dalam dua fase, sebagian *liquid* dan sebagian gas. Amonia yang masih berfase gas dikondensasi di NH₃ refrigerent, dan amonia yang berfase *liquid* akan dialirkan masuk ke tempat penyimpanan.

NH₃ yang akan di recycle dialirkan masuk ke *amonia refrigerent*. Di dalam amonia refrigerent, gas amonia didinginkan sampai suhu -15°C sehingga akan terkondensasi, amonia yang telah berfase *liquid* akan dialirkan masuk ke penyimpanan berupa *spherical tank storage*. Amonia yang masih berupa gas dimengalir ke dalam *centrifugal reciqulator* untuk di recycle kembali masuk ke reaktor sehingga akan dihasilkan produk amonia dengan dengan persentase yield 85-90 % dan persentase konversinya 8-30 %. Sebagian gas akan masuk ke saluran pembuangan kecil, untuk mengindari

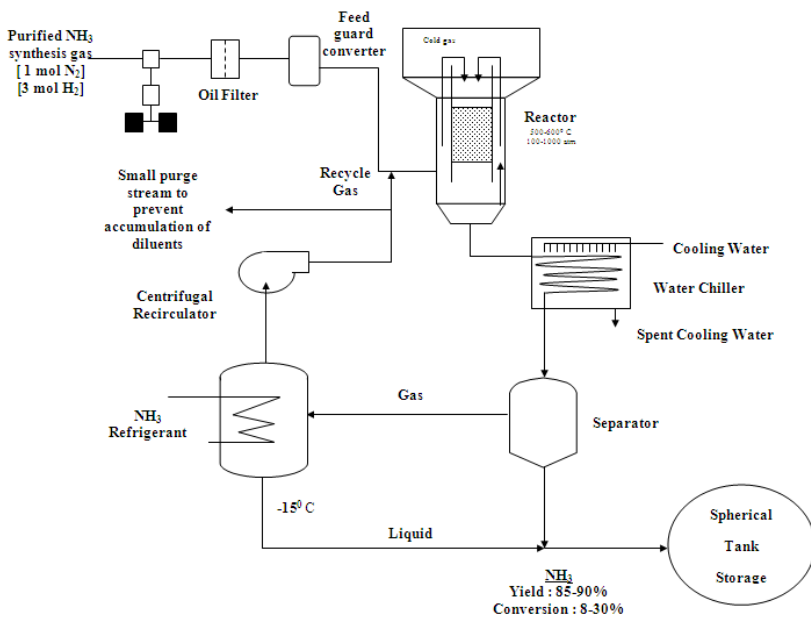
terjadinya penumpukan fluida diluent (fluida yang sulit mengalir).

Pembuatan Amonia di PT. PUSRI

Amoniak diproduksi dengan mereaksikan gas Hydrogen (H_2) dan Nitrogen (N_2) dengan rasio $H_2 : N_2 = 3 : 1$. Pada pembuatan amonia yang dilaksanakan pada industri (PT PUSRI) secara garis besar dibagi menjadi 4 Unit dengan urutan sebagai berikut :

1. Feed Treating Unit dan Desulfurisasi
2. Reforming Unit
3. Purification & Methanasi
4. Synthesa Loop & Amoniak Refrigerant .

Diagram Alir

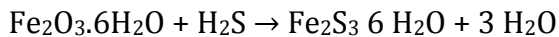


Untuk proses tiap unit dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Feed Treating Unit

Gas alam yang masih mengandung kotoran (impurities), terutama senyawa belerang sebelum masuk ke Reforming Unit harus dibersihkan dahulu di unit ini, agar tidak menimbulkan keracunan pada Katalisator di Reforming Unit. Untuk menghilangkan senyawa belerang yang terkandung dalam gas alam, maka gas alam tersebut dilewatkan dalam suatu bejana yang disebut Desulfurizer. Gas alam yang bebas sulfur ini selanjutnya dikirim ke Reforming Unit. Jalannya proses melalui tahapan berikut :

- a. Sejumlah H_2S dalam feed gas diserap di Desulfurization Sponge Iron dengan sponge iron sebagai media penyerap. Persamaan Reaksi :

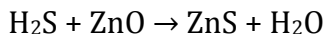


- b. CO_2 Removal Pretreatment Section

Feed Gas dari Sponge Iron dialirkan ke unit CO_2 Removal Pretreatment Section Untuk memisahkan CO_2 dengan menggunakan larutan Benfield sebagai penyerap. Unit ini terdiri atas CO_2 absorber tower, stripper tower dan benfield system.

- c. ZnO Desulfurizer

Seksi ini bertujuan untuk memisahkan sulfur organik yang terkandung dalam feed gas dengan cara mengubahnya terlebih dahulu mejadi Hydrogen Sulfida dan mereaksikannya dengan ZnO. Persamaan Reaksi :



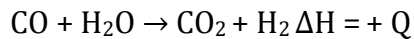
2. Reforming Unit

Di Reforming Unit gas alam yang sudah bersih dicampur dengan uap air, dipanaskan, kemudian direaksikan di Primary Reformer, hasil reaksi yang berupa gas-gas Hydrogen dan Carbon Dioksida dikirim ke Secondary Reformer dan

direaksikan dengan udara sehingga dihasilkan gas-gas Hidrogen , Nitrogen dan Karbon Dioksida Gas-gas hasil reaksi ini dikirim ke Unit Purifikasi dan Methanasi untuk dipisahkan gas karbon dioksidanya. Tahap-tahap reforming unit adalah :

a. Primary Reformer

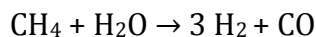
Seksi ini bertujuan untuk mengubah feed gas menjadi gas sintesa secara ekonomis melalui dapur reformer dengan tube-tube berisi katalis nikel sebagai media kontak feed gas dan steam pada temperature (824 °C) dan tekanan (45 – 46 kg/cm²) tertentu . Adapun kondisi operasi acuan adalah perbandingan steam to carbon ratio 3,2 : 1. Persamaan Reaksi :



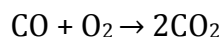
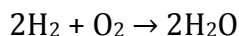
Secara overall reaksi yang terjadi adalah reaksi endothermic sehingga membutuhkan burner dan gas alam sebagai fuel.

b. Secondary Reformer

Gas yang keluar dari primary reformer masih mengandung kadar CH₄ yang cukup tinggi, yaitu 12 – 13 %, sehingga akan diubah menjadi H₂ pada unit ini dengan perantaraan katalis nikel pada temperature 1002,5 °C. Persamaan Reaksi :



Kandungan CH₄ yang keluar dari Secondary reformer ini diharapkan sebesar 0.34 % mol dry basis. Karena diperlukan N₂ untuk reaksi pembentukan Amoniak maka melalui media compressor dimasukkan udara pada unit ini. Persamaan Reaksi :



3. Purification & Methanasi

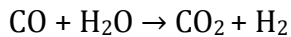
Karbon dioksida yang ada dalam gas hasil reaksi Reforming Unit dipisahkan dahulu di Unit Purification, Karbon dioksida yang telah dipisahkan dikirim sebagai bahan baku Pabrik Urea.

Sisa Karbon dioksida yang terbawa dalam gas proses, akan menimbulkan racun pada katalisator Ammonia Converter, oleh karena itu sebelum gas proses ini dikirim ke Unit Synloop & Refrigeration terlebih dahulu masuk ke Methanator.

Tahap-tahap proses Purification dan methanasi adalah sebagai berikut :

a. High Temperature Shift Converter (HTS)

Setelah mengalami reaksi pembentukan H₂ di Primary dan Secondary Reformer maka gas proses didinginkan hingga temperature 371 °C untuk merubah CO menjadi CO₂ dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Kadar CO yang keluar dari unit ini adalah 3,5 % mol dry basis dengan temperature gas outlet 432 °C- 437 °C.

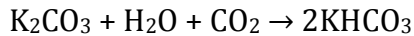
b. Low Temperature Shift Converter (LTS)

Karena tidak semua CO dapat dikonversikan menjadi CO₂ di HTS, maka reaksi tersebut disempurnakan di LTS setelah sebelumnya gas proses didinginkan hingga temperature 210 °C. Diharapkan kadar CO dalam gas proses adalah sebesar 0,3 % mol dry basis.

c. CO₂ Removal

Karena CO₂ dapat mengakibatkan degradasi di Amoniak Converter dan merupakan racun maka senyawa ini harus dipisahkan dari gas synthesa melalui unit CO₂ removal yang terdiri atas unit absorber, striper serta benfield system sebagai media penyerap. System penyerapan di dalam CO₂ absorber ini berlangsung secara counter current, yaitu gas synthesa dari bagian bawah absorber dan larutan benfield dari bagian atasnya. Gas synthesa yang telah dipisahkan CO₂-nya akan keluar dari puncak absorber, sedangkan larutan benfield yang kaya CO₂ akan diregenerasi di unit CO₂ stripper dan dikembalikan ke CO₂ absorber. Sedangkan CO₂

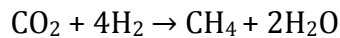
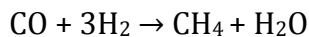
yang dipisahkan digunakan sebagai bahan baku di pabrik urea. Adapun reaksi penyerapan yang terjadi :



d. Methanasi

Gas synthesa yang keluar dari puncak absorber masih mengandung CO₂ dan CO relative kecil, yakni sekitar 0,3 % mol dry basis yang selanjutnya akan diubah menjadi methane di methanator pada temperature sekitar 316 °C.

Persamaan Reaksi :

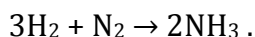


4. Synthesa loop dan Amonik Refrigerant

Gas proses yang keluar dari Methanator dengan perbandingan Gas Hidrogen dan Nitrogen = 3 : 1, ditekan atau dimampatkan untuk mencapai tekanan yang diinginkan oleh Ammonia Converter agar terjadi reaksi pembentukan, uap ini kemudian masuk ke Unit Refrigerasi sehingga didapatkan amoniak dalam fasa cair yang selanjutnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan urea. Tahap-tahap poses Synthesa loop dan Amonik Refrigerant adalah :

a. Synthesis Loop

Gas synthesa yang akan masuk ke daerah ini harus memenuhi persyaratan perbandingan H₂/N₂ = 2,5 – 3 : 1. Gas synthesa pertama-tama akan dinaikkan tekanannya menjadi sekitar 177.5 kg/cm² oleh syn gas compressor dan dipisahkan kandungan airnya melalui sejumlah K.O. Drum dan diumpankan ke Amoniak Converter dengan katalis promoted iron. Persamaan Reaksi :



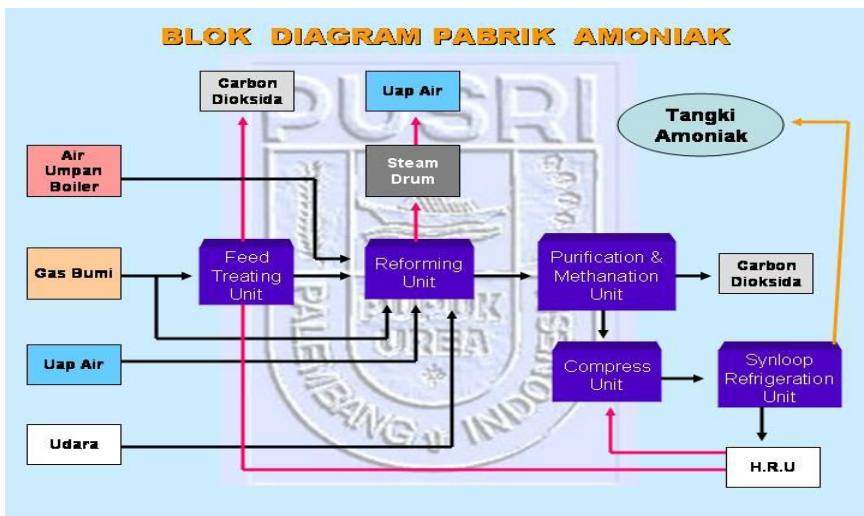
Kandungan Amoniak yang keluar dari Amoniak Converter adalah sebesar 12,05-17,2 % mol.

b. Amoniak Refrigerant

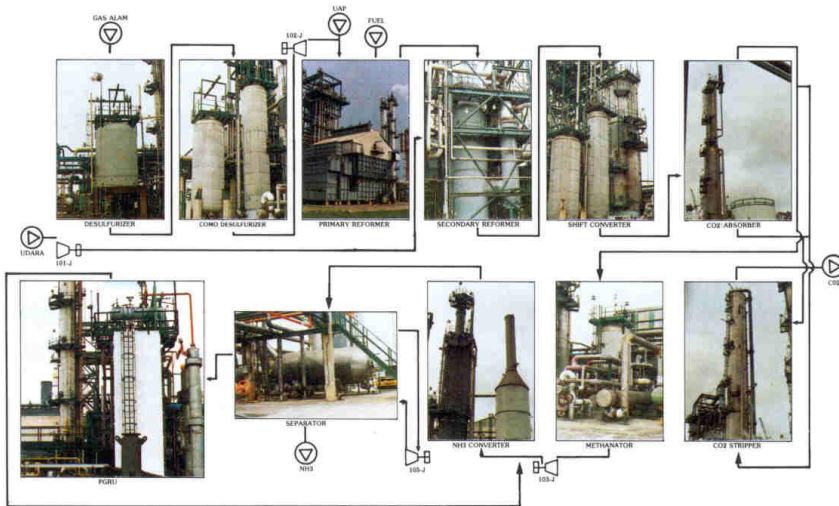
Amoniak cair yang dipisahkan dari gas synthesa masih mengandung sejumlah tertentu gas-gas terlarut. Gas-gas inert ini akan dipisahkan di seksi Amoniak Refrigerant yang berfungsi untuk Mem-flash amoniak cair berulang-ulang dengan cara menurunkan tekanan di setiap tingkat flash drum untuk melepaskan gas-gas terlarut, sebagai bagian yang integral dari refrigeration, chiller mengambil panas dari gas synthesa untuk mendapatkan pemisahan produksi amoniak dari Loop Synthesa dengan memanfaatkan tekanan dan temperature yang berbeda di setiap tingkat refrigeration.

5. Produk Amoniak

Produk Amoniak yang dihasilkan terdiri atas dua, yaitu Warm Ammonia Product (30 °C) yang digunakan sebagai bahan baku untuk pabrik urea, Cold Ammonia Product (-33 °C) yang disimpan dalam Ammonia Storage Tank. Blok Diagram sederhana proses pembuatan ammonia pada PT PUSRI dapat digambarkan pada gambar 5



Gambar 5. Diagram Alir Proses Pembuatan Amonia PT.PUSRI



Gambar 6. Peralatan Proses Pembuatan Ammonia PT. PUSRI

Kegunaan Produk.

1. Ammonia berguna dalam pembuatan polimer dan bahan letupan.
2. Kegunaan dari amonia adalah pembuatan es, membuat HNO_3 , garam-garam amonium, dan sabun amonia.
3. Larutan ammonia digunakan untuk pembersih, pemutih dan mengurangi bau busuk. Larutan pembersih yang dijual kepada konsumen menggunakan larutan ammonia hidroksida cair sebagai agen pembersih utama.
4. Ammonia sangat sesuai digunakan sebagai bahan penyejuk udara, kerana ammonia mudah berubah bentuk menjadi cair dalam tekanan. Oleh itu, ammonia digunakan dalam hampir semua penyejuk udara sebelum diciptakan penyejuk udara yang menggunakan freon. Freon tidak berbahaya dan tidak toksik, tetapi Freon bias menyebabkan pengikisan lapisan ozon. Sekarang, penggunaan ammonia sebagai bahan penyejuk udara meningkat kembali.

5. Ammonia digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan urea.

RANGKUMAN

1. Amonia merupakan gas yang beracun dan tak berwarna yang mempunyai bau yang khas. Amonia cair dapat digunakan sebagai pelarut non - air untuk reaksi khusus.
2. Bahan baku pembuatan ammonia yaitu N_2 dan H_2 , dengan perbandingan mol 1 mol N_2 berbanding 3 mol H_2 .
3. Reaksi kimia yang terjadi yaitu :
$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 \quad \Delta H = -22,0 \text{ Kcal}$$
Dalam reaksinya digunakan katalis besi atau Fe.
4. Manfaat ammonia antara lain:
 - a. pembuatan polimer dan bahan letupan
 - b. pembuatan es, membuat HNO_3 , garam-garam amonium, dan sabun ammonia
 - c. digunakan untuk pembersih, pemutih dan mengurangi bau busuk
 - d. digunakan sebagai bahan penyejuk udara
 - e. digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan urea

2. INDUSTRI ASAM NITRAT.

Asam nitrat disebut juga aqua fortis dan azotic acid. Asam nitrat merupakan cairan yang tidak berwarna pada temperatur kamar dan tekanan atmosferis. Asam nitrat mempunyai rumus kimia HNO_3 dan merupakan asam yang kuat. Asam nitrat dapat digunakan sebagai pengoksidasi yang kuat. Secara rinci asam nitrat dapat digunakan sebagai : nitrating agent, oxidizing agent, pelarut, katalis dan hydrolizing agent.

Pada awalnya pembuatan asam nitrat dilakukan oleh orang-orang Arab pada abad IX dengan cara distilasi dari campuran cyprus vitriol, salipeter, dan alum dengan

menghasilkan cairan yang kemudian disebut aqua fords. Pada tahun 1798, Milner memaparkan oksidasi amoniak uap dengan kelebihan mangan dioksida dengan hasil nitrogen oksida dan asam. Pada tahun 1824, Henry menghasilkan amoniak dari reaksi langsung oksigen dengan temperatur tinggi. Pada tahun 1784 Cavendish membuat asam dengan cara percikan elektrik dan kelembaban udara. Sedangkan pada tahun 1816 Gay-Lussac dan Berthollet menentukan komposisi asam.

Sampai tahun 1900 asam nitrat diproduksi secara komersil dari potasium nitrat dan kemudian diproduksi dari Sodium nitrat yang direaksikan dengan Asam sulfat dan diproduksi di Chile Amerika Selatan. Selanjutnya proses diganti pada tahun 1903 dengan operasi di Norway yang merupakan pabrik yang sukses pertamaa kali dengan produksi asam nitrat langsung dari nitrogen dan oksigen dengan electric furnace.

Dalam pelaksanaan industri, asam nitrat digunakan pada pabrik plastik, syntetis fiber, nitroglycerine, TNT, cellulose, nitrat dan beberapa bahan nitro organik lainnya. Secara umum asam nitrat banyak digunakan dalam industri pupuk, kenyataannya kurang lebih 65% asam nnitrat diproduksi dengan penambahan amoniak untuk menghasilkan amonium nitrat yang digunakan sebagaai pupuk buatan.

Bahan Baku

Bahan baku dari pembuatan asam nitrat adalah : NH_3 dari proses sintetik amonia, Udara, Platinum-rhodium katalis

Sifat Fisik dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk.

1. NH_3 dari proses sintetik amonia.

Sifat fisik :

- Rumus molekul : NH_3
- Berat molekul : 17.03 g/mol
- Temperatur kritis : 132.40 °C
- Tekanan kritis : 111.3 atm

- Titik didih : 33.15 °C
- Titik leleh : -77.7 °C
- Specific gravity pada acuan udara : 0.5971
- Kelarutan dalam air dingin (0 °C) : 89.9/100
- Kelarutan dalam air panas (100 °C) : 7.4/100
- Viskositas (25 °C) : 13.35 Cp

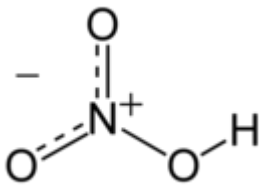
Sifat kimia :

- Reaksi amonisasi
Missal pada senyawa halogen
 $\text{NH}_3 + \text{HX} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{X}^-$
- Amonia mengalami disosiasi mulai pertama kali pada 400-500 C, pada tekanan 1 atm
- Oksidasi pada suhu yang tinggi dari NH_3 akan menghasilkan $\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $2\text{NH}_3 + 2 \text{KMnO}_4 \rightarrow 2\text{KOH} + \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$

2. Asam Nitrat

Sifat fisik dan sifat kimia produk.

Asam Nitrat .



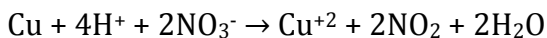
Sifat Fisika.

- Rumus Molekul : [HNO₃](#)
- Berat jenis : 1.522 kg/m³
- Titik beku : -42°C
- Titik didih : 83°C

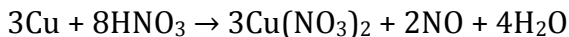
Sifat Kimia.

Sebagai mana asam pada umumnya, asam nitrat bereaksi dengan alkali, oksida basa, dan karbonat untuk membentuk garam, seperti amonium nitrat. Karena memiliki sifat mengoksidasi, asam nitrat pada umumnya tidak menyumbangkan protonnya (yakni, ia tidak membebaskan hidrogen) pada reaksi dengan logam dan garam yang dihasilkan biasanya berada dalam keadaan teroksidasi yang lebih tinggi. Karenanya, perkaratan (korosi) tingkat berat bisa terjadi. Perkaratan bisa dicegah dengan penggunaan logam ataupun aloi anti karat yang tepat.

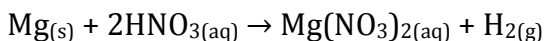
Sebagai sebuah oksidator yang kuat, asam nitrat bereaksi dengan hebat dengan sebagian besar bahan-bahan organik dan reaksinya dapat bersifat eksplosif. Produk akhirnya bisa bervariasi tergantung pada konsentrasi asam, suhu, serta reduktor. Reaksi dapat terjadi dengan semua logam kecuali deret logam mulia dan aloi tertentu. Karakteristik ini membuat asam nitrat menjadi agen yang umumnya digunakan dalam uji asam. Sebagai kaidah yang umum, reaksi oksidasi utamanya terjadi dengan asam pekat, memfavoritkan pembentukan nitrogen dioksida (NO₂).



Sifat-sifat asam cenderung mendominasi pada asam nitrat encer, diikuti dengan pembentukan nitrogen oksida (NO) yang lebih diutamakan.



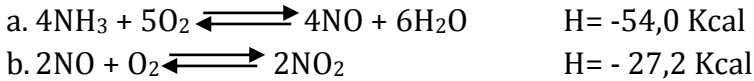
Karena asam nitrat merupakan oksidator, hidrogen (H₂) jarang terbentuk. Hanya magnesium (Mg), mangan (Mn), dan kalsium (Ca) yang bereaksi dengan asam nitrat *dingin* dan *encer* yang dapat menghasilkan hidrogen:



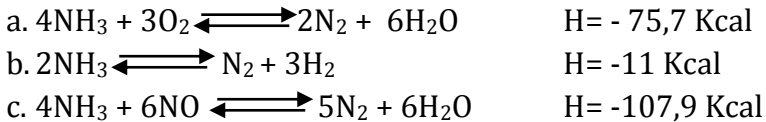
Asam nitrat mampu menyerang dan melarutkan semua logam yang ada pada tabel periodik, kecuali emas dan platina.

Reaksi Kimia.

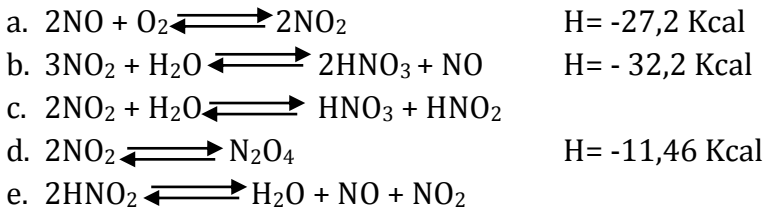
- Oksidasi amonia – reaksi utama



- Oksidasi amonia – reaksi sampingan



- Nitro oksidasi dan absorpsi



Data Kuantitatif

- Basis 1 ton HNO_3 (100%)
 - Anhydrous NH_3 : 0,287-0,290 ton
 - Udara : 3000 Nm
 - Platinum (2-10%) : 0,1 gm
 - Air : 120 ton
 - Power : 10-30 KWH
 - kapasitas plant : 50-250 ton per hari

Klasifikasi Proses Industri Asam Nitrat.

1. Proses oksidasi amonia

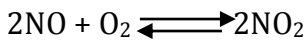
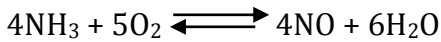
Untuk produk 90%. Proses ini mempunyai 4 tahap:

- Oksidasi dari NH_3 ke NO_2
- Oksidasi dari NO ke NO_2
- Absorpsi dari NO_2 dalam air
- Konsentrasi dari HNO_3

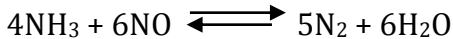
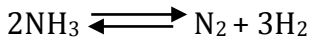
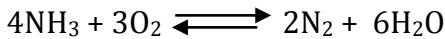
Uraian Proses.

Pada pembuatan asam nitrat dengan proses oksidasi ammonia ini bahan bakunya adalah Amonia dari sintesis gas, udara yang telah di saring, dan katalis berupa platina-rhodium. Bahan baku ammonia mengalir dari NH₃ storage dan udara dikompresi pada 100 psi atau 3.5 atm, dengan persentase volume 90% udara dan 10% NH₃. Bahan baku diumpankan ke reactor, dimana pada reactor ini terjadi reaksi oksidasi ammonia.

Reaksi Utama:



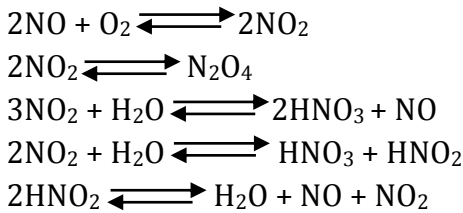
Reaksi sampingan:



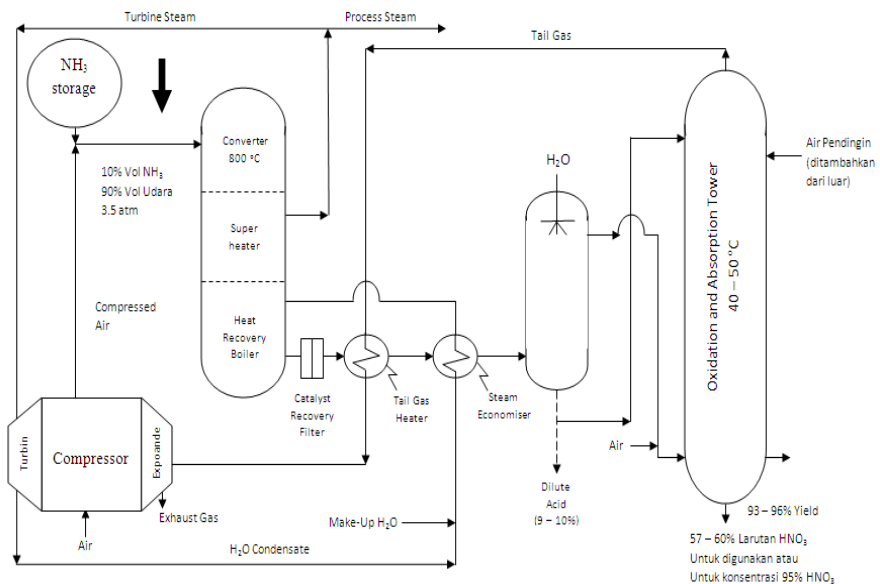
Campuran NH₃ dan udara dilewatkan melalui kumparan platina yang dipanaskan pada temperatur 800 °C, sehingga menghasilkan Nitrogen Oksida (NO). Nitrogen oksida ini kemudian direaksikan dengan oksigen sehingga menghasilkan Nitrogen dioksida (NO₂). Terjadi juga reaksi sampingan, dimana sebagian ammonia (NH₃) yang direaksikan dengan O₂ menjadi gas N₂ dan air, sebagian NH₃ terurai kembali menjadi N₂ dan H₂, dan sebagian NH₃ bereaksi dengan NO menghasilkan N₂ dan air. Air yang berupa uap panas hasil reaksi akan dikeluarkan masuk ke turbin.

Setelah itu, akan terjadi pemanasan dan akan mengalir ke *catalyst recovery filter*, untuk menyaring katalis platina yang ikut didalam aliran. Selanjutnya dipanaskan di *tail gas heater* lalu dipanaskan di *steam economizer*. Kemudian dimasukkan ke tangki, di dalam tangki disemprotkan H₂O. Cairan *dilute acid* berupa HNO₂ dan HNO₃ dengan konsentrasi 9-10% dikeluarkan

bersama air. Selanjutnya dari tangki ini produk akan mengalir masuk ke tower oksidasi absorpsi dengan dijaga suhunya suhunya 40-50 °C dan terjadi reaksi:



Flowsheet.



Udara dimasukkan ke aliran menuju tower, untuk mengoksidasi NO menjadi NO_2 . Dari atas tower diberikan air pendingin. NO_2 kemudian mengalami disproporsionasi dalam larutan membentuk HNO_3 dan NO , dan sebagian kecil menjadi HNO_2 . NO_2 pada tower ini juga membentuk N_2O_4 , dan HNO_2 terurai menjadi H_2O , NO , dan NO_2 . Tail gas, berupa NO , NO_2 , N_2 , dan H_2 yang masih dalam kondisi panas dialirkan ke tail gas heater untuk membantu proses pemanasan, lalu keluar melalui

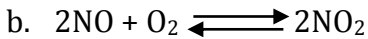
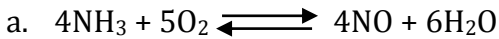
expander. Asam Nitrat yang dihasilkan memiliki konsentrasi 57 – 60%, dengan persen yield 93 – 96%. Asam nitrat ini dapat juga digunakan untuk proses peningkatan konsentrasi asam nitrat menjadi 95% dengan proses-proses tertentu.

Kegunaan Produk.

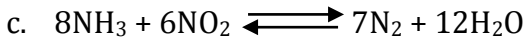
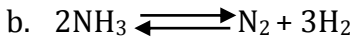
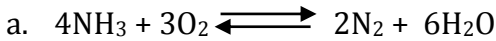
1. Asam nitrat digunakan sebagai bahan baku pembuatan berbagai bahan peledak, diantaranya trinitrotoluena atau TNT.
2. Digunakan pula dalam proses pemurnian logam. Sebagai contoh platina, emas dan perak.
3. HNO₃ digunakan dalam proses desain barang-barang berbahan tembaga, perunggu dan kuningan.
4. Campuran antara asam klorida pekat dan asam nitrat pekat, dengan perbandingan 3:1, biasa digunakan sebagai pelarut logam mulia, yaitu emas dan platina. Campuran tersebut biasa disebut dengan Aqua Regia atau air raja.
5. HNO₃ digunakan pula untuk menghilangkan atau membersihkan peralatan proses dari kerak kalsium dan magnesium yang menempel di dalamnya.
6. sebagai *nitrating agent*, *oxidizing agent*, pelarut, katalis dan *hydrolyzing agent*.
7. sebagai bahan baku industry pupuk buatan
8. sebagai bahan baku industry *synthetic fibre* dan industry plastic.

RANGKUMAN

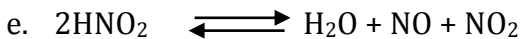
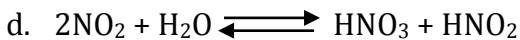
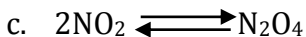
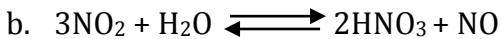
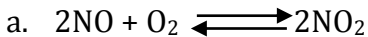
1. Asam nitrat cairan korosif yang tak berwarna, dan merupakan asam beracun yang dapat menyebabkan luka bakar.
2. Bahan baku pembuatan asam nitrat yaitu ammonia, udara. Dan katalis yang digunakan yaitu platinum rhodium.
3. Reaksi yang terjadi yaitu
 - Reaksi oksidasi ammonia



- Reaksi oksidasi amonia sampingan



- Reaksi di tower oksidasi dan absorpsi



4. Asam nitrat digunakan untuk membuat pupuk-pupuk buatan NH_4NO_3 dan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, bahan baku peledak, pemurnian logam, proses desain barang-barang berbahan tembaga, perunggu dan kuningan, dan untuk menghilangkan atau membersihkan peralatan proses dari kerak kalsium dan magnesium yang menempel di dalamnya.

3. INDUSTRI UREA

Pupuk Urea yang dikenal dengan nama rumus kimianya NH_2CONH_2 pertama kali ditemukan pada tahun 1773 oleh kimiawan Perancis Hillaire Rouelle. secara sintesis oleh Frederich Wohler tahun 1928 dengan mereaksikan garam cyanat dengan ammonium hydroxide. Urea Pada 1828, hanya 55 tahun setelah penemuannya, menjadi senyawa organik sintesis pertama yang dirumuskan, kali ini oleh seorang ahli kimia Jerman bernama Friedrich Wöhler, salah satu Pelopor kimia organik. Urea, juga disebut karbamide, adalah sebuah senyawa kimia organik yang pada dasarnya merupakan limbah yang dihasilkan ketika tubuh memetabolisme protein. Ini adalah senyawa tidak hanya diproduksi oleh manusia tetapi juga oleh mamalia lainnya, serta beberapa amfibi dan ikan.

Urea adalah senyawa alami pertama yang disintesis secara artifisial menggunakan senyawa-sebuah anorganik terobosan ilmiah.

Molekul urea adalah planar dalam struktur kristal, tapi geometri di sekitar nitrogen adalah piramidal dalam struktur fase gas minimum energi. Dalam urea padat, pusat oksigen yang terlibat dalam dua NHO [ikatan hidrogen](#) . Para padat dan energetik yang dihasilkan hidrogen-ikatan jaringan mungkin didirikan pada biaya pengepakan molekul yang efisien: struktur ini cukup terbuka, pita membentuk terowongan dengan penampang persegi. Karbon dalam urea digambarkan sebagai hibridisasi sp^2 , obligasi CN memiliki karakter ikatan ganda yang signifikan, dan oksigen karbonil adalah dasar dibandingkan dengan, katakanlah, [formaldehida](#) . Kelarutan tinggi berair urea mencerminkan kemampuannya untuk terlibat dalam ikatan hidrogen yang luas dengan air.

Berdasarkan kecenderungan untuk membentuk kerangka berpori, urea memiliki kemampuan untuk menjebak banyak senyawa organik. Dalam apa yang disebut clathrates , organik "tamu" molekul diadakan di saluran yang terbentuk oleh saling heliks terdiri dari hidrogen ikatan molekul urea. Perilaku ini dapat digunakan untuk campuran terpisah, misalnya dalam produksi bahan bakar penerbangan dan minyak pelumas , dan dalam pemisahan parafin.

Sebagai heliks saling berhubungan, semua heliks dalam kristal harus memiliki yang sama kidal molekul . Ini ditentukan ketika kristal yang berinti dan dengan demikian dapat dipaksa oleh penyemaian. Kristal yang dihasilkan telah digunakan untuk memisahkan campuran rasemat.

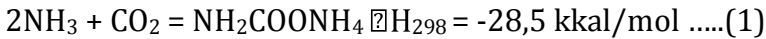
Bahan Baku :

Karbondioksida (CO₂) dan Amoniak (NH₃)

Bahan baku pembuatan urea adalah reaksi antara karbon dioksida (CO₂) dan ammonia (NH₃). Kedua senyawa ini berasal dari bahan gas bumi, air dan udara.

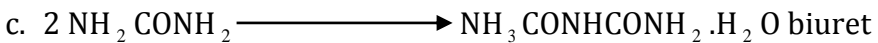
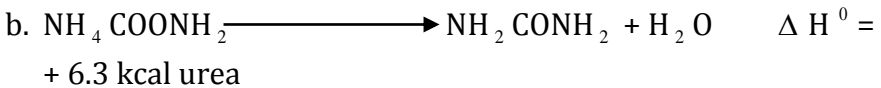
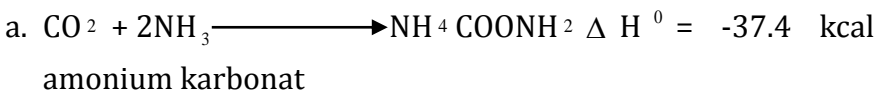
Reaksi Kimia

Reaksi pembuatan urea (NH₂CONH₂) terdiri atas dua tingkat yaitu reaksi pembentukan *Ammonium Karbamat* (NH₂COONH₄) dan reaksi penguraian *Ammonium Karbamat* menjadi urea dan air. *Ammonium Karbamat* dibuat dari *Amoniak* (NH₃) dan *Karbondioksida* (CO₂) menurut reaksi sebagai berikut:



Reaksi ini merupakan reaksi eksotermis yang berlangsung cepat (mengeluarkan panas dan kesetimbangan karbamat cepat tercapai). Dalam fase cair *Ammonium Karbamat* akan didehidrasi menjadi Urea dan Air. Reaksi penguraian *Ammonium Karbamat* bersifat endotermis (membutuhkan panas) dan berlangsung lebih lambat.

Reaksi yang berlangsung dalam pembuatan pupuk urea :



Data kuantitatif

Bahan	Tahap awal	Daur ulang sebagian	Daur ulang keseluruhan
NH ₃ , ton	1.15	0.88	0.60
CO ₂ , ton	1.47	0.91	0.77
Daya, KWH	210	165	145
Pendingin H ₂ O, ton	120	70	110
Uap, ton	1.8	2.0	2.4

PROSES PEMBUATAN UREA

Bahan baku : Gas CO₂ dan Liquid NH₃ yang di supply dari Pabrik Amoniak

Proses pembuata Urea di bagi menjadi 6 Unit yaitu :

1. Sintesa Unit
2. Purifikasi Unit
3. Kristaliser Unit
4. Prilling Unit
5. Recovery Unit
6. Proses Kondensat Treatment Unit

1. Sintesa Unit

Unit ini merupakan bagian terpenting dari pabrik Urea, untuk mensintesa dengan mereaksikan Liquid NH₃ dan gas CO₂ didalam Urea Reaktor dan kedalam reaktor ini dimasukkan juga larutan Recycle karbamat yang berasal dari bagian Recovery.

Tekanan operasi disintesa adalah 175 Kg/Cm² G. Hasil Sintesa Urea dikirim ke bagian Purifikasi untuk dipisahkan Ammonium Karbamat dan kelebihan amoniannya setelah dilakukan Stripping oleh CO₂.

2. Purifikasi Unit

Amonium Karbamat yang tidak terkonversi dan kelebihan A diuraikan dan dipisahkan dengan cara penurunan tekanan dan step penurunan tekanan, yaitu pada 17 Kg/Cm² G. dan 22,2 Kg berupa gas CO₂ dan NH₃ dikirim ke bagian recovery, sedangkan ke bagian Kristaliser.

3. Kristaliser Unit

Larutan Urea dari unit Purifikasi dikristalkan di bagian ini secara vacuum. Kristal Ureanya dipisahkan di Centrifuge. Panas yang diperlukan untuk reheat air diambil dari panas Sensibel Larutan Urea, maupun panas kristalisasi Urea yang diambil dari sirkulasi Urea Slurry ke HP Absorber dari Recovery.

4. Prilling Unit

Kristal Urea keluaran Centrifuge dikeringkan sampai menjadi 99,8 % ke udara panas, kemudian dikirimkan ke bagian atas prilling tower untuk didistribusikan merata ke distributor, dan dari distributor dijatuhkan ke bagian bawah didinginkan oleh udara dari bawah dan menghasilkan produk Urea b. Produk Urea dikirim ke Bulk Storage dengan Belt Conveyor

5. Recovery Unit

Gas Ammonia dan Gas CO₂ yang dipisahkan di bagian Purifikasi diambil kembali dengan 2 Step absorpsi dengan menggunakan Mother Liquor sebagai absorben, kemudian direcycle kembali ke bagian Sintesa.

6. Proses Kondensat Treatment Unit

Uap air yang menguap dan terpisahkan dibagian Kristalliser didinginkan dan dikondensasikan. Sejumlah kecil Urea, NH_3 dan CO_2 ikut kondensat kemudian diolah dan dipisahkan di Strpper dan Hydroliser. Gas CO_2 dan gas NH_3 nya dikirim kembali ke bagian purifikasi untuk direcover. Sedang air kondensatnya dikirim ke Utilitas.

Pertemuan antara gas yg sudah diproses dengan air dan udara pada unit sintesa ini menghasilkan tiga unsur kimia penting, yaitu unsur gas N_2 (zat lemas), unsur zat air (H_2), dan unsur gas asam arang (CO_2), Ketiga unsur kimia penting ini kemudian dilanjutkan prosesnya. Zat lemas (N_2) dan zat air (H_2) bersama-sama mengalir menuju Unit Sintesa Urea. Pada sintesa amoniak, zat lemas (N_2) dan zat air (H_2) diproses menghasilkan amoniak (NH_3). Gas asam arang (CO_2), yang dihasilkan pada unit Sintesa Gas, kemudian bereaksi dengan amoniak pada unit Sintesa Urea. Hasil reaksi ini adalah butir-butir urea yang berbentuk jarum dan sangat menyerap air.

Oleh karena itu proses pembuatan dilanjutkan lagi pada Menara Pembutir, dimana bentuk butir-butir tajam itu diubah dengan suatu tekanan yang tinggi menjadi butir-butir Urea bulat yang berukuran 1 sampai 2 milimeter sehingga mempermudah petani menabur dan menebarkannya pada sawah-sawah mereka. Pada umumnya, butir-butir Urea itu dibungkus dengan karung plastik dengan berat 50 Kilogram.

RANGKUMAN

Proses Kimia Pembuatan Amoniak dan Urea

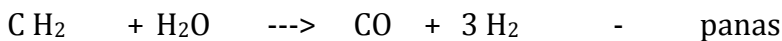
Pupuk Urea yang dikenal dengan nama rumus kimianya $\text{N H}_2\text{CON H}_2$ pertama kali dibuat secara sintetis oleh Frederich Wohler tahun 1928 dengan mereaksikan garam cyanat dengan ammonium hydroxide.

Pupuk urea yang dibuat PT Pusri merupakan reaksi antara karbon dioksida (CO₂) dan ammonia (NH₃). Kedua senyawa ini berasal dari bahan gas bumi, air dan udara. Ketiga bahan baku tersebut merupakan kekayaan alam yang terdapat di Sumatera Selatan.

Pada proses pembuatan amoniak dengan tekanan rendah dalam reaktor (± 150 atmosfer) yaitu dengan reaksi reforming merubah CO menjadi CO₂, penyerapan CO₂ dan metanasi. Reaksi reforming ini dilakukan dalam 2 tingkatan yaitu :

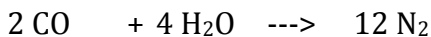
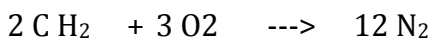
Tingkat Pertama :

Gas bumi dan uap air direaksikan dengan katalis melalui piap-pipa vertikal dalam dapur reforming pertama dan secara umum reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Tingkat Kedua :

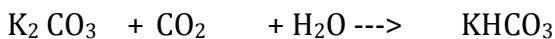
Udara dialirkan dan bercampur dengan arus gas dari reformer pertama di dalam reformer kedua, hal ini dimaksudkan untuk menyempurnakan reaksi reforming dan untuk memperoleh campuran gas yang mengandung nitrogen (N)



lalu campuran gas sesudah reforming direaksikan dengan H₂O di dalam converter CO untuk mengubah CO menjadi CO₂

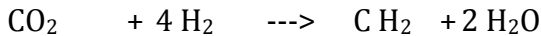
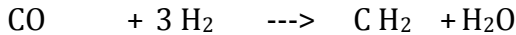


CO₂ yang terjadi dalam campuran gas diserap dengan K₂CO₃

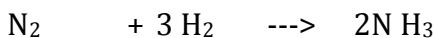


larutan KHCO₃ dipanaskan guna mendapatkan CO₂ sebagai bahan baku pembuatan urea.

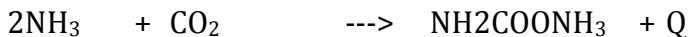
Setelah CO₂ dipisahkan, maka sisa-sisa CO, CO₂ dalam campuran gas harus dihilangkan yaitu dengan cara mengubah zat-zat itu menjadi C H₄ kembali



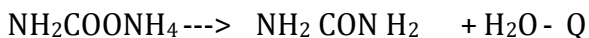
Lalu kita mensitesa nitrogen dengan hidrogen dalam suatu campuran ganda pada tekanan 150 atmosfer dan kemudian dialirkan ke dalam converter amoniak.



Setelah didapatkan CO₂ (gas) dan NH₃ (cair), kedua senyawa ini direaksikan dalam reaktor urea dengan tekanan 200-250 atmosfer.



Amoniak	karbon dioksida	ammonium karbamat
---------	--------------------	----------------------



Reaksi ini berlangsung tanpa katalisator dalam waktu ±25 menit. Proses selanjutnya adalah memisahkan urea dari produk lain dengan memanaskan hasil reaksi (urea, biuret, ammonium karbamat, air dan amoniak kelebihan) dengan penurunan tekanan, dan temperatur 120-165 derajat Celsius, sehingga ammonium karbamat akan terurai menjadi NH₃ dan CO₂, dan kita akan mendapatkan urea berkonsentrasi 70-75%.

Untuk mendapatkan konsentrasi urea yang lebih tinggi maka dilakukan pemekatan dengan cara:

1. Penguapan larutan urea di bawah vacuum (ruang hampa udara, tekanan 0,1 atmosfer mutlak), sehingga larutan menjadi jenuh dan mengkristal.
2. Memisahkan kristal dari cairan induknya dengan centrifuge
3. Penyaringan kristal dengan udara panas

Untuk mendapatkan urea dalam bentuk butiran kecil, keras,

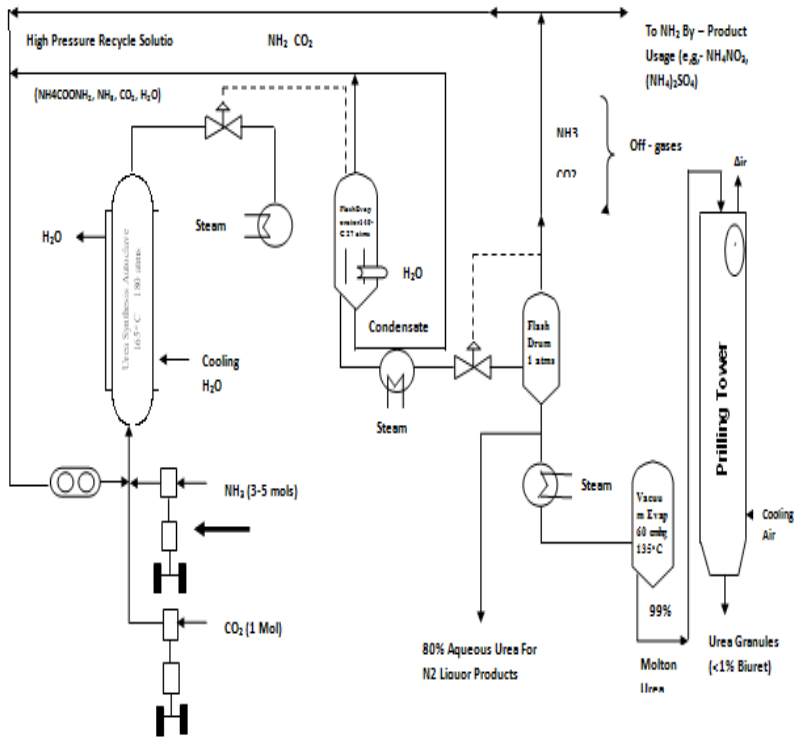
padat maka kristal urea dipanaskan kembali sampai meleleh dan urea cair lalu disemprotkan melalui nozzle-nozzle kecil dari bagian atas menara pembutir (prilling tower).

Sementara tetesan urea yang jatuh melalui nozzle tersebut, dihembuskan udara dingin ke atas sehingga tetesan urea akan membeku dan menjadi butir urea yang keras dan padat.

URAIAN PROSES

Amonia dan CO_2 yang bertekanan secara terpisah dialirkan menuju autoclave bertekanan tinggi, dimana pada tahap ini juga ditambahkan air pendingin karena reaksi keduanya bersifat eksoterm. Reaksi yang berlangsung di dalam autoclave rata-rata selama 1,5-2 jam, yang dioperasikan secara terus menerus. Campuran urea, amonium karbamat, H_2O , dan hasil $\text{NH}_3 + \text{CO}_2$ tidak bereaksi. Limbah cair ini dibiarkan turun pada tekanan 27 atm dan diumpan ke evaporator sederhana, yang khusus berisi pemisah gas cair dan kondensor.

FLOW SHEET



NH₃ yang tidak bereaksi, CO₂, dan H₂O akan mengalami proses daur ulang sebagian. Larutan karbamat-urea akan diteruskan ke tangki atmosfer sederhana, dimana dekomposisi karbamat lebih lanjut akan terjadi. Gas pada tahap ini bisa didaur ulang lagi atau mengalami daur ulang keseluruhan atau dikirim ke proses NH₃ untuk membuat pupuk kimia.

KEGUNAAN PRODUK (UREA)

- 1) Urea adalah bahan baku untuk pembuatan banyak senyawa kimia penting, seperti :
 - a. Berbagai plastik , terutama urea formaldehida resin.
 - b. Berbagai perekat, seperti urea-formaldehida atau urea melamin
 - c. formaldehida digunakan di laut kayu lapis .
 - d. Kalium cyanate , bahan baku industri lainnya.
- 2) Urea dapat digunakan untuk membuat nitrat urea , sebuah ledak tinggi yang digunakan industri dan sebagai bagian dari beberapa alat peledak improvisasi .
- 3) Urea digunakan untuk mengurangi Nox polutan dalam gas buang dari pembakaran dari diesel , bahan bakar ganda, dan bersandar-bakar gas alam mesin.
- 4) Urea yang mengandung krim topikal digunakan sebagai dermatologis untuk mempromosikan produk rehidrasi dari kulit.
- 5) Urea digunakan juga dalam industri, urea dihasilkan dari sintetis amonia dan karbondioksida . Jumlah besar karbon dioksida yang dihasilkan selama pembuatan amonia dari batubara atau dari hidrokarbon seperti gas alam dan minyak bumi yang berasal bahan baku. Sumber titik seperti CO₂ memfasilitasi sintesis langsung urea.
$$2 \text{ NH}_3 + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{H}_2\text{N-COONH}_4$$
- 6) Kegunaan urea pada tanaman yaitu unsur hara nitrogen yang dikandung dalam pupuk urea sangat besar kegunaannya bagi tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan,yaitu
 - a. membuat daun tanaman lebih hijau segar dan banyak mengandung butir hijau daun (chlorophyl) yang mempunyai peranan sangat penting dalam proses fotosintesa,

- b. mempercepat pertumbuhan tanaman (tinggi, jumlah anakan, cabang dan lain-lain),
 - c. menambah kandungan protein tanaman,
 - d. dapat dipakai untuk semua jenis tanaman baik tanaman pangan, hortikultura, tanaman perkebunan, usaha peternakan dan usaha perikanan.
- 7) Urea dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan bahan kimia banyak yang penting
 - 8) Urea prill digunakan untuk tanaman pangan dan industri.
 - 9) Urea granul digunakan untuk tanaman perkebunan.
 - 10) Urea juga digunakan sebagai bahan baku untuk produksi pupuk majemuk.
 - 11) Urea digunakan sebagai bahan baku atau penunjang dalam industri farmasi, pada fermentasi pembuatan bir dan industri, dan industri minyak bumi.

FUNGSI ALAT

- a. Autoklave adalah tempat berlangsungnya reaksi atau sama fungsinya seperti reaktor.
- b. cooling adalah sebagai pendingin pada reaksi antara CO_2 dan NH_3
- c. flash evaporator
- d. flash drum
- e. vacuum evaporator adalah alat untuk proses penguapan larutan urea di bawah vacuum (ruang hampa udara, tekanan 0,1 atmosfer mutlak), sehingga larutan menjadi jenuh dan mengkristal.
- f. prilling tower adalah menara yang digunakan untuk mengubah bentuk butir-butir tajam menjadi butir-butir urea bulat yang berukuran 1 sampai 2 milimeter dengan suatu tekanan yang tinggi.

RANGKUMAN

Urea adalah suatu senyawa organik yang terdiri dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dengan rumus CON_2H_4 atau $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Urea juga dikenal dengan nama carbamide yang terutama digunakan di kawasan Eropa. Nama lain yang juga sering dipakai adalah carbamide resin, isourea, carbonyl diamide dan carbonyldiamine. Senyawa ini adalah senyawa organik sintesis pertama yang berhasil dibuat dari senyawa anorganik, yang akhirnya meruntuhkan konsep vitalisme.

4. INDUSTRI AMONIUM NITRAT

Sebelum Perang Dunia I, material peledak telah diteliti oleh para ilmuwan. Sejak saat itu, sistem pembuatan bahan peledak mulai dikembangkan hingga sekarang. Perkembangan bahan peledak mencapai puncaknya pada Perang Dunia I, dimana amonium nitrat menjadi salah satu zat yang diteliti dan dikembangkan untuk maksud ini. Ditemukan bahwa amonium nitrat sangat berpotensi dalam hal peledakan. Hal ini terbukti dari penggunaannya dan produksinya yang mencapai skala besar pada saat Perang Dunia I untuk kepentingan militer. Sampai sekarang pun, amonium nitrat masih digunakan dimana penggunaannya merambah bidang non-militer. Karena sifatnya yang berbahaya, maka penggunaannya harus memperhatikan faktor-faktor keamanan.

Amonium nitrat, senyawa dengan rumus molekul NH_4NO_3 secara umum berbentuk padatan pada suhu ruangan dan tekanan standard. Sesuai dengan sifatnya sebagai pengoksidasi, senyawa ini mempunyai berbagai banyak fungsi dalam berbagai bidang. Sejak Perang Dunia I, senyawa ini dikenal sebagai bahan peledak yang berkekuatan tinggi sehingga penggunaannya hingga saat ini masih untuk berbagai kegunaan.

Amonium nitrat mempunyai karakteristik zat yang sangat khas sehingga penggunaannya lebih disukai dalam beberapa bidang, seperti dalam industri roket. Tidak hanya sebagai bahan peledak, amonium nitrat juga mempunyai beberapa fungsi lain yang berguna untuk mensintesis zat kimia lainnya. Namun, jika dilihat berdasarkan sifat, kegunaan, dan sisi histrosinya, maka faktor keamanan pengelolaan senyawa ini patut diperhatikan dan dijaga agar tidak menimbulkan dampak dan efek yang tidak diinginkan.

Penyelidikan akan bahan peledak yang semakin berkembang membawa para ilmuwan-ilmuwan ternama kepada suatu penemuan baru, yaitu ammonium nitrat. Penemuan ini bermula dengan adanya kalium nitrat, suatu senyawa yang mudah meledak jika ditambahkan dengan zat lain. Hal ini membawa pada pembuatan gun powder oleh orang-orang Cina yang kemudian digunakan pada senjata, meriam, dan kembang api. Untuk mempercepat reaksi, para ilmuwan mengembangkan daya ledak yang lebih besar dengan mencampurkan nitrogen, karbon, oksigen, dan hidrogen. Nitrogliserin, zat dengan daya ledak dan kesensifitasan tinggi yang pertama kali ditemukan oleh Alfred Nobel. Zat ini kemudian digunakan sebagai bahan baku dinamit. Sampai saat ini, dinamit masih digunakan, namun sekarang telah digantikan oleh amonium nitrat.

Pertama kali, amonium nitrat disintesis oleh Johann R.Glauber pada tahun 1669 dengan mengombinasikan amonium karbonat dengan asam nitrit. Namun, daya ledaknya tidak ditemukan sampai Perang Dunia I. Sepanjang Perang Dunia I, sistem pembuat ammonium nitrat telah dibangun dan digunakan di Jerman untuk membekali keperluan bahan peledak negara tersebut. Sistem tersebut dapat mensintesis ammonia dengan menggunakan proses Haber-Bosch yang telah dikembangkan oleh peraih Hadiah Nobel, Fritz Haber dan

kemudian diindustrialisasikan oleh peraih Hadiah Nobel, Carl Bosch. Proses tersebut mengombinasikan hidrogen dan nitrogen dibawah tekanan yang sangat tinggi untuk menghasilkan amonia.

Pada akhir perang, kelebihan amonium nitrat dalam jumlah besar dibiarkan ketika mesin sistem pembuat amonium dihentikan. Gundukan besar zat tersebut disimpan di lapangan terbuka; dalam usaha untuk menguraikan zat untuk pembersihan, bahan peledak dimasukkan ke dalam gundukan tersebut. Berlawanan dengan harapan, seluruh gundukan diledakkan dan menghasilkan letusan sebanyak 4500 ton. Kejadian ini menelan korban sebanyak 600 jiwa. Ada dua insiden lain dimana amonium nitrat merupakan sumber bencana yang terjadi di Texas dan Oklahoma.

Bahan baku

Amoniak (NH_3)

Asam Nitrat (HNO_3)

sifat fisik dan kimia bahan baku dan produk

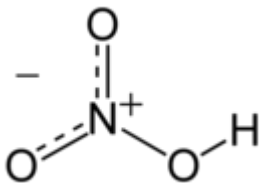
Sifat fisik:

- Rumus molekul : NH_3
- Penampilan : Gas tak berwarna, berbau tajam
- Berat molekul : 17.03 g/mol
- Temperatur kritis : 132.40 °C
- Tekanan kritis : 111.3 atm
- Titik didih : 33.15 °C
- Titik leleh : -77.7 °C
- Kelarutan dalam air : 89.9 g/100 ml pada 0 °C.
- Keasaman (pKa) : 9.25
- Kebasaan (pKb) : 4.75
- Viskositas (25 °C) : 13.35 Cp

Sifat kimia:

- Atom nitrogen dalam molekul tersebut memiliki pasangan elektron mandiri , yang membuat amonia dengan dasar , akseptor proton. Bentuk ini memberikan sebuah molekul dipol sesaat dan membuatnya kutub. Polaritas molekul dan, terutama, kemampuannya untuk membentuk ikatan hidrogen , amonia membuat sangat larut dengan air. Amonia adalah cukup dasar, 1,0 M larutan berair memiliki pH 11,6 dan jika asam kuat ditambahkan ke solusi tersebut sampai larutan netral (pH = 7), 99,4% dari molekul amonia terprotonasi. Yang terakhir memiliki bentuk teratur tetrahedron dan isoelektronik dengan metana. Hal ini dikenal memiliki kapasitas panas spesifik yang tertinggi dari zat apapun.
- Reaksi amonisasi
Missal pada senyawa halogen
$$\text{NH}_3 + \text{HX} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{X}^-$$
- Amonia mengalami disosiasi mulai pertama kali pada 400-500 C, pada tekanan 1 atm
- Oksidasi pada suhu yang tinggi dari NH_3 akan menghasilkan $\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
$$2\text{NH}_3 + 2 \text{KMnO}_4 \rightarrow 2\text{KOH} + \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$$

Asam Nitrat (HNO_3)

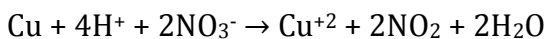


Sifat Fisika.

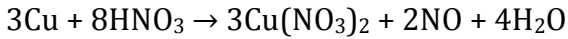
- Rumus Molekul : HNO_3
- Berat jenis : 1.522 kg/m^3
- Titik beku : $-42 \text{ }^\circ\text{C}$
- Titik didih : $83 \text{ }^\circ\text{C}$

Sifat Kimia.

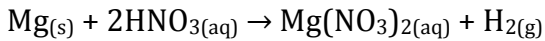
- Sebagai mana asam pada umumnya, asam nitrat bereaksi dengan alkali, oksida basa, dan karbonat untuk membentuk garam, seperti amonium nitrat. Karena memiliki sifat mengoksidasi, asam nitrat pada umumnya tidak menyumbangkan protonnya (yakni, ia tidak membebaskan hidrogen) pada reaksi dengan logam dan garam yang dihasilkan biasanya berada dalam keadaan teroksidasi yang lebih tinggi. Karenanya, perkaratan (korosi) tingkat berat bisa terjadi. Perkaratan bisa dicegah dengan penggunaan logam ataupun aloi anti karat yang tepat.
- Sebagai sebuah oksidator yang kuat, asam nitrat bereaksi dengan hebat dengan sebagian besar bahan-bahan organik dan reaksinya dapat bersifat eksplosif. Produk akhirnya bisa bervariasi tergantung pada konsentrasi asam, suhu, serta reduktor. Reaksi dapat terjadi dengan semua logam kecuali deret logam mulia dan aloi tertentu. Karakteristik ini membuat asam nitrat menjadi agen yang umumnya digunakan dalam uji asam. Sebagai kaidah yang umum, reaksi oksidasi utamanya terjadi dengan asam pekat, memfavoritkan pembentukan nitrogen dioksida (NO_2).



Sifat-sifat asam cenderung mendominasi pada asam nitrat encer, diikuti dengan pembentukan nitrogen oksida (NO) yang lebih diutamakan.



Karena asam nitrat merupakan oksidator, hidrogen (H_2) jarang terbentuk. Hanya magnesium (Mg), mangan (Mn), dan kalsium (Ca) yang bereaksi dengan asam nitrat *dingin* dan *encer* yang dapat menghasilkan hidrogen:



Asam nitrat mampu menyerang dan melarutkan semua logam yang ada pada tabel periodik, kecuali emas dan platina.

Sifat fisik dan kimia produk (Amonium Nitrat, NH_4NO_3)

Amonium nitrat berupa kristal garam berwarna putih, $\rho = 1,725$, mudah terlarut dalam air, seperti yang ditunjukkan pada Table.1. Walaupun amonium nitrat sangat higroskopis, zat ini tidak berasal dari hidrat. Sifat higroskopis ini menyulitkan penggunaannya sebagai peledak, dan sampai sekitar tahun 1940, menjadi suatu halangan untuk penggunaan pupuk. Garam padat menyerap air dari udara ketika tekanan uap air melampaui tekanan uap dari sebuah larutan amonium nitrat encer yang jenuh (Lihat Tabel.2).

Titik didih amonium nitrat-terlarut dalam air, terdapat pada Tabel.3, menunjukkan temperatur yang dibutuhkan untuk menghilangkan air.

Pada fase padat, amonium nitrat mempunyai lima bentuk kristal yang berbeda-beda yang dapat dilihat dari kurva waktu-temperatur. Karena semua perubahan fase melibatkan penyusutan atau pengembangan kristal, maka dapat terjadi efek fisika dari material padat tersebut. Hal ini secara khusus adalah benar dimana $32,30^\circ\text{C}$ merupakan titik transisi yang mendekati temperatur penyimpanan selama cuaca panas.

Amonium nitrat mempunyai kalor negatif dalam air dan oleh karena itu dapat digunakan untuk membuat campuran

yang sangat dingin/pembekuan. Penguraian amonium nitrat dalam amonia anhidrat, bagaimanapun, disertai oleh perubahan kalor. Dalam pencairan larutan, netralisasi kalor dari asam nitrit melibatkan amonia dengan energi sebesar 51,8 kJ/mol (12,4 kcal/mol).

Tabel.1 Kelarutan Amonium Nitrat

Kelarutan NH ₄ NO ₃	g/100 g Kelarutan NH ₄ NO ₃	Temperatur (°C)	Air Larutan	Temperatur (°C)	Air Larutan
0	118	54,20	60	410	80,4
10	150	60,00	70	499	83,3
20	187	65,20	80	576	85,2
30	232	69,90	90	740	88,1
40	297	74,80	100	843	89,4
50	346	77,60			

Tabel.2 Tekanan Uap Larutan Amonium Nitrat

Tekanan Uap	Tekanan kPa	°C Air NH ₄ NO ₃	Larutan jenuh
10	1,2	0,85	
20	2,3	1,5	
30	4,2	2,5	
40	7,4	3,9	

*untuk mengkonversi kPa ke mmHg, kalikan dengan 7,5

Tabel.3 Titik Didih Larutan Amonium Nitrat

°C NH ₄ NO ₃	, wt% Bpb	oC NH ₄ NO ₃	wt% Bp	°C NH ₄ NO ₃	wt% Bp
10	101,0	60	113,5	94	165
20	102,5	70	119,5	95	170
30	104,0	80	128,5	96	182
40	107,5	85	136	98	203
50	109,5	90	157	99	222

Kalor spesifik dari fase pada amonium nitrat adalah 1,70 J/g (0,406 cal/g) antara 0 dan 310C; kalor spesifik larutan NH₄NO₃. Koefisien muainya adalah 0,000920 pada 0°C, 0,000982 pada 20°C, dan 0,001113 pada 100°C; panas yang terbentuk dari elemen tersebut adalah 364 kJ/mol (87,1 kcal/mol).

REAKSI KIMIA

Amonium nitrat juga diproduksi oleh penggemar amatir peledak dengan reaksi metatesis:

$$(NH_4)_2SO_4 + 2 NaNO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + 2 NH_4NO_3$$

$$Ca(NO_3)_2 + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow 2 CaSO_4 + 2 NH_4NO_3$$

Natrium sulfat dihilangkan dengan menurunkan suhu campuran. Karena natrium sulfat jauh lebih sedikit air larut dari amonium nitrat, itu presipitat, dan mungkin disaring. Untuk reaksi dengan kalsium nitrat, sulfat kalsium dihasilkan cukup larut, bahkan pada suhu kamar. Amonium nitrat bereaksi dengan hidroksida logam alkali, melepaskan amonia dan nitrat membentuk logam alkali:

$$NH_4NO_3 + NaOH \rightarrow NH_3 + H_2O + NaNO_3$$

Amonium nitrat amonium klorida memberikan dan asam nitrat pada reaksi dengan asam klorida:

$$\text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \quad \text{NH}_4\text{Cl} \quad + \quad \text{HNO}_3$$

- a. $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \quad \Delta H = -20.6 \text{ kcal}$
 b. $2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

DATA KUANTITATIF

- Basis 1 ton ammonium nitrat (98% hasil)
- Amoniak 0.22 ton
- 60% HNO_3 1.38
- Kapasitas plant : 100-500 tons/hari
- Tanah liat seperti diatomateous bumi untuk menghindari ledakan

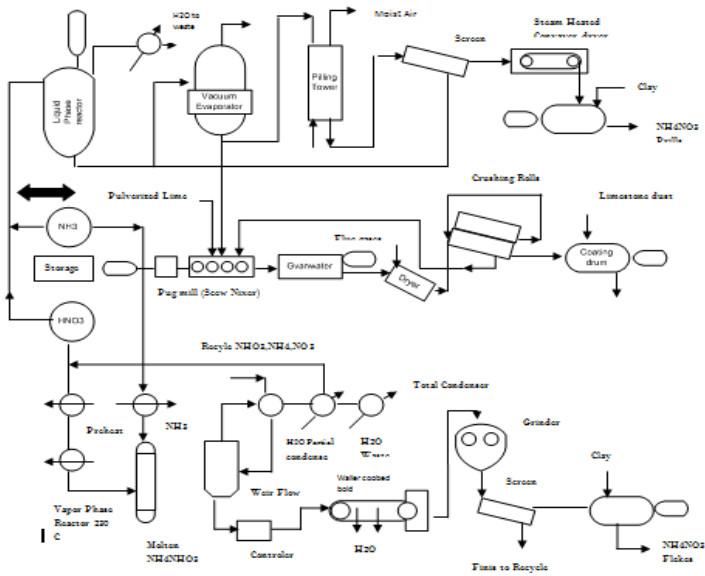
KLASIFIKASI PROSES

Secara historis, amonium nitrat dibuat dengan metode dekomposisi ganda menggunakan natrium nitrat dan amonium sulfat atau amonium klorida. Bagaimanapun, menggunakan penetralisasi asam nitrat, diproduksi dari amonia melalui pengoksidasian katalis, dengan amonia. Biasanya, pembuatan menggunakan amonia pada proses walaupun beberapa amonium nitrat dibuat dari perolehan amonia itu sendiri. Produk dalam bentuk padat digunakan sebagai pupuk. Penjualan amounium nitrat sebagai komponen urea-pupuk cair amonium nitrat berkembang dimana sekitar setengah dari produksi amonium nitrat diperdagangkan dalam bentuk cair.

Ada tiga langkah penting dalam pembuatan amonium nitrat; netralisasi asam nitrit dengan amonia untuk menghasilkan sebuah larutan terkonsentrasi (Netralization); evaporasi untuk menghasilkan lelehan (Concentration), dan proses pembijihan (Solid Finished Product).

- 1) **Netralization.** Reaksi antara amonia dan asam nitri sangat eksotermis dan panas yang dilepaskan menguapkan air. Kedua reaktan mudah menguap pada tempertaur yang dihasilkan sehingga kondisi dari pengendalian reaktor sangat diusahakan untuk mencegah kehilangan material. Untuk menghindari pemanasan yang berlebihan, reaktor dirancang untuk melakukan pencampuran yang sempurna dan memanfaatkan pengendali pH otomatis.
- 2) **Concentration.** Prosedur penguapan bergantung pada konsentrasi larutan yang diproduksi selama netralisasi dan kandungan air yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk.
Sejak 1965, tabung penguapan sudah digunakan pada banyak sistem. Evaporator tingkat kedua, dimana amonium nitrat dikonsentrasikan hingga lebih 99%, dirancang untuk tetap menghasilkan hanya sedikit jumlah lelehan, melindungi dari pemanasan yang berlebihan dan kontaminasi pensensitif.
- 3) **Solid Finished Product.** Tahap akhir dalam pembuatan pupuk amonium nitrat adalah produksi ukuran yang seragam, tahan gores-hancur, dan alur penyimpanan produk padat yang baik. Disamping menjadi higroskopis, perusakan amonium nitrat menjadi salah satu masalah yang terjadi selama penyimpanan. Hal ini dikarenakan temperatur yang berubah-ubah dimana pada suhu 32,1oC fase kristal akan berubah. Banyak industri untuk menanggulangi masalah ini dengan menambahkan zat penstabil pada lelehan amonium nitrat. Salah satunya adalah magnesium nitrat. Proses ini terdiri dari dua proses penting, yaitu:

- **Prilling Process.** Prilling amonium nitrat melibatkan penyemprotan larutan yang terkonsentrasi (96% atau 99+%). Tetesan-tetesan larutan tersebut didinginkan dengan aliran udara. proses ini menghasilkan partikel dengan bermacam ukuran bergantung pada sisa uap larutan, suhu udara, dan kecepatan aliran.
- **Granulation Process.** Pada awal tahun 1970-an, pembuatan amonium nitrat dalam skala besar menggunakan spheroidizer process. Proses ini dikembangkan oleh Cominco, Ltd. (Canada) dan C&I Gidler Corporation. partikel yang telah dibentuk ini diproduksi dengan cara disaring dan didinginkan. proses ini digunakan oleh beberapa produsen amonium nitrat di United States. Beberapa produsen kalsium amonium nitrat dan amonium nitrat sulfat di luar United States juga menggunakan teknik ini.
- **Proses Uhde.** Proses ini merupakan alternatif yang sangat populer karena mempunyai biaya investasi yang paling rendah. Proses Uhde ini dilakukan dengan mereaksikan gas Amoniak dan Asam Nitrat di dalam reaktor bubbling dengan reaksi netralisasi pada suhu mendekati 200 °C dan tekanan 4 – 5 bar. Larutan keluar reaktor dimasukkan kedalam flash drum setelah itu dipompakan ke evaporator untuk dipekatkan, sedang uap yang keluar dari evaporator sebagian digunakan sebagai media pemanas dan sebagian lagi diumpankan ke absorber sebagai penyerap gas amoniak. Larutan keluar evaporator masuk ke prilling tower, prill Amonium Nitrat yang terbentuk didinginkan dan discreening untuk mendapatkan butir prill Amonium Nitrat yang diinginkan.



Uraian proses

Ammonia cair bereaksi dengan asam nitrat mengandung air, reaksi terjadi pada fase cair, kemudian di reaktor terjadi reaksi (a). Dan dipompa menuju ke *vacuum evaporator*. Pada *vacuum evaporator* terjadi pemekatan dari 75% menjadi 95% dan terjadi pengendapan sehingga didapatlah padatan dan cairan. Yang berupa cairan menuju ke *Prilling tower* dengan penyemprotan air secara spontan sehingga terjadi perubahan fase dari cair menjadi padatan. Padatan di *screen* didapat ukuran partikel 1.5mm. Dikeringkan dengan steam pada *conveyer dryer* dan menuju ke *coating drum* dan ditambahkan *clay* yang berfungsi untuk menghindari ledakan dan didapat NH₄NO₃ Prills

Yang berupa padatan dari *vacuum evaporator* menuju ke *screw mixer*. Sering terjadi penggumpalan setelah di *screw mixer* untuk menghindari penggumpalan di masukkan dalam *Granulator* yang berfungsi sebagai pembentukan kristal. Dan di

screen didapat ukuran partikel 2-4 mm bagi <2 dan >4 mm akan di recycle ulang. Dan diteruskan ke coating drum ditambah CaCO_3 terjadi reaksi (b). Sehingga didapat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Pembuatan NH_4NO_3 *Flakes*, cairan NH_3 dan HNO_3 dipanaskan dari suhu 95-160°C. Sehingga didapat cairan NH_4NO_3 . Dan diteruskan ke separator yang berfungsi memisahkan cairan yang murni dan yang mengandung air garam. Yang masih mengandung garam akan di recycle ulang. Dan yang murni akan di *Partial condenser* dan terjadi perubahan fase menjadi padatan. Dan di grinder diteruskan ke *coating drum* dan ditambah clay sehingga didapat NH_4NO_3 *Flakes*.

KEGUNAAN PRODUK (AMONIUM NITRAT)

Kegunaan dari amoniium nitrat adalah sebagai berikut:

- Bahan baku pembuatan bahan peledak (*Amonium Nitrat Fuel Oil, ANFO*) yang digunakan baik untuk pertambangan maupun militer.
- Bahan baku pembuatan pupuk baik yang langsung digunakan atau yang dicampur dengan bahan lain (kandungan nitrogen sekitar 35 %).
- Bahan baku untuk pembius / farmasi (gas Nitrous Oksida, N_2O).

C. RANGKUMAN

- Pembuatan Amonium Nitrat, merupakan proses netralisasi yang merupakan reaksi antara Asam Nitrat dan Ammonia, membentuk Amonium Nitrat sebagai garamnya.
- Reaksi netralisasi ini berlangsung pada reaktor bubling, dimana reaksi terjadi karena adanya transfer massa antara Asam Nitrat dengan Amoniak membentuk Amonium Nitrat. Reaksi netralisasi ini bersifat sangat eksotermis yang menghasilkan panas dalam jumlah besar. Pemanasan awal

pada bahan baku dimaksudkan untuk mempercepat terjadinya reaksi, membuat larutan Asam Nitrat menjadi cair jenuh dan memperoleh produk berupa lelehan. Adapun tujuan produk berupa lelehan dari reaktor untuk mengurangi resiko peledakan. Lelehan kemudian ditransfer ke atas menara *prill* untuk di injeksikan dan dibentuk prill.

- Produk keluar kemudian discreening selanjutnya dilakukan pelapisan untuk mencegah penggumpalan produk. Setelah produk mengalami proses pelapisan kemudian dibawa menuju unit *bagging*.

D. SOAL LATIHAN/TUGAS

1. Jelaskan neraca massa pembuatan urea dan ammonium Carbamat ?
2. Buatlah diagram alir proses pembuatan Urea dari bahan baku ammonia dan CO₂?
3. Tuliskan proses pembuatan asam nitrat ?
4. Tuliskan reaksi pembuatan ammonia ?
5. Jelaskan fungsi alat yang digunakan pada pembuatan Urea

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Umum :

Mahasiswa mampu memahami proses industri klor alkali.

Khusus Mahasiswa dapat :

1. Menentukan bahan baku, produk dan hasil samping, serta buangan dalam proses industri Klor Alkali
2. Menentukan sifat fisik dan Kimia bahan baku
3. Menuliskan reaksi kimia yang terjadi dalam proses industri klor alkali
4. Menjelaskan Uraian proses berdasarkan flowsheet atau diagram Alir
5. Menghitung neraca massa berdasarkan ; konversi reaksi, persen hasil, persen kemurnian, basis jumlah produk.

A. PENDAHULUAN

Soda abu dan soda kaustik merupakan zat kimia yang sangat penting dalam kehidupan perindustrian dan kehidupan sehari-hari. Maka sebagai mahasiswa teknik kimia perlu dipelajari dan diulas tentang proses pembuatannya.

- Natrium karbonat merupakan komoditas kimia yang sekitar 75% produksi dunia adalah abu sintetis yang dibuat dari natrium klorida melalui Proses Solvay atau proses yang sejenis, sisanya yang 25% di produksi dari natrium karbonat alami. Dalam dunia perdagangan, natrium karbonat banyak dimanfaatkan untuk industri kaca, obat – obatan, bahan makanan, *water treatment*, deterjen, industri pulp dan kertas, industri tekstil dan lain–lain. Sepanjang sejarah

industri kimia, persediaan natrium karbonat Na_2CO_3 , soda, merupakan isu penting. Soda adalah bahan dasar penting bukan hanya untuk keperluan sehari-hari (seperti sabun) tetapi juga untuk produk industri yang lebih canggih (seperti gelas). Lebih dari setengah produksi di seluruh dunia soda abu digunakan untuk membuat kaca. Botol dan kaca jendela dibuat dengan pelelehan campuran natrium karbonat, kalsium karbonat dan pasir silika (silikon dioksida (SiO_2)).

B. POKOK-POKOK ISI

1. Industri Soda Abu
2. Industri Soda Kaustik

1. Industri Soda Abu

Bahan baku

1. Brine (Larutan NaCl)
 2. CaCO_3 (Batu Kapur)
 3. NH_3 (Ammonia)
- a. Larutan NaCl

Sifat Fisika NaCl

- Berat molekul : 58,45 gr/mol
- Titik lebur, 1 atm : $800,4^0 \text{ C}$
- Titik didih, 1 atm : 1413^0 C
- Densitas : 1,13 gr/ml
- Kapasitas panas (25^0C) : $1,8063 \text{ cal/mol } ^0 \text{ C}$
- Tekanan uap, 1 atm : 1465^0 C
- Panas penguapan, 1 atm : 40.810 cal/mol

Sifat Kimia :

- bisa didapat dari reaksi NaOH dan HCl sehingga pHnya netral
- ikatan ionik kuat (Na^+) + (Cl^-) selisih elektronegatifnya lebih dari
- larutannya merupakan elektrolit kuat karena terionisasi sempurna pada air.

b. CaCO_3

Sifat Fisika

- Rumus molekul : CaCO_3
- Berat Molekul : 100,09 gr/mol
- Titik lebur, 1 atm : 2570°C
- Titik didih, 1 atm : 2850°C
- Densitas, 1 atm : 2,711 gr/ml
- Panas penguapan, 1 atm : 12.700 cal/mol
- Ukuran : 30 mesh

Sifat kimia :

Sedikit larut dalam air.

c. Ammonia

Sifat Fisika :

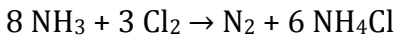
- Rumus molekul : NH_3
- Berat Molekul : 17,0305 gr/mol
- Titik didih, 1 atm : $-33,4^\circ \text{C}$
- Titik lebur, 1 atm : $-77,7^\circ \text{C}$
- Tekanan kritis : 1657 psi
- Temperatur kritis : 133°C
- Densitas, 1 atm : 0,7708 gr/ml

Sifat Kimia :

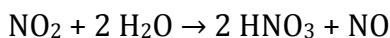
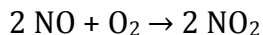
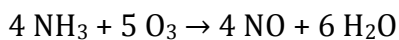
- Pada suhu tinggi bila dioksidasi dengan KMnO_4 menghasilkan nitrogen dan air :



- Demikian juga oksidasi oleh klorin :



- Dengan katalis Pt-Rhodium dioksidasi menjadi nitrogen oksida dan air untuk menghasilkan asam nitrat :



Reaksi Keseluruhan :



Reaksi pada alat :

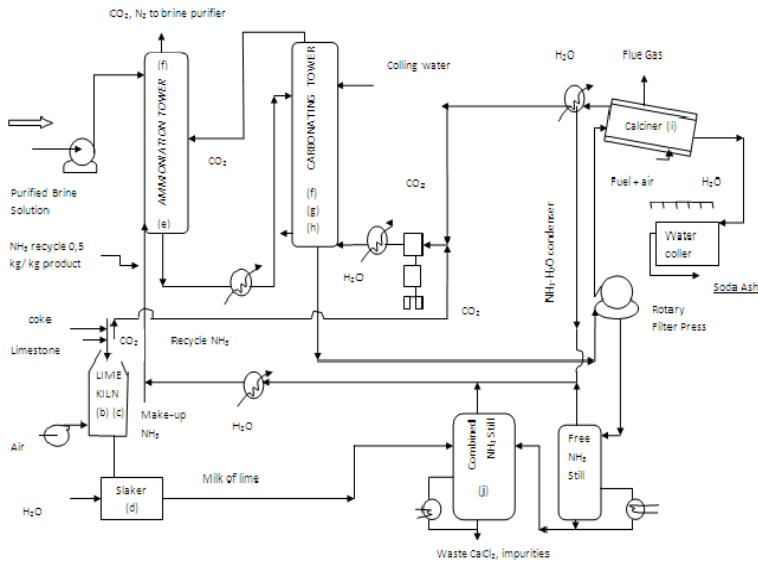
- Reaksi pada *lima klin*
 - a. $\text{CaCO}_{3(s)} \rightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$
 - b. $\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$
- Reaksi pada *slaker*
 - a. $\text{CaO}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_{2(aq)}$
- Reaksi pada *ammoniating coloum* :
 - a. $\text{NH}_{3(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
 - b. $\text{CO}_{2(g)} + \text{OH}^- \rightarrow \text{HCO}_3^-$
 - c. $\text{NaCl} \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
- Reaksi pada *carbonating coloum*
 - a. $\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$
 - b. $\text{CO}_{2(g)} + \text{OH}^- \rightarrow \text{HCO}_3^-$
 - c. $\text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-_{(aq)} + \text{NaHCO}_{3(s)}$
- Reaksi pada *kalsier*
 - a. $\text{NaHCO}_{3(s)} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$
- Reaksi pada *combined NH₃ Still*:
 - a. $\text{Ca(OH)}_{2(s)} + 2 \text{NH}_4 \text{Cl}_{(aq)} \rightarrow \text{CaCl}_{2(s)} + 2 \text{NH}_3(g) + 2 \text{H}_2\text{O}$

Basis : 1 ton Na₂CO₃ (58% NaO)

Garam	1,25 ton
batu kapur	11 ton
kokas	0,09 ton
uap tekanan tinggi	1,15 ton
uap tekanan rendah	1,35 ton
amonia yang hilang	1,26 kg
air pendingin	20-50 ton
listrik	210 KW
kapasitas industry	200-2000 ton/hari

Ada 2 Proses Yang bisa digunakan untuk memproduksi Soda Abu

- Proses Solvay
- Dual Proses ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$)



GAMBAR 10.1 PEMBUATAN ABU SODA DENGAN PROSES SOLVAY

- Pembuatan Kaca : Lebih dari setengah produksi di seluruh dunia soda abu digunakan untuk membuat kaca. Botol dan kaca jendela dibuat dengan pelehan campuran natrium karbonat, kalsium karbonat dan pasir silika (silikon dioksida (SiO_2)).
- Pengolahan air: Natrium karbonat digunakan untuk melunakkan air (presipitat keluar Mg^{2+} + dan Ca^{2+} + karbonat). Ini digunakan baik industri dan domestik (di beberapa bubuk cuci).
- Pembuatan sabun dan deterjen: natrium karbonat Sering digunakan sebagai alternatif yang lebih murah untuk alkali (sodium hidroksida (NaOH)).
- Pembuatan kertas: Natrium karbonat digunakan untuk

membuat natrium bisulfit (dilakukan dengan NaHSO_3) untuk sulfit "metode" dari memisahkan lignin dari selulosa.

- Penghilangan sulfur dioksida (SO_2) dari gas buang di pembangkit listrik. Hal ini menjadi lebih umum, terutama di mana stasiun harus memenuhi kontrol emisi yang ketat.
- Sebagai aditif makanan (E500), digunakan dalam produksi snus (tembakau gaya Swedia) untuk menstabilkan pH produk akhir.
- digunakan oleh industri batu bata sebagai agen pembasahan untuk mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk mengusir tanah liat.
- digunakan dalam pasta gigi, di mana ia bertindak sebagai agen berbusa, kasar, dan untuk sementara meningkatkan pH mulut.
- digunakan untuk membuat proses foto yang dikenal sebagai retikulasi .
- Natrium karbonat dapat digunakan untuk membersihkan perak.
- Natrium karbonat merupakan komoditas kimia yang sekitar 75% produksi dunia adalah abu sintesis yang dibuat dari Natrium klorida melalui Proses Solvay
- Klasifikasi proses pembuatan natrium karbonat adalah proses amonia - soda atau proses Solvay
- Dalam dunia perdagangan, natrium karbonat banyak dimanfaatkan untuk industri kaca, obat – obatan, bahan makanan, *water treatment*, deterjen, industri pulp dan kertas, industri tekstil dan lain- lain
- Dalam pembuatan *soda ash* dengan proses solvay dihasilkan abu soda dan impurities berupa CaCl_2 .
- Bahan utama pembuatan abu soda adalah ammonia, garam dan batu kapur

- Reaksi pembentukan natrium karbonat terjadi di kalsiner yaitu pemecahan NaHCO_3 sehingga terbentuk Na_2CO_3 (s) dengan bantuan bahan bakar dan udara dan akhirnya didinginkan dengan water cooler membentuk abu soda.

2. Industri Soda Caustik

Natrium hidroksida merupakan nama lain dari caustic soda, caustic soda biasa diproduksi secara komersial melalui dua metode dasar yaitu sel elektrolisis dan proses kimia. Kebanyakan produk soda kaustik dihasilkan dari sel elektrolitik. Bahan baku proses pembuatan caustic soda adalah garam, air, dan listrik.

Produk

Natrium hidroksida (NaOH)

Sifat fisik Natrium hidroksida (NaOH : Berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%, Bersifat lembab cair, Titik leleh 318°C , Titik didih 1390°C , NaOH membentuk basa kuat bila dilarutkan dalam air, Densitas NaOH adalah 2,1 gr, Senyawa ini sangat mudah terionisasi membentuk ion natrium dan hidroksida

Sifat kimia Natrium hidroksida (NaOH) : Dengan larutan natrium hidroksida, (HCl) asam klorida dinetralkan dimana akan terbentuk garam dan air



Sifat Fisika Klor (Cl_2) : -Berat molekul : gr/mo, Titik lebur, 1 atm : $171,6$, Titik didih, 1 atm : $239,11\text{ K}$, -Densitas : $3,2\text{ gr/ml}$, Kapasitas panas (25°C) : $33,949\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, berwarna kijau kekuningan, dan berupa fase gas

Sifat kimia Klor (Cl_2).

Klor adalah unsur kimia dengan simbol **Cl** dan nomor atom 17. Dalam tabel periodik, unsur ini termasuk kelompok halogen atau grup 17 (sistem lama: VII or VIIA). Dalam bentuk ion klorida, unsur ini adalah pembentuk garam dan senyawa lain yang tersedia di alam dalam jumlah yang sangat berlimpah dan diperlukan untuk pembentukan hampir semua bentuk kehidupan, termasuk manusia. Dalam bentuk gas, klorin berwarna kuning kehijauan, dan sangat beracun. Dalam bentuk cair atau padat, klor sering digunakan sebagai oksidan, pemutih, atau desinfektan.

- Pada brine purifier
- $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \frac{1}{2}\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{Cl}_2$
- Pada diaphragma sel
- Notasi sel : $\text{Cl}_2, \text{C NaCl NaOH Fe}, \text{H}_2 + \text{anoda-katoda}$

Reaksi sel :

- Anoda : $\text{Cl}^- - e \frac{1}{2} \text{Cl}_2$
- Katoda : $\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + e \text{Na}^+ + \text{OH} + \frac{1}{2} \text{H}_2$
- Keseluruhan : $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{Cl}_2$
- Notasi sel : $\text{Cl}_2 \text{ C NaCl}_{\text{aq}} (\text{sat'd}) \text{Na}^0 \text{NaHg} (\text{amalgam})$
+Anoda-katoda

Reaksi sel:

- Anoda : $\text{Cl}^- - e \frac{1}{2} \text{Cl}_2$
- Katoda : $\text{Na}^+ + e \text{Na}^0 \text{Na}^0 + \text{Hg NaHg} (\text{amalgam})$
- Sisa : $\text{NaHg} + \text{H}_2\text{O NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2 + \text{Hg}$.
- Keseluruhan : $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{Cl}_2$.
- Reaksi pembentukkan NaOH pada mercury sel
 $\text{NaHg} + \text{H}_2\text{O NaOH} + \text{H}_2 + \text{Hg}$.

- a. Dasar produksi = 1 ton gas Cl_2
- NaCl (reaktan) = 1,3 ton
 - NaOH 98% (produk) = 1,15 ton
 - H_2 (produk) = 26 kg
 - Basis dasar produksi = 1 ton Cl_2 ; 1,15 ton NaOH(98%);
283 $\text{Nm}^3 \text{H}_2$ (26 kg)

- Garam = 1,3 ton
- Soda abu (58%Na₂O) = 26 kg
- H₂SO₄ = 5 – 6 kg
- NaOH = 10 – 15 ton
- Daya listrik = 2900 kwh
- Penguapan = 11 ton

b. Kapasitas industri : 100-1000 ton/hari

1. Diafragma sel

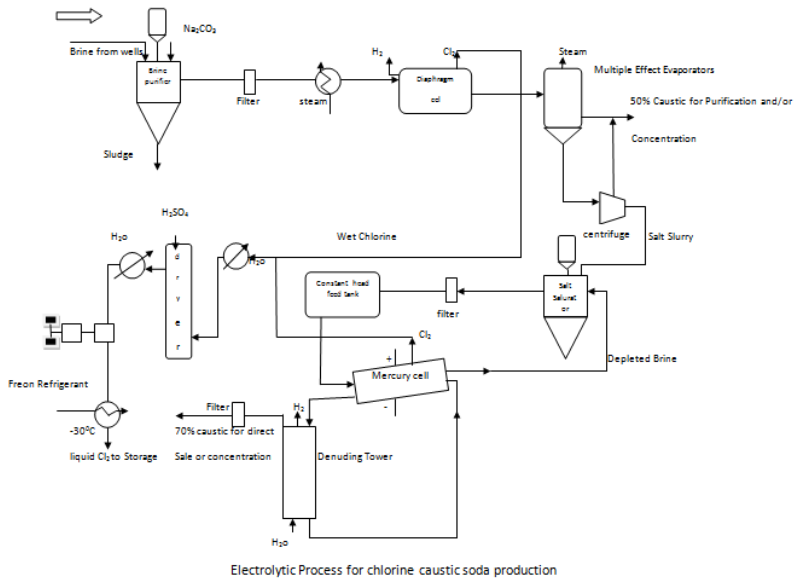
Menggunakan teknologi sel diafragma, klorin, soda kaustik dan hidrogen diproduksi secara bersamaan. air garam jenuh memasuki kompartemen anoda dari sel, di mana gas klor dibebaskan. Fungsi diafragma adalah memisahkan air garam dari larutan kaustik (sel yang disebut effluent) pada sisi katoda, yang juga di mana gas hidrogen dilepaskan.

2. Merkuri sel

Menggunakan larutan NaCl jenuh dengan garam padat, yang terlarut 70% kaustik langsung.

3. Membran sel

Teknologi sel Membran merupakan perkembangan yang relatif baru. Ini berbeda dari teknologi diafragma sel dalam bahwa solusi sekitar elektroda masing-masing dipisahkan oleh sebuah membran daripada diafragma. Membran ini sangat selektif dan terutama memungkinkan migrasi ion natrium dari ruang anoda ke ruang katoda. Air garam jenuh memasuki kompartemen anoda sel dimana gas klor dibebaskan. Karena ion natrium hanya dapat melewati membran ke katoda (air garam tidak dapat melewati membran), soda kaustik (sel limbah cair) mengandung natrium klorida substansial kurang. kemampuan garam penghapusan Tidak diperlukan seperti pada proses diafragma sel



Proses elektrolitik dari produksi chlorine-caustic soda

Umpan berupa garam NaCl bersama air dimasukkan ke dalam tangki pencampur (brine Purifier) untuk mendapatkan larutan garam, sehingga terjadi reaksi :



Dan pada bagian atas brine purifier ditambahkan Na_2CO_3 sehingga terjadi endapan, kemudian endapan di dasar tangki akan langsung dikeluarkan pada bagian bawah tangki yang berupa kadar Ca, Mg, dan Fe, sedangkan sisanya keluar dari bagian atasnya menuju ke filter. Endapan yang mungkin masih tersisa disaring dengan filter, dan diteruskan pada proses pemanasan dengan steam sebelum menuju diaphragma sel, kemudian hasil dari penyaringan tadi diteruskan langsung menuju diaphragma sel dimana pada proses ini menggunakan anoda dan katoda yang dialiri arus DC (direct current / arus bolak balik) sebagai sumber energi, reaksi utama yang terjadi yaitu :

Notasi sel :

a. $\text{Cl}_2, \text{C NaCl NaOH Fe, H}_2 + \text{anoda katoda}$

Reaksi sel:

a. Anoda : $\text{Cl}^- - e \frac{1}{2} \text{Cl}_2$

b. Katoda : $\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + e \text{Na}^+ + \text{OH}^- + \frac{1}{2} \text{H}_2$

c. Keseluruhan : $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{Cl}_2$.

Hasil samping dari proses diaphragma sel berupa gas Cl_2 dan gas H_2 keluar dari bagian atas diaphragma sel. Kemudian gas Cl_2 akan diproses lebih lanjut sedangkan NaOH yang keluar dari diaphragma sel dimasukkan menuju evaporator untuk dipekatkan menjadi 50% NaOH , NaOH di evaporasi menggunakan steam sehingga akan menghasilkan 50% NaOH . Pada proses evaporator, Larutan sisa yang tidak terbentuk menjadi 50% NaOH , diolah kembali untuk mendapatkan produk 70% NaOH , dimana berlanjut pada proses centrifugasi dengan penambahan sisa garam, kemudian diaduk pada tangki salurator sambil di murnikan dengan proses penyaringan (filter) , setelah larutan murni, diletakkan pada tangki konsentrasi (consentrat head feed tank) untuk mengatur kestabilan konsentrasi pada larutan, setelah itu diteruskan menuju mercury sel, dengan terjadi penambahan Hg , dimana pada proses ini terjadi reaksi :

Notasi sel

$\text{Cl}_2, \text{C NaCl}_{\text{aq}} (\text{sat'd}) \text{Na}^0 \text{NaHg} + \text{Anoda katoda}$

Reaksi sel

Anoda : $\text{Cl}^- - e \frac{1}{2} \text{Cl}_2$

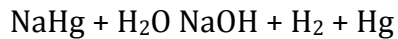
Katoda : $\text{Na}^+ + e \text{Na}^0$

$\text{Na}^0 + \text{Hg NaHg}$

Sisa : $\text{NaHg} + \text{H}_2\text{O NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2 + \text{Hg}$

Keseluruhan : $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{Cl}$

Setelah terjadi reaksi mercury sel menghasilkan gas samping yang berupa gas Cl_2 yang nanti akan diteruskan pada pembentukkan Cl_2 liquid. Dan senyawa NaHg yang akan diteruskan pada denuding tower (menara penguraian) dimana terjadi pelepasan Hydrogen dan penambahan air, yang akan diolah dengan reaksi yang terbentuk :



Pada reaksi ini terjadi pembentukkan NaOH kembali, lalu dilakukan penyaringan dengan menggunakan filter dimana akan terbentuk produk 70% NaOH .

- KEGUNAAN NaOH
 1. Kebanyakan digunakan sebagai basa dalam produksi bubur kayu (pulp) dan kertas, tekstil, air minum, sabun, dan detergent.
 2. NaOH adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia, penetral asam.
 3. Kegunaan yang lain adalah sebagai katalis dalam proses transesterifikasi metanol dan trigliserida, serta membantu mengurangi zat warna dari kotoran yang berupa getah minyak bumi.
 4. NaOH juga digunakan dalam industri serat dan plastik, untuk industri rayon, gelas, petrokimia, pupuk, bahan peledak, zat pelarut dan bahan – bahan kimia lain.
- KEGUNAAN ALAT
 1. Brine furifier : untuk tempat pencampuran bahan baku produk antara NaCl dan air sumur.
 2. Filter : sebagai penyaring pada proses pembersihan endapan yang terjadi di tangki brine furifier.
 3. Steam : untuk proses pemurnian produk NaOH
 4. Diaphragma cell : tempat terjadinya reaksi yang digunakan anoda dan katoda serta digunakan arus DC sebagai energi.

5. Dryer : pengeringan material, untuk menghasilkan Cl_2 liquid.
6. Centrifuge : untuk proses pemekatan larutan produk NaOH, agar di dapat 50% produk NaOH.
7. Salt salulator : tempat pencampuran dan pengadukan antara campuran garam (NaCl) dengan air.
8. Mercury cell : tempat terjadinya proses penambahan merkuri (Hg), untuk menghilangkan Cl (klor) pada produk yang dihasilkan, agar tidak terjadi gangguan pada reaksi yang akan terbentuk.
 - Soda kaustik memiliki rumus kimia yaitu NaOH yang bersifat basa, tidak berbau dan tidak berwarna . Soda kaustik merupakan bahan kimia yang sangat korosif dan reaktif.
 - Natrium hidroksida merupakan nama lain dari caustic soda, coustic soda biasa diproduksi secara komersial melalui dua metode dasar yaitu sel elektrolisis dan proses kimia.
 - Klasifikasi proses pembuatan soda kaustik ada tiga yaitu diafragma sel, merkuri sel, dan membran sel.

Pada proses hasil samping yang berupa Cl_2 gas (dari diaphragma sel dan mercury sel) dimanfaatkan untuk membentuk Cl_2 Liquid dengan bantuan air yang kemudian dilanjutkan pada tempat tangki pengeringan, dimana disini terjadi penambahan H_2SO_4 sebagai penyerap air berlebih pada proses pengeringan, setelah Cl_2 kering, dibasahkan kembali dengan penambahan air dan kemudian di kompres dengan kompresor dengan suhu $-30\text{ }^{\circ}C$, dimana akan didapat produk Cl_2 yang berupa cairan (liquid) yang dapat dimanfaatkan. Adapun reaksi yang terbentuk dari fase Cl_2 gas menjadi Cl_2 liquid yaitu :

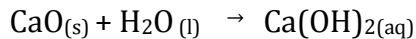


URAIAN PROSES

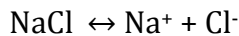
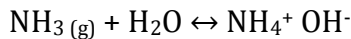
Feed berupa batu kapur dan coke dimasukkan kedalam *lime klin*, dimana batu kapur tadi diproses dengan bantuan udara. CaCO_3 dipecah berupa CaO dan CO_2 . Reaksi yang terjadi :



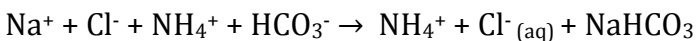
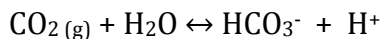
CaO dan CO_2 *dipisahkan*, CO_2 yang berupa gas menguap keatas menuju *carbonating coloum* dengan bantuan steam, sedangkan CaO masuk ke *slaker* dan bereaksi dengan H_2O . dalam *slaker* terjadi reaksi:



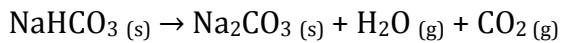
CO_2 yang menuju *carbonating coloum* tadi bereaksi dengan H_2O sehingga terbentuk HCO_3^- dan CO_2 yang tidak bereaksi diinjeksikan ke *ammoniating coloum* untuk membantu proses. Setelah tersedia CO_2 , larutan garam dipompakan kedalam *ammoniating coloum* untuk dipurifikasi dengan bantuan CO_2 dan N_2 kemudian dari bawah diinjeksikan NH_3 dan H_2O , NH_3 ini diinjeksi bertujuan untuk mencegah terbentuknya asam. Reaksi yang terjadi pada *ammoniating coloum* :



Na^+ , Cl^- , dan NH_3 yang tidak bereaksi serta NH_4^+ meninggalkan *ammoniating coloum* yang didinginkan dahulu dengan cooler. Kemudian didalam *carbonating coloum* Na^+ , Cl^- , dan NH_4^+ bereaksi dengan HCO_3^- yang membentuk endapan NaHCO_3 . Didalam kolom ini terdapat pendingin yang berrupa bantuan air , sedangkan NH_4^+ dan Cl^- tidak mengalami perubahan. Reaksi yang terjadi dalam *carbonating coloum*:

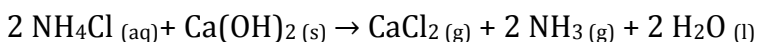


Kemudian seluruh produk meninggalkan *carbonating coloum* dan masuk kedalam *filter berputar*. Amoniak, ammonium dan clorida terpisah dari natrium bikarbonat, dimana Natrium bikarbonat tadi dikalsinasi didalam *kalsier* pada suhu 200°C, lalu terbentuk Natrium Karbonat, CO₂ dan H₂O. reaksi yang terjadi di *kalsier* :



Kemudian H₂O yan digunakan dalam *water cooler* dan CO₂ menguap dan ada juga CO₂ dan H₂O yang kembali pada system sebelumnya (*carbonating coloum*), sedangkan Nartium Karbonat yang terbentuk selanjutnya didinginkan dengan *water cooler* sehingga terbentuk soda abu yang biasa dikenal Natrium Karbonat

Kemudian sisa- sisa NH₃ dari *kalsier* tadi sebagian besar direcycle ke *ammoniating coloum* untuk membantu proses dan sebagiannya lagi NH₄ dan Cl dimasukkan kedalam *kolom yang bebas NH₃* yang dilengkapi dengan penukaran panas. Pada kolom ini tidak terjadi reaksi, setelah itu masuk kekolom *NH₃ campuran* yang juga memiliki penukaran panas. Ca(OH)₂ yang ditransfer dari *slaker* masuk juga kedalam kolom ini, disini terjadi pembentukan CaCl₂. Reaksi yang terjadi:



Dimana produk NH₃ dan H₂O masuk system lagi untuk direcycle yang digunakan untuk membantu proses pada *ammoniating coloum*, sedangkan CaCl₂ bersama kotoran-kotoran keluar meninggalkan *kolom campuran amoniak*.

KEGUNAAN PRODUK

- Pembuatan Kaca : Lebih dari setengah produksi di seluruh dunia soda abu digunakan untuk membuat kaca. Botol dan kaca jendela dibuat dengan pelelehan campuran natrium karbonat, kalsium karbonat dan pasir silika (silikon dioksida (SiO₂)).

- Pengolahan air: Natrium karbonat digunakan untuk melunakkan air (presipitat keluar Mg^{2+} dan Ca^{2+} + karbonat). Ini digunakan baik industri dan domestik (di beberapa bubuk cuci).
- Pembuatan sabun dan deterjen: natrium karbonat Sering digunakan sebagai alternatif yang lebih murah untuk alkali (sodium hidroksida (NaOH)).
- Pembuatan kertas: Natrium karbonat digunakan untuk membuat natrium bisulfit (dilakukan dengan $NaHSO_3$) untuk sulfit "metode" dari memisahkan lignin dari selulosa.
- Umum digunakan sebagai bahan dasar dalam pabrik kimia banyak hal karena lebih murah daripada NaOH dan jauh lebih aman untuk menangani.
- Pembuatan natrium bikarbonat: $NaHCO_3$ digunakan dalam baking soda dan pemadam api. Meskipun $NaHCO_3$ dihasilkan dalam proses Solvay, pemanasan untuk mengeluarkan amonia itu terkontaminasi dengan terurai beberapa $NaHCO_3$, sehingga sebenarnya lebih murah untuk bereaksi selesai Na_2CO_3 produk dengan CO_2 .
- Penghilangan sulfur dioksida (SO_2) dari gas buang di pembangkit listrik. Hal ini menjadi lebih umum, terutama di mana stasiun harus memenuhi kontrol emisi yang ketat.
- Sebagai aditif makanan (E500), digunakan dalam produksi snus (tembakau gaya Swedia) untuk menstabilkan pH produk akhir.
- digunakan oleh industri batu bata sebagai agen pembasahan untuk mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk mengusir tanah liat.
- digunakan dalam pasta gigi, di mana ia bertindak sebagai agen berbusa, kasar, dan untuk sementara meningkatkan pH mulut.

- digunakan untuk membuat proses foto yang dikenal sebagai retikulasi .
- Natrium karbonat dapat digunakan untuk membersihkan perak.

KEGUNAAN ALAT

- Ammoniation Tower = tempat untuk mereaksikan amoniak dengan H_2O membentuk $NH_4^+OH^-$
- Carbonating Tower= tempat mereaksikan karbon dioksida dan juga tempat terbentuknya $NH_4^+ + Cl^-$ dan endapan $NaHCO_3$.
- Lime Kiln = tempat penguraian batu kapur ($CaCO_3$) menjadi kapur (CaO)
- Slaker = tempat pencampuran kapur dan air menjadi slake ($Ca(OH)_2$)
- Still = tempat untuk reaksi destilasi $NH_4^+ + Cl^-$ dengan bantuan steam sehingga dihasilkan amoniak murni yang direcycle ke ammoniation tower dan juga NH_4Cl yang direaksikan dengan amonia dalam *combined NH_3 still*.
- Rotary filter press = tempat penyaringan $NH_4^+ + Cl^-$ dan endapan $NaHCO_3$ dengan menggunakan tekanan.
- Calciner = tempat terjadinya kalsinasi $NaHCO_3$ dengan bantuan bahan bakar gas dan udara sehingga dihasilkan $Na_2CO_3 (s) + H_2O (g) + CO_2 (g)$
- Water cooler = sebagai pendingin natrium karbonat sehingga terbentuk abu soda.

C. RANGKUMAN

- Natrium karbonat merupakan komoditas kimia yang sekitar 75% produksi dunia adalah abu sintetis yang dibuat dari Natrium klorida melalui Proses Solvay
- Klasifikasi proses pembuatan natrium karbonat adalah proses amonia - soda atau proses Solvay

- Dalam dunia perdagangan, natrium karbonat banyak dimanfaatkan untuk industri kaca, obat – obatan, bahan makanan, *water treatment*, deterjen, industri pulp dan kertas, industri tekstil dan lain– lain
- Dalam pembuatan *soda ash* dengan proses solvay dihasilkan abu soda dan impurities berupa CaCl_2 .
- Bahan utama pembuatan abu soda adalah ammonia, garam dan batu kapur
- Reaksi pembentukan natrium karbonat terjadi di kalsiner yaitu pemecahan NaHCO_3 sehingga terbentuk Na_2CO_3 (s) dengan bantuan bahan bakar dan udara dan akhirnya didinginkan dengan water cooler membentuk abu soda.

D. LATIHAN SOAL DAN TUGAS

1. Buatlah diagram alir proses pembuatan soda abu dan soda kaustik ?
2. Jelaskan masing-masing fungsi alat yang digunakan ?
3. Buatlah perhitungan neraca massa pembuatan soda abu dan soda kaustik dengan basis 1 ton produk masing-masing hitunglah berapa bahan baku yang dibutuhkan ?
4. Sebutkan kegunaan masing-masing produk soda abu dan soda kaustik ?

BAB

VI

INDUSTRI SEMEN DAN KAPUR

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Umum :

Mahasiswa mampu memahami proses industri Semen dan Kapur.

Khusus Mahasiswa dapat :

1. Menentukan bahan baku, produk dan hasil samping, serta buangan dalam proses industri Pembuatan semen dan Kapur
2. Menentukan sifat fisik dan Kimia bahan baku
3. Menuliskan reaksi kimia yang terjadi dalam proses industri Pembuatan semen dan Kapur
4. Menjelaskan Uraian proses berdasarkan flowsheet atau diagram Alir
5. Menghitung neraca massa berdasarkan ; konversi reaksi, persen hasil, persen kemurnian, basis jumlah produk.

A. PENDAHULUAN

Kata “semen” dari diambil dari kata caementum yang artinya bahan perekat yang memiliki kemampuan untuk mempersatukan atau mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kokoh. Seiring perkembangan zaman, semen dibuat sesuai dengan kebutuhan dalam pembangunan, namun semen Portland yang merupakan jenis semen yang paling banyak digunakan di dalam konstruksi Indonesia.

Semen Portland ditemukan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824. Dikatakan semen portland, karena beton yang dibuat dengan semen ini menyerupai batu bangunan yang ada di Pulau Portland, Inggris. Semen (cement) merupakan hasil industri dari paduan bahan baku, yaitu batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat

Batu kapur merupakan mineral alam yang dapat dikalsinasi menjadi kapur tohor/Kalsium oksida, yang merupakan salah satu bahan bangunan yang penting. Bahan ini telah dipakai sejak zaman kuno. Di Indonesia kapur juga sudah dikenal lama sebagai bahan ikat, dalam pembuatan tembok, pilar dan sebagainya. Untuk bahan bangunan berdasarkan penggunaannya kapur dibagi menjadi dua jenis, yaitu kapur putih dan kapur aduk, yang dapat dijadikan dalam bentuk kapur tohor ataupun kapur padam.

B. POKOK-POKOK ISI

1. Industri Kapur
2. Industri Semen

1. Industri Kapur

Oates (1998) mendefinisikan kapur sebagai bahan padat yang banyak mengandung Kalsium karbonat. Batu kapur merupakan mineral alam yang dapat dikalsinasi menjadi kapur tohor/Kalsium oksida, yang merupakan salah satu bahan bangunan yang penting. Bahan ini telah dipakai sejak zaman kuno. Di Indonesia kapur juga sudah dikenal lama sebagai bahan ikat, dalam pembuatan tembok, pilar dan sebagainya. Untuk bahan bangunan berdasarkan penggunaannya kapur dibagi menjadi dua jenis, yaitu kapur putih dan kapur aduk, yang dapat dijadikan dalam bentuk kapur tohor ataupun kapur padam.

Bahan Baku

- Batu kapur
- Gas
- Uap air

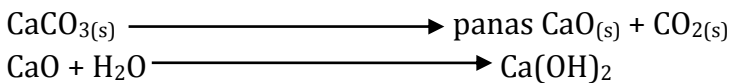
Batuan Kapur

- Berat molekul : 100,08 gr/mol
- Titik leleh : 2570°C
- Density : 3,32 gr/ml
- Titik didih : 2850°C
- Dapat larut dalam air dan asam

Produk Kapur (Ca(OH)₂) :

- Putih atau sangat muda
- Berbentuk butiran halus
- Sebagian besar terdiri dari kalsiat
- Larutan Ca(OH)₂ disebut air kapur dan merupakan basa dengan kekuatan sedang
- Larutan Ca(OH)₂ bereaksi hebat dengan berbagai asam, dan bereaksi dengan banyak logam dengan adanya air
- Larutan Ca(OH)₂ menjadi keruh bila dilewatkan karbon dioksida, karena mengendapnya kalsium karbonat.
- Berat jenis : 2,6 – 2,8 gr/cm³

REAKSI KIMIA



DATA KUANTITATIF

- Basis : 1 ton CaO
- Batu kapur murni : 1,87 ton
- Batu bara : 0,3 ton
- Air : 0,242 ton

Proses slakelime

- Basis : 1 ton $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Quicklime murni : 0,787 ton
- Air : 0,242 ton

KLASIFIKASI PROSES

Proses Klasinasi Batu Kapur menghasilkan Quicklime

Bahan dasar kapur ialah batuan kapur. Batu kapur mengandung kalsium karbonat (CaCO_3). Pada prosesnya pada vertical shaft kiln, Karbon dioksida akan keluar pada bagian atas jika dipanaskan dengan suhu sekitar 980°C sehingga tinggal kapurnya saja (CaO). Kalsium oksida ini biasa disebut dengan quicklime.

Hidrasi Quicklime

Kalsium oksida yang dihasilkan dari bahan dasar akan mengambang dan retak- retak, jika ditambahkan air. Selama proses ini, terjadi reaksi dan banyak panas yang dikeluarkan dimana produk yang dihasilkan adalah kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Secara teoritis air yang diperlukan hanya 32% dari berat kapur, namun tidak selalu sama persentasi jumlah air yang diperlukan. Hal ini karena memandang faktor pembakaran, jenis kapur yang digunakan dan sebagainya, sehingga kadang- kadang memerlukan 2 sampai 3 kali volume kapur. Proses ini disebut “slaking” atau “slakelime” atau “hydrated lime” yang artinya sama saja hidrasi Quiclime, dimana hasilnya adalah kalsium hidroksida.

Bila kalsium hidroksida ini ditambah air akan menghasilkan mortel kapur. Mortel ini di udara terbuka menyerap karbon dioksida (CO_2) yang akan bereaksi, sehingga menghasilkan CaCO_3 yang bersifat keras dan tidak larut dalam air.

URAIAN PROSES

Batuan kapur diumpan ke pulverizer untuk digiling, kemudian dimasukkan ke dalam kiln vertikal shaft. Terdapat 3 zona pada vertikal shaft kiln yaitu pemanasan awal, kalsinasi, dan pendinginan. Di proses preheating, batu kapur dibakar pada suhu sampai 800 ° C yang kontak langsung dengan gas bahan bakar (produk pembakaran yaitu udara berlebih dan CO₂ dari hasil proses kalsinasi). Proses selanjutnya yaitu kalsinasi, temperatur proses kalsinasi mencapai 1000°C sehingga menghasilkan energi panas yang dapat menguraikan(disosiasi) CaCO₃ menjadi CaO dan CO₂. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dari reaksi tersebut terbentuk kapur tohor (CaO) sedangkan gas CO₂ dan udara berlebih di hisap melalui pompa ke bagian atas kiln sebagai exhaust gases. Pada proses pendinginan, kapur dialirkan dari zona kalsinasi ke zona pendinginan untuk didinginkan melalui kontak langsung dengan udara bebas. CaO yang berupa bongkahan quicklime di dapatkan sebagai hasil akhir dan juga dibawa ke tube mil grinding untuk dilakukan penghalusan. Hasil dari proses penghancuran tersebut berupa serbuk quicklime yang terbagi menjadi dua, yaitu sebagai sebagai produk akhir (serbuk quicklime) dan juga di lakukan penghalusan lebih lanjut di pug mil dan dikeringkan dengan uap air sehingga reaksi yang terjadi adalah:



Reaksi antara kapur tohor dan uap air ini menghasilkan (Ca(OH)₂) yang dikeringkan dengan media pengering steam. Kemudian dilakukan pengayakan di screen classifer namun jika hasilnya belum sempurna, akan dikembalikan lagi ke dalam pug mill sampai mendapatkan produk yang diinginkan.

DIAGRAM ALIR

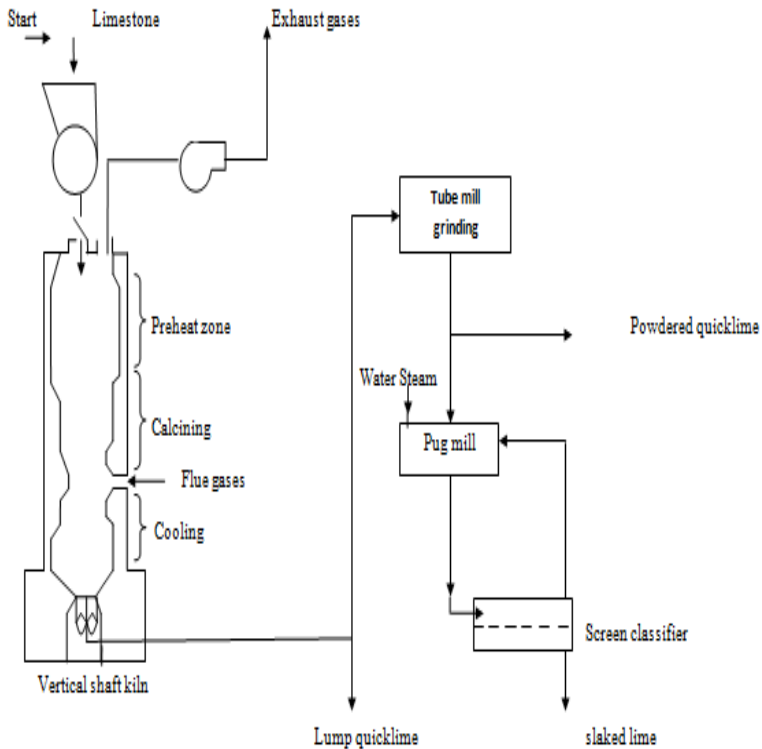


Diagram Alir Pembuatan Kapur pada Proses Kalsinasi dan Hidrasi Kapur

KEGUNAAN

Kegunaan kapur tohor (CaO) antara lain:

- Pemurni gula
- Pemurni gas
- Dicampur dengan kokas (batubara atau minyak) untuk pembuatan karbit
- Dicampur dengan Fluorspar dan soda digunakan untuk

industri logam

- Penyerap air dalam gas, minyak, dan bahan pelarut
- Untuk pupuk dan menetralkan tanah dari keasaman

Kegunaan larutan kapur mati (Ca(OH)_2) antara lain:

- Pembuatan oksida Etylen, perantara aktif untuk plastik dan deterjen
- Pelapis kertas yang mengkilap
- Dicampur dengan klorida untuk pembuatan larutan pembersih tekstil
- Pembuatan TCC untuk tapal gigi, kosmetik dan tablet
- Pemurni bijih logam dan pembuatan logam-logam bukan besi
- Campuran untuk cat dan vernis
- Mengekstrak manesisi dari air laut

Kegunaan bubuk kapur mati (Ca(OH)_2) antara lain:

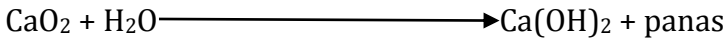
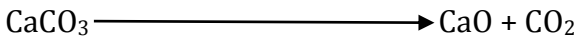
- Pembuatan nicotine sintesis
- Pengisi dan pengembang karet dan kertas
- Dicampur dengan gas khlorit untuk pembuatan pupuk pembersih untuk pupuk pembunuh hama tanaman
- Pembuatan obat-obatan yang mengandung (Ca(OH)_2)
- Pembuatan soda kapur untuk penyerap gas

RANGKUMAN

Kapur merupakan salah satu bahan bangunan yang penting. Bahan ini telah dipakai sejak zaman kuno. Untuk bahan bangunan berdasarkan penggunaannya kapur dibagi menjadi dua jenis, yaitu kapur putih dan kapur aduk, yang dapat dijadikan dalam bentuk kapur tohor ataupun kapur padam.

Bahan baku pembuatan kapur adalah:

Batu Kapur, Gas (CO₂) dan Air, Reaksi proses terbentuknya kapur :



2. Industri Semen

Kata “semen” dari diambil dari kata caementum yang artinya bahan perekat yang memiliki kemampuan untuk mempersatukan atau mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kokoh. Pada saat sekarang ini, istilah semen dapat pula diartikan yaitu yang meliputi bahan pengikat yang terdiri dari zat organik yang tidak dapat dimanfaatkan untuk bahan gedung maupun dari zat anorganik yang dapat dipergunakan untuk bangunan gedung. Sedangkan secara umum semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesive dan sifat cohesive, yang digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material) lainnya seperti pasir dan batu kerikil.

Seiring perkembangan zaman, semen dibuat sesuai dengan kebutuhan dalam pembangunan, namun semen Portland yang merupakan jenis semen yang paling banyak digunakan di dalam kontruksi Indonesia. Semen Portland ditemukan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824. Dikatakan semen portland, karena beton yang dibuat dengan semen ini menyerupai batu bangunan yang ada di Pulau Portland, Inggris. Semen (cement) merupakan hasil industri dari paduan bahan baku, yaitu batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/bulk.. Jika dilihat dari tujuan dan pemakaian semen portland dibagi dari lima type:

1. Type I Semen Reguler

Semen jenis ini adalah semen yang umumnya digunakan untuk bangunan, ada beberapa jenis semen ini, misalnya semen putih yang kandungan feri oksidanya lebih kecil, semen sumur minyak, semen cepat keras dan lain sebagainya.

2. Type II Semen Modifikasi

Semen ini jenis yang kegunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

3. Type III Semen Kekuatan Awal Tinggi

Semen ini merupakan jenis semen yang penggunaannya menuntut kekuatan awal tinggi.

4. Type IV Semen Kalor Rendah

Semen jenis ini dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

5. Type V Semen Tahan Sulfat

Semen jenis ini dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

BAHAN BAKU PEMBUATAN SEMEN

Batu kapur

Calcium Carbonat CaCO_3 berasal dari pembentukan geologis yang pada umumnya dapat dipakai untuk pembuatan semen portland sebagai sumber kapur (CaO). Batu kapur pada umumnya juga bercampur dengan MgCO_3 , MgSO_4 , Alumina silikat dan senyawa oksida lainnya. Batu kapur berwarna abu-abu hingga kuning dikarenakan mengandung senyawa besi dan organik.

Tanah Liat

Tanah liat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) merupakan bahan baku semen yang mempunyai sumber senyawa silika, senyawa alumina dan senyawa besi.

Gypsum

Gypsum adalah salah satu contoh [mineral](#) dengan kadar [kalsium](#) yang lebih banyak dari pada mineralnya. Gypsum berfungsi memperlambat proses pengerasan dari semen (retarde). Hilangnya kristal air pada gipsum menyebabkan hilangnya atau berkurangnya sifat gipsum sebagai retarder. Gypsum yang paling umum ditemukan adalah jenis hidrat [kalsium sulfat](#) dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Dalam pengujian kuat tekan semen dengan kandungan Gypsum yang bervariasi dan gypsum yang berbeda gypsum Natural dan gypsum sintetis serta menggunakan campuran gypsum natural dan gypsum sintetis dengan perbandingan 1:1 dengan target SO_3 dalam semen 1,3 %, 1,5%, 1,7% dan 1,9 %.

Kegunaan gypsum:

- mengatur waktu pengikatan daripada semen atau yang dikenal dengan sebutan retarder
- Selain sebagai pengatur waktu pengikatan dan penyebab pemuai, gypsum juga dapat mempengaruhi kuat tekan baik itu nilai kuat tekan maupun perkembangan kuat tekan

Kerugian gypsum:

- Gypsum dalam semen dapat memberikan efek negatif apabila dalam jumlah yang besar ,yang mana dapat menyebabkan terjadinya pemuai pada semen pada saat digunakan itulah sebabnya penggunaan gypsum harus dikontrol secara ketat

SIFAT FISIK DAN KIMIA BAHAN BAKU DAN PRODUK

Batu Kapur

- Rumus kimia : CaCO_3
- Berat molekul : 100,09 gr/mol
- Titik leleh : 2570°C
- Density : 2,71 gr/ml
- Titik didih : 2850°C

- Kelarutan : Larut dalam air, Asam, NH_4Cl

Tanah Liat

- Rumus kimia : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Berat molekul : 796,40 gr/mol
- Densitas : 2,9 gr/ml
- Titik leleh : Terurai
- Kelarutan : Tidak larut dalam air, asam pelarut lain

Gypsum

- Rumus kimia : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Berat molekul : 172,17 gr/mol
- Densitas : 2,32 gr/ml
- Titik leleh : 128°C
- Titik didih : 163°C
- Warna : Putih
- Kelarutan : Larut dalam air, gliseril, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{SO}_3$ dan garam NH_4

Produk (C_3S , C_2S , dan C_3A)

Secara umum sifat fisik dan kimia semen berbeda-beda berdasarkan karakteristiknya. Namun terdapat syarat untuk menjaga terjamin mutu dari semen, yang harus diperhatikan Sifat Fisik

- Pengikatan dan Pengerasan (*Setting Time dan Hardening*).
 C_3A membentuk $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ yang bersifat kaku dan berbentuk gel. Maka untuk mengatur pengikatan perlu ditambahkan gypsum dan bereaksi dengan $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, membentuk lapisan *etteringete* yang akan membungkus permukaan senyawa tersebut. Namun karena ada peristiwa osmosis lapisan *etteringete* akan pecah dan reaksi hidrasi C_3A akan terjadi lagi, namun akan segera terbentuk lapisan *etteringete* kembali yang akan membungkus $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ kembali sampai gypsum habis. Proses ini akhirnya

menghasilkan perpanjangan *setting time*. Selama itu pasta masih dalam keadaan plastis dan mudah dibentuk, periode ini berakhir dengan pecahnya *coating* dan reaksi hidrasi terjadi kembali dan *initial* mulai terjadi. Selama periode ini beberapa jam, reaksi dari $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ terjadi dan menghasilkan **C-S-H** ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) semen dan akan mengisi rongga dan membentuk titik-titik kontak yang menghasilkan kekakuan. Pada tahap berikutnya terjadi pengikatan konsentrasi **C-S-H** yang akan menghalangi mobilitas partikel – partikel semen yang akhirnya pasta menjadi kaku dan final setting tercapai, lalu proses pengerasan mulai terjadi.

➤ **Kehalusan**

Kehalusan dapat mewakili sifat-sifat fisika lainnya terutama terhadap kekuatan, bertambahnya kehalusan pada umumnya akan bertambah pula kekuatan, mempercepat reaksi hidrasi begitu pula waktu pengikatannya semakin singkat.

➤ **Kuat Tekan**

Kuat tekan merupakan sifat yang paling penting bagi mortar ataupun beton. Kuat tekan dimaksud sebagai kemampuan suatu material untuk menahan suatu beban tekan. Kuat tekan dipengaruhi oleh komposisi mineral utama. C_2S memberikan kontribusi yang besar pada perkembangan kuat tekan awal, sedangkan C_2S memberikan kekuatan semen pada umur yang lebih lama. C_3A mempengaruhi kuat tekan sampai pada umur 28 hari dan selanjutnya pada umur berikutnya pengaruh ini semakin kecil.

Sifat Kimia

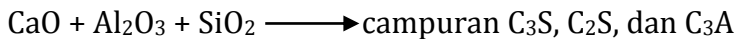
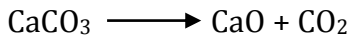
➤ **Mineral compound (C_3S , C_2S , dan C_3A)**

Pada umumnya standard yang ada tidak membatasi besarnya mineral compound tersebut, karena pengukurannya membutuhkan peralatan mikroskopik yang mahal. Mineral compound tersebut dapat di estimasi melalui perhitungan

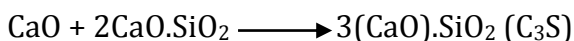
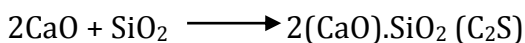
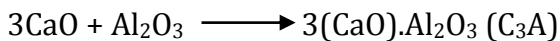
dngan rumus, meskipun perhitungan tidak teliti. Tetapi ada standard yang mensyaratkan mineral compound ini untuk jenisjenis semen tertentu, misalnya ASTM untuk standard semen type IV dan type V. Salah satu mineral yang penting yaitu C_3A , adanya kandungan C_3A dalam semen pada dasarnya adalah untuk mengontrol sifat plastisitas adonan semen dan beton. Tetapi karena C_3A bereaksi terhadap sulfat, maka untuk pemakaian di daerah yang mengandung sulfat dibatasi. Karena reaksi antara C_3A dengan sulfat dapat menimbulkan korosi pada beton.

REAKSI KIMIA

Reaksi kimia yang terjadi dalam proses pembuatan semen yaitu:



Reaksi yang terjadi dalam klin pada fasa padat adalah sebagai berikut:



DATA KUANTITATIF

- a. Basis : 1 ton
 - Tanah Liat : 0,1- 0,3 ton
 - Batu Kapur : 1,2 – 1,3 ton
 - Gypsum : 0,03 – 0,05 ton
 - Batu bara : 0,25 – 0,40 ton
 - Air : 3 ton
 - Listrik : 80 KWH
- b. Rencana kapasitas : 200 – 1200 ton/ hari

KLASIFIKASI PROSES

Campuran Batu Kapur

Batu kapur lokal yang dapat dimanfaatkan langsung untuk pembuatan semen, sebagian besar banyak mengandung silika dan kandungan besi. Kandungan yang tidak diinginkan ini, dapat dibuang dengan metode fluida atau adsorpsi.

Industri Semen Portland

Proses pembuatan semen portland, ada dua proses yaitu proses basah dan proses kering. Pada kedua proses tersebut, penggilingan bahan baku lebih baik dilakukan dalam lingkaran tertutup (Closed Circuit) daripada lingkaran terbuka (Open Circuit) karena dalam cara pertama bagian yang sudah halus diteruskan dan yang masih kasar dikembalikan, sedang dalam cara yang kedua bahan baku digiling terus sampai kehalusan rata-ratanya sudah mencapai tingkat yang dikehendaki. Proses basah merupakan proses yang paling lama dikenal, namun pada saat ini proses kering yang paling banyak digunakan, terutama pada pabrik-pabrik baru. Hal ini dikarenakan lebih hemat energi. Sebab pengendalian dan pencampurannya dapat dilakukan dengan teliti. (Austin Shereve, 1998)

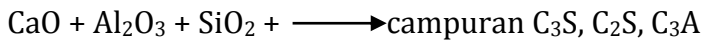
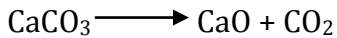
URAIAN PROSES

Batu kapur ditambah tanah liat diumpankan ke pulverizer untuk digiling, kemudian masuk ke tube mill. Di tube mill terjadi penghalusan dalam keadaan basah. Setelah dihaluskan di tube mill, hasilnya dipisahkan dengan classifier. Hasil dari classifier ada 2 jenis, yaitu padatan dan berupa slurry. Padatan dikembalikan lagi ke tube mill untuk dihaluskan lagi, sedangkan yang berupa slurry di alirkan ke rotary filter. Di rotary filter, slurry yang dialirkan tadi di filtrasi, dimana hasilnya berupa cairan dan padatan. Yang cairan di alirkan ke tube mill dan berupa padatan di tambah slurry dan di masukkan ke waste heat boiler. Di waste heat boiler padatan

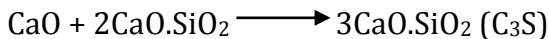
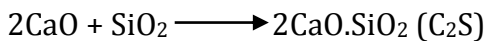
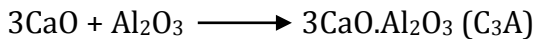
dipanasi. Dari bagian atas samping boiler menghasilkan udara dan debu. Debu dialirkan ke boiler lagi oleh fan untuk di recycle, sedangkan udara dikeluarkan.

Selanjutnya campuran padatan tadi di alirkan ke klin. Di dalam klin terjadi proses kalsinasi dan klinkerisasi. Kalsinasi adalah proses reaksi peruraian karbonat (CaCO_3) menjadi CaO dan CO_2 disebabkan adanya kontak dengan panas. Besarnya CaO yang dihasilkan dari suatu proses kalsinasi disebut derajat kalsinasi. Sedangkan klinkerisasi adalah proses pembentukan komponen utama yang terdapat dalam semen Hasil dari klin disebut klinker.

Reaksi yang terjadi di kiln



Dimana:



DIAGRAM

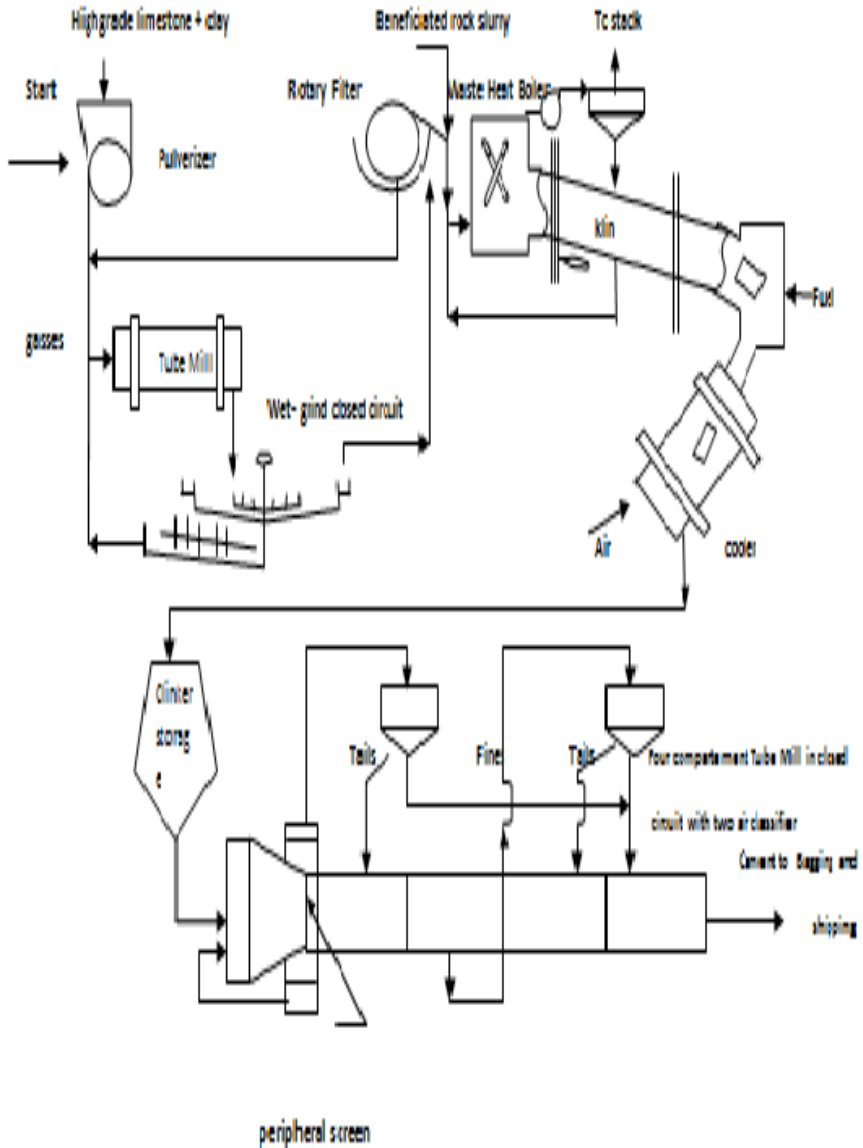


Diagram Alir industri Semen Portland

Gas panas yang digunakan di klin diambil dari hasil pembakaran bahan bakar berasal dari belakang klin. Dikarenakan adanya putaran dan posisi klin yang miring (rendah di bagian belakang) maka material padatan bergerak dari depan ke belakang.

Selama pergerakan, terjadi kontak antara material dengan gas panas yang bergerak ke depan. Semakin kearah belakang temperatur semakin tinggi, sehingga akan terjadi proses perubahan wujud dan komposisi dari klin feed menjadi klinker. Klinker lalu dialirkan ke cooler, disini klinker akan membentuk menjadi butiran- butiran disebabkan pendinginan yang mendadak. Pendinginan ini menggunakan udara yang dimasukkan ke cooler. Udara ini menjadi udara panas setelah digunakan untuk pendinginan, selanjutnya udara panas ini dimanfaatkan untuk proses pembakaran di klin.

Dari cooler butiran ini disimpan sementara di clinker storage. Lalu butiran- butiran klinker ini di haluskan kembali dan dicampur gypsum. Untuk mendapatkan butiran yang homogen, klin diayak di peripheral screen. Peripheral screen ini terdiri dari beberapa tingkat, jadi klin akan masuk ke ayakan ke- 1. Ukuran yang lolos dari ayakan akan dilanjutkan ke ayakan berikutnya, sedangkan yang tertinggal akan dikembalikan ke masukan awal atau dimasukkan ke tube mill, dimana kedua- duanya bertujuan untuk menghaluskan kembali agar dapat lolos ayakan. Dari pengayakan ini akan dihasilkan semen dengan ukuran yang sama.

KEGUNAAN

Kegunaan semen pada aplikasi di kehidupan antra lain:

- Dapat digunakan untuk membangun rumah
- Dapat digunakan untuk membangun bangunan pada umumnya
- Dapat digunakan untuk membuat jalan , jembatan dan pabrik

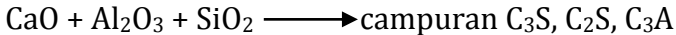
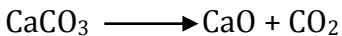
- Dapat digunakan untuk suatu bendungan
- Dapat digunakan untuk membuat terowongan

C. RANGKUMAN

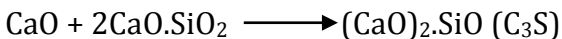
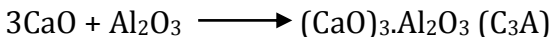
Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesive dan sifat cohesive, yang digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material) lainnya seperti pasir dan batu kerikil. Bahan baku pembuatan semen adalah:

- Batu Kapur
- Tanah Liat
- Pasir Silika
- Pasir Besi
- Gypsum

Reaksi kimia umum yang terjadi dalam proses pembuatan semen yaitu:



Reaksi yang terjadi di klin



D. SOAL LATIHAN.TUGAS

1. Tuliskan reaksi pembuatan Semen ?
2. Jelaskan proses terbentuknya klinker semen dalam alat Kiln?
3. Sebutkan macam2 Jenis Semen dan kegunaannya masing-masing min 5 jenis ?
4. Buatlah diagram alir Proses pembuatan Semen dan Jelaskan masing-masing fungsi alat yang digunakan ?
5. Buatlah perhitungan neraca massa jika ingin mendapatkan 1 ton semen berapakah bahan baku batu kapur dan tanah liat yang dibutuhkan ?

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Umum :

Mahasiswa mampu memahami proses industri gliserin, sabun dan deterjen.

Khusus Mahasiswa dapat :

1. Menentukan bahan baku, produk dan hasil samping, serta buangan dalam proses industri gliserin, sabun dan deterjen
2. Menentukan sifat fisik dan Kimia bahan baku
3. Menuliskan reaksi kimia yang terjadi dalam proses industri gliserin, sabun dan deterjen
4. Menjelaskan Uraian proses berdasarkan flowsheet atau diagram Alir
5. Menghitung neraca massa berdasarkan ; konversi reaksi, persen hasil, persen kemurnian, basis jumlah produk

A. PENDAHULUAN

Gliserin pertama sekali diidentifikasi oleh Scheele pada tahun 1770 yang diperoleh dengan memanaskan minyak zaitun (olive oil). Pada tahun 1784, Scheel melakukan penelitian yang sama terhadap beberapa sumber minyak nabati lainnya dan lemak hewan seperti lard. Scheel menamakan hasil temuannya ini dengan sebutan ‘the sweet principle of fats’. Nama gliserin baru dikenal setelah pada tahun 1811. Nama ini diberikan oleh Chevreul (orang yang melanjutkan penelitian Scheele) yang diambil dari bahasa Yunani (Greek) yaitu dari kata *glyceros* yang berarti manis. Pada tahun 1836, Pelouze menemukan

formula dari gliserol dan pada tahun 1833 Berthlot dan Luce mempublikasikan formula struktur gliserol. Tahun 1847, Sobrero menemukan nitoglycerine, suatu senyawa yang tidak stabil yang mempunyai potensi besar untuk berbagai aplikasi komersial. Tahun 1836, Alfred Nobel mendemostrasikan kemampuan daya ledak nitroglycerine. Pada tahun 1875, Alfred Nobel menemukan suatu peledak yang disebut gelatin yaitu campuran dari nitroglycerine dan nitrocellulose. Penemuan bahan peledak ini membuat permintaan akan gliserin sangat meningkat terutama pada saat revolusi industri. Pada tahun 1883, Runcon mematenkan recovery gliserin dari sabun alkali hasil distilasi. Gliserol merupakan tryhydric alcohol.

Gliserol merupakan senyawa alkohol yang memiliki 3 gugus hidroksil. Gliserol memiliki nama baku 1,2,3-propanatriol. Senyawa ini berwujud cair, tidak berwarna dengan titik didih 290°C. Titik didih tinggi yang dimiliki oleh senyawa dengan bobot molekul 92,09 g/mol ini disebabkan adanya ikatan hidrogen yang sangat kuat antar molekul gliserol. Gliserol merupakan bahan baku pembentuk trigliserida, yang dapat membentuk ikatan ester dengan asam lemak.

B. BAHAN BAKU

1. Air
2. Gliserol
3. Asam Lemak

SIFAT FISIK DAN KIMIA BAHAN BAKU DAN PRODUK

1. Gliserol

Rumus Molekul : $\text{CH}_2\text{OH CHOH CH}_2\text{OH}$

Rumus Kimia : $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$

Nama Lain : 1,2,3-Propanatriol, 1,2,3-Trihidroksipropana, Gliserin, Gliseritol, Glisil Alkohol

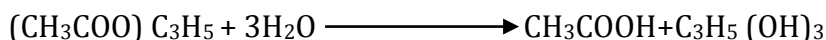
Berat Molekul : 92,095 g/mol
Titik Didih : 290oC
Titik Leleh : 18oC
Temperatur Kritis : 451,85oC
Tekanan Kritis : 65,82778 atm
Specific Gravity (25oC) : 1,262
Densitas : 1,261 g/cm³
Viskositas : 1,5 Pa.s
Panas Jenis : 0,497 kal/goC
Energi : 4,32 kkal/g
Flash Point : 160oC
Kenampakan : Cairan kuning pucat
Kemurnian : 99%
Impuritas : 1% Air

2. Asam Lemak

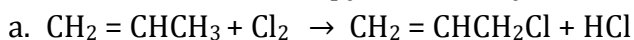
Rumus Molekul : R – C - OH
Rumus Kimia : RCOOH
Berat Molekul : 283,7667 g/mol
Titik Didih : 215oC (pada 15mmHg)
Titik Leleh : 63-64oC
Densitas : 0,853 g/cm³ (pada 62oC)
Kenampakan : Cairan kuning muda
Kelarutan : Tak larut dalam air
Kemurnian : 88%
Impuritas : CPO 3%
Air 9%

REAKSI KIMIA

Pada Hidrolizer



Reaksi Gliserin dari Propylene via Allyl Chloride



Propylene allyl chloride

- b. $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}.\text{CHCl}.\text{CH}_2\text{Cl}$
 Chlorhydrin glycerol dichlorhydrin H H H.
- c. $\text{CH}_2\text{OH}.\text{CHCl}.\text{CH}_2\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{HC}-\text{C}-\text{C}-\text{Cl HC}$
 Epichlorhydrin H H H CH_2OH
- d. $\text{HC}-\text{C}-\text{C}-\text{Cl} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CHOH} + \text{NaOH CH}_2\text{OH}$
 Glycerine (75-80%) yield

Catatan : Proses ini menghasilkan epichlorhydrin menengah,
 bahan dasar pembuatan resin epoksi. Gliserin sintetis
 dari Propylene melalui akrolein $\text{CH}_3\text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
 $\text{CH}_3\text{CHOH}.\text{CH}_3$ Propylene isopropanol

DATA KUANTITATIF

- (a) Basic : 1 ton gliserin
- | | |
|------------------|----------|
| Minyak dan lemak | :1.1 ton |
| Propylene | :6 kg |
| 50% NaOH | :0.4 ton |
| Air | :0.8 ton |
| Steam | :1.6 ton |
- (b) Kapasitas industri :2 – 20 ton/hari

B. POKOK-POKOK ISI :

1. Pembuatan Glycerol
2. Pembuatan Sabun dan Detergen

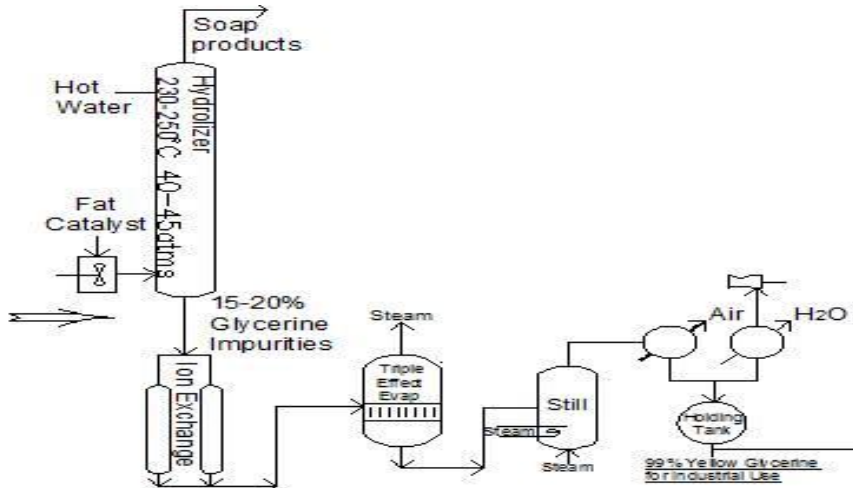
1. PEMBUATAN GLYSEROL

Tiga cara pembuatan Gliserol, didasarkan bahan baku yang digunakan yaitu :

- a. Allyl chloride route
- b. Acrolein route

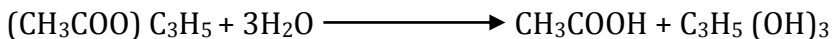
DIAGRAM ALIR

Proses Pembuatan Gliserin (produk sampingan)



URAIAN PROSES

Bahan baku berupa gliserol, asam lemak, dan air yang dimasukkan kedalam tangki *hydrolizer*, dimana tangki tersebut di tambahkan air panas yang bersuhu sekitar 230 - 250°C, dengan tekanan sebesar 40-45 atm. Di tangki ini mengalami reaksi yaitu :



Pada tangki ini, produk dihasilkan ada dua, yaitu top produk, dan bottom produk, produk pertama merupakan pembuatan sabun, dan produk kedua merupakan produk sampingan yaitu pembuatan gliserin yang belum murni.

Pada bottom roduk ini dihasilkan gliserin yang belum murni yang masih mengandung 15-20% impuritis. Dari tangki ini, bahan baku dialirkan ke *ion exchange*, dimana *ion exchange* ini adalah pertukaran ion antara dua elektrolit atau antara elektrolit solusi dan kompleks. pada tangki ini terjadi proses pemurnian, pemisahan, dan dekontaminasi berair dan lainnya yang mengandung ion-solusi dengan padat polimer atau mineralic 'penukar ion'. setelah dari tangki ini, bahan baku di

alirkan pada tangki *triple effect evaporator*, di tangki ini bahan baku mengalami penguapan, dan bahan baku mengalir lagi ke tangki *still* disini bahan baku di steam kembali diasumsikan sesuai dengan titik didih gliserin itu sendiri yaitu 290°C, saat di steam uap yang keluar di tangkap oleh udara, dan bahan baku di vacuum kan, di ambil kadar airnya, lalu bahan baku tadi di simpan pada tangki penampungan yaitu Holding tank, di tangki ini, gliserin yang didapat belumlah murni berwarna putih. Dan untuk proses pemurniannya, bahan baku dialirkan ke tangki pengaduk dan di tangki ini ditambahkan carbon active. dimana fungsi dari carbon active itu adalah untuk memurnikan suatu zat menjadi lebih baik dan bagus. Setelah itu bahan baku di filter atau disaring. sehingga didapatkan 99% gliserin yang telah murni.

KEGUNAAN PRODUK

1. Kosmetik

Digunakan sebagai *body agent, emollient, humectant, lubricant, solven*. Biasanya dipakai untuk *skin cream and lotion, shampoo and hair conditioners*, sabun dan *detergen*

2. Dental Cream

Digunakan sebagai *humectant*.

3. Peledak

Digunakan untuk membuat nitrogliserin sebagai bahan dasar peledak.

4. Industri Makanan dan Minuman

Digunakan sebagai solven, emulsifier, *conditioner, freeze, preventer and coating* serta dalam industri minuman anggur.

5. Industri Logam

Digunakan untuk *pickling, quenching, stripping, electroplating, galvanizing* dan *solfering*.

6. Industri Kertas

Digunakan sebagai *humectant*, *plasticizer*, dan *softening agent*.

7. Industri Farmasi

Digunakan untuk antibiotik dan kapsul.

8. Tobacco

Digunakan sebagai *humectant*, *softening agent* dan *flavor enhancer*.

Berikut ini adalah persentase pemakaian gliserol untuk keperluan industri, yaitu:

1. Alkil resin 36%
2. *Cellophone* 17%
3. Untuk kebutuhan obat-obatan dan pasta gigi 16%
4. Industri tembakau 13%
5. Monogliserida dan bahan makanan 3%
6. Bahan peledak 5%
7. Untuk penggunaan lain (seperti pelumas, sabun detergen, keramik, produk fotografi, dan kosmetik) 14%.

Sabun merupakan merupakan suatu bentuk senyawa yang dihasilkan dari reaksi saponifikasi. Saponifikasi adalah reaksi hidrolisis asam lemak oleh adanya basa lemah (misalnya NaOH). Hasil lain dari reaksi saponifikasi ialah gliserol. Selain C12 dan C16, sabun juga disusun oleh gugus asam karboksilat. Prinsip utama kerja sabun ialah gaya tarik antara molekul kotoran, sabun, dan air. Kotoran yang menempel pada tangan manusia umumnya berupa lemak. Untuk mempermudah penjelasan, mari kita tinjau minyak goreng sebagai contoh. Minyak goreng mengandung asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Asam lemak jenuh yang ada pada minyak goreng umumnya terdiri dari *asam miristat*, *asam palmitat*, *asam laurat*, dan *asam kaprat*. Asam lemak tidak jenuh dalam minyak goreng adalah *asam oleat*, *asam linoleat*, dan *asam linolena*. Asam

lemak tidak lain adalah *asam alkanoat* atau asam karboksilat berderajat tinggi (rantai C lebih dari 6).

2. PEMBUATAN SABUN DAN DETERJEN

Sabun yang banyak mengandung busa, terutama pada sabun cair yang terbuat dari minyak kelapa atau kopra ini biasanya menyebabkan rangsangan dan memungkinkan penyebab dermatitis bila dipakai. Oleh karena itulah penggunaannya diganti dengan minyak zaitun dan minyak kacang kedele atau minyak yang lain yang dapat menghasilkan sabun lebih lembut dan baik. Tetapi para pemakai kurang menyukainya sebab sabun ini kelarutannya rendah dan tidak memberikan busa yang banyak. Dengan perkembangan yang cukup pesat dalam dunia industri dimungkinkan adanya penambahan bahan-bahan lain kedalam sabun sehingga menghasilkan sabun dengan sifat dan kegunaan baru.

Bahan utama yang digunakan dengan persentase komposisi terbesar yang membentuk bagian integral dari suatu produk jadi. Bahan baku untuk pembuatan sabun adalah :

- Minyak

Jumlah minyak atau lemak yang digunakan dalam proses pembuatan sabun harus dibatasi karena berbagai alasan, seperti : kelayakan ekonomi, spesifikasi produk (sabun tidak mudah teroksidasi, mudah berbasa, dan mudah larut), dan lain-lain. Beberapa jenis minyak atau lemak yang biasa dipakai dalam proses pembuatan sabun di antaranya :

1. Tallow. Tallow adalah lemak sapi atau domba yang dihasilkan oleh industri pengolahan daging sebagai hasil samping. Kualitas dari tallow ditentukan dari warna, titer (temperatur solidifikasi dari asam lemak), kandungan FFA, bilangan saponifikasi, dan bilangan iodin. Tallow dengan kualitas baik biasanya digunakan

dalam pembuatan sabun mandi dan tallow dengan kualitas rendah digunakan dalam pembuatan sabun cuci. Oleat dan stearat adalah asam lemak yang paling banyak terdapat dalam tallow. Jumlah FFA dari tallow berkisar antara 0,75-7,0 %. Titer pada tallow umumnya di atas 40°C. Tallow dengan titer di bawah 40°C dikenal dengan nama grease.

2. Lard. Lard merupakan minyak babi yang masih banyak mengandung asam lemak tak jenuh seperti oleat (60 ~ 65%) dan asam lemak jenuh seperti stearat (35 ~ 40%). Jika digunakan sebagai pengganti tallow, lard harus dihidrogenasi parsial terlebih dahulu untuk mengurangi ketidakterjenuhannya. Sabun yang dihasilkan dari lard berwarna putih dan mudah berbusa.
3. Palm Oil (minyak kelapa sawit). Minyak kelapa sawit umumnya digunakan sebagai pengganti tallow. Minyak kelapa sawit dapat diperoleh dari pemasakan buah kelapa sawit. Minyak kelapa sawit berwarna jingga kemerahan karena adanya kandungan zat warna karotenoid sehingga jika akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan sabun harus dipucatkan terlebih dahulu. Sabun yang terbuat dari 100% minyak kelapa sawit akan bersifat keras dan sulit berbusa. Maka dari itu, jika akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan sabun, minyak kelapa sawit harus dicampur dengan bahan lainnya.
4. Coconut Oil (minyak kelapa). Minyak kelapa merupakan minyak nabati yang sering digunakan dalam industri pembuatan sabun. Minyak kelapa berwarna kuning pucat dan diperoleh melalui ekstraksi daging buah yang dikeringkan (kopra). Minyak kelapa memiliki kandungan asam lemak jenuh yang tinggi, terutama asam laurat, sehingga minyak kelapa tahan terhadap

oksidasi yang menimbulkan bau tengik. Minyak kelapa juga memiliki kandungan asam lemak kaproat, kaprilat, dan kaprat.

5. Palm Kernel Oil (minyak inti kelapa sawit). Minyak inti kelapa sawit diperoleh dari biji kelapa sawit. Minyak inti sawit memiliki kandungan asam lemak yang mirip dengan minyak kelapa sehingga dapat digunakan sebagai pengganti minyak kelapa. Minyak inti sawit memiliki kandungan asam lemak tak jenuh lebih tinggi dan asam lemak rantai pendek lebih rendah daripada minyak kelapa.
6. Palm Oil Stearine (minyak sawit stearin). Minyak sawit stearin adalah minyak yang dihasilkan dari ekstraksi asam-asam lemak dari minyak sawit dengan pelarut aseton dan heksana. Kandungan asam lemak terbesar dalam minyak ini adalah stearin.
7. Marine Oil. Marine oil berasal dari mamalia laut (paus) dan ikan laut. Marine oil memiliki kandungan asam lemak tak jenuh yang cukup tinggi, sehingga harus dihidrogenasi parsial terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan baku.
8. Castor Oil (minyak jarak). Minyak ini berasal dari biji pohon jarak dan digunakan untuk membuat sabun transparan.
9. Olive oil (minyak zaitun). Minyak zaitun berasal dari ekstraksi buah zaitun. Minyak zaitun dengan kualitas tinggi memiliki warna kekuningan. Sabun yang berasal dari minyak zaitun memiliki sifat yang keras tapi lembut bagi kulit.
10. Campuran minyak dan lemak. Industri pembuat sabun umumnya membuat sabun yang berasal dari campuran minyak dan lemak yang berbeda. Minyak kelapa sering dicampur dengan tallow karena memiliki sifat yang

saling melengkapi. Minyak kelapa memiliki kandungan asam laurat dan miristat yang tinggi dan dapat membuat sabun mudah larut dan berbusa. Kandungan stearat dan palmitat yang tinggi dari tallow akan memperkeras struktur sabun.

Alkali

Jenis alkali yang umum digunakan dalam proses saponifikasi adalah NaOH, KOH, Na₂CO₃, NH₄OH, dan ethanolamines. NaOH, atau yang biasa dikenal dengan soda kaustik dalam industri sabun, merupakan alkali yang paling banyak digunakan dalam pembuatan sabun keras. KOH banyak digunakan dalam pembuatan sabun cair karena sifatnya yang mudah larut dalam air. Na₂CO₃ (abu soda/natrium karbonat) merupakan alkali yang murah dan dapat menyabunkan asam lemak, tetapi tidak dapat menyabunkan trigliserida (minyak atau lemak).

Ethanolamines merupakan golongan senyawa amin alkohol. Senyawa tersebut dapat digunakan untuk membuat sabun dari asam lemak. Sabun yang dihasilkan sangat mudah larut dalam air, mudah berbusa, dan mampu menurunkan kesadahan air. Sabun yang terbuat dari ethanolamines dan minyak kelapa menunjukkan sifat mudah berbusa tetapi sabun tersebut lebih umum digunakan sebagai sabun industri dan deterjen, bukan sebagai sabun rumah tangga. Pencampuran alkali yang berbeda sering dilakukan oleh industri sabun dengan tujuan untuk mendapatkan sabun dengan keunggulan tertentu.

Bahan Tambahan

Bahan Tambahan adalah bahan yang digunakan dalam membantu kelancaran proses produksi dan bahan ini termasuk bagian dari produk. Adapun bahan tambahan yang digunakan

adalah sebagai berikut:

- Parfum
Fungsi : Sebagai pemberi aroma pada sabun
- Pewarna
Fungsi : Sebagai pembentuk warna pada sabun
- *Vaselin / petroleum*
Fungsi : Sebagai pelembab pada sabun
- Sodium Silikat
- *TCC (Three Chloro Carbon) dan Irganon*
Fungsi : Sebagai anti bakteri pada sabun kesehatan

Bahan Penolong

Bahan penolong adalah bahan yang digunakan secara tidak langsung dalam produk dan bukan merupakan komposisi produk, tetapi digunakan sebagai pelengkap produk. Adapun yang menjadi bahan tambahan antara lain :

- Water (H₂O)
Fungsi : Sebagai kebutuhan proses untuk pengenceran

Produk

Pada proses pembuatan sabun terdapat produk utama dan produk samping, produk utamanya adalah sabun dan produk sampingannya adalah gliserin, yang merupakan hasil dari hidrolisis lemak oleh air.

SIFAT FISIK DAN KIMIA BAHAN BAKU DAN PRODUK

Minyak

Minyak/lemak merupakan senyawa lipid yang memiliki struktur berupa ester dari gliserol. Pada proses pembuatan sabun, jenis minyak atau lemak yang digunakan adalah minyak nabati atau lemak hewan. Perbedaan antara minyak dan lemak adalah wujud keduanya dalam keadaan ruang. Minyak akan

berwujud cair pada temperatur ruang ($\pm 28^{\circ}\text{C}$), sedangkan lemak akan berwujud padat.

Minyak tumbuhan maupun lemak hewan merupakan senyawa trigliserida. Trigliserida yang umum digunakan sebagai bahan baku pembuatan sabun memiliki asam lemak dengan panjang rantai karbon antara 12 sampai 18. Asam lemak dengan panjang rantai karbon kurang dari 12 akan menimbulkan iritasi pada kulit, sedangkan rantai karbon lebih dari 18 akan membuat sabun menjadi keras dan sulit terlarut dalam air. Kandungan asam lemak tak jenuh, seperti oleat, linoleat, dan linolenat yang terlalu banyak akan menyebabkan sabun mudah teroksidasi pada keadaan atmosferik sehingga sabun menjadi tengik. Asam lemak tak jenuh memiliki ikatan rangkap sehingga titik lelehnya lebih rendah daripada asam lemak jenuh yang tak memiliki ikatan rangkap, sehingga sabun yang dihasilkan juga akan lebih lembek dan mudah meleleh pada temperatur tinggi.

Alkali

Pada umumnya, alkali yang digunakan dalam pembuatan sabun pada umumnya hanya Natrium Hidroksida

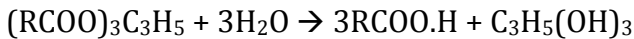
rumus molekul	: NaOH
berat molekul	: 39.99711 g/mol
wujud	: padatan putih
Density	: 2.13 g/cm ³
titik leleh	: 318 °C, 591 K, 604 °F
titik didih	: 1388 °C, 1661 K, 2530 °F
kelarutan dalam air	: 1110 g/L (20 °C)
kelarutan dalam etanol	: 139 g/L
kelarutan dalam methanol	: 238 g/L
index bias (n_D)	: 1.412

DATA KUANTITATIF

- a. Basis : 1 ton sabun anhidrat
 - Minyak dan lemak :50 %
 - NaOH :1.1 ton
 - Sodium silikat : 0.3 ton
 - Air : 0.8 ton
 - Steam : 1.5 ton
- b. Kapasitas industri : 2 – 15 ton/days

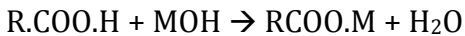
REAKSI KIMIA

Reaksi 1 (Pemisahan lemak)



Triglyceride fatty acid : glycerine

Reaksi 2 (Saponifikasi)



Dimana M adalah unsure K atau Na

KLASIFIKASI PROSES

Sabun dapat dibuat melalui proses batch atau kontinu.

- a. Pada proses batch, lemak atau minyak dipanaskan dengan alkali (NaOH atau KOH) berlebih dalam sebuah ketel. Jika penyabunan telah selesai, garam garam ditambahkan untuk mengendapkan sabun. Lapisan air yang mengaundung garam, gliserol dan kelebihan alkali dikeluarkan dan gliserol diperoleh lagi dari proses penyulingan. Endapan sabun gubal yang bercampur dengan garam, alkali dan gliserol kemudian dimurnikan dengan air dan diendapkan dengan garam berkali-kali. Akhirnya endapan direbus dengan air secukupnya untuk mendapatkan campuran halus yang lama-kelamaan membentuk lapisan yang homogen dan mengapung. Sabun ini dapat dijual langsung tanpa pengolahan lebih lanjut, yaitu sebagai sabun industri yang murah. Beberapa bahan pengisi ditambahkan, seperti pasir

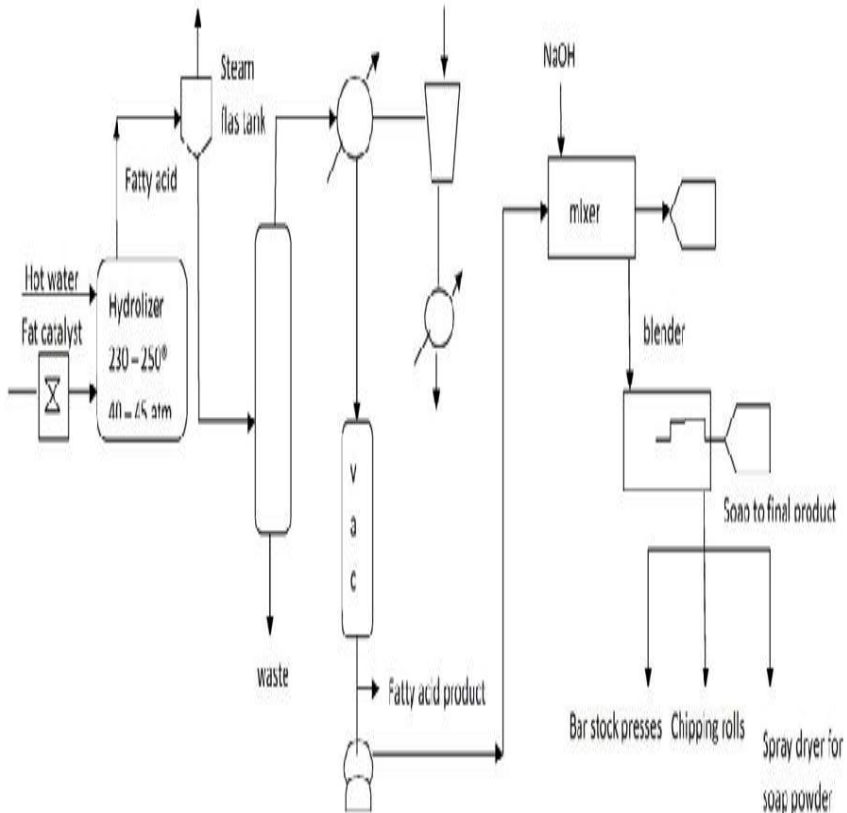
atau batu apung dalam pembuatan sabun gosok. Beberapa perlakuan diperlukan untuk mengubah sabun gubal menjadi sabun mandi, sabun bubuk, sabun obat, sabun wangi, sabun cuci, sabun cair dan sabun apung (dengan melarutkan udara di dalamnya).

- b. Pada proses kontinu, yaitu yang biasa dilakukan sekarang, lemak atau minyak hidrolisis dengan air pada suhu dan tekanan tinggi, dibantu dengan katalis seperti sabun seng. Lemak atau minyak dimasukkan secara kontinu dari salah satu ujung reaktor besar. Asam lemak dan gliserol yang terbentuk dikeluarkan dari ujung yang berlawanan dengan cara penyulingan. Asam-asam ini kemudian dinetralkan dengan alkali untuk menjadi sabun.

Pada umumnya, alkali yang digunakan dalam pembuatan sabun pada umumnya hanya NaOH dan KOH, namun kadang juga menggunakan NH_4OH . Sabun yang dibuat dengan NaOH lebih lambat larut dalam air dibandingkan dengan sabun yang dibuat dengan KOH. Sabun yang terbuat dari alkali kuat (NaOH, KOH) mempunyai nilai pH antara 9,0 sampai 10,8 sedangkan sabun yang terbuat dari alkali lemah (NH_4OH) akan mempunyai nilai pH yang lebih rendah yaitu 8,0 sampai 9,5.

DIAGRAM ALIR

3.7 Diagram alir



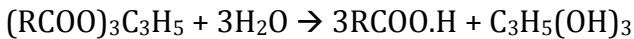
Continous process for fatty acid, soap and detergent

URAIAN PROSES

Dari diagram alir di atas, maka dapat diuraikan proses pembuatan sabun, yaitu sebagai berikut :

Bahan baku berupa trigliserin masuk ke dalam kolom hidrolizer dengan penambahan katalis ZPO, akan terjadi proses hidrolisis dengan ditambahkan uap air panas yang masuk pada suhu 230-250°C dan tekanan 40-45 atm, sehingga trigliserin terpisah menjadi asam lemak dan trigliserin. Reaksi

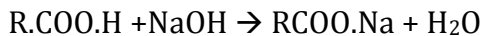
yang terjadi yaitu :



Asam lemak yang terbentuk lalu dimasukkan ke dalam flash tank agar suhunya turun dan asam lemak yang dihasilkan menjadi lebih pekat, kemudian dimasukkan ke kolom high vacuum still hingga proses destilasi, pada proses ini asam lemak akan menguap sedangkan zat yang tidak diharapkan akan keluar melalui bawah kolom.

Uap asam lemak yang terbentuk kemudian dilewatkan ke dalam cooler sehingga dihasilkan asam lemak yang berbentuk pasta murni lalu produk ini disimpan dalam holding tank.

Pada proses pembuatan sabun, bahan baku merupakan lemak yang dipompakan ke dalam mixer, lalu ditambahkan NaOH dan diaduk dengan kecepatan tinggi sehingga terjadi proses saponifikasi atau penyabunan. Reaksi yang terjadi adalah :



Lalu dimasukkan ke dalam blender dengan kecepatan rendah agar campuran homogeny, Pada blender terjadi pencampuran dengan bahan-bahan lain yang dibutuhkan, seperti parfum, TCC, dan sebagainya. Kemudian produk sabun telah jadi, dan untuk finishing diteruskan dengan dipompa melalui jalur dipanaskan ke bar sabun untuk sabun batangan dengan menggunakan tekanan, untuk menghasilkan detergen menggunakan pengering semprot sehingga diperoleh sabun berupa serbuk atau bubuk , dan untuk sabun cair yang dikeluarkan dari bagian bawah alat secara langsung kemudian diikuti dengan operasi pengemasan.

KEGUNAAN PRODUK

Sabun berfungsi sebagai bahan pembersih, dalam penggunaannya sesuai dengan jenis sabun itu sendiri, yaitu :

- a. Sabun mandi, digunakan untuk membersihkan tubuh ketika mandi

- b. Sabun cuci batangan, dapat juga digunakan untuk mencuci pakaian dan barang lainnya
- c. Sabun colet, digunakan untuk mencuci berbagai peralatan rumah tangga

FUNGSI ALAT

- a. Hidrolizer digunakan sebagai tempat terjadinya reaksi antara asam lemak dengan air.
- b. High Vacuum still digunakan untuk penampungan bahan dengan tekanan vakum agar diperoleh uap dari bagian top alat.
- c. Kondensor digunakan untuk proses pendinginan bahan.
- d. Pompa digunakan untuk mengalirkan zat ke dalam wadah tertentu dengan cara tekanan.
- e. Steam flash Tank digunakan untuk pemanasan dengan tekanan uap yang tinggi.
- f. Holding tank digunakan untuk tempat penampungan hasil kondensasi asam lemak yang masih belum murni yang akan dijadikan sebagai bahan baku pembuatan sabun dan detergen.
- g. Mixer digunakan sebagai tempat pencampuran dalam sistem emulsi sehingga menghasilkan suatu dispersi yang homogen.
- h. Blender digunakan sebagai tempat untuk memperhalus ukuran partikel agar sesuai dengan yang diinginkan.

C. RANGKUMAN

- 1. Sabun merupakan merupakan suatu bentuk senyawa yang dihasilkan dari reaksi saponifikasi. Saponifikasi adalah reaksi hidrolisis asam lemak oleh adanya basa lemah (misalnya NaOH). Hasil lain dari reaksi saponifikasi ialah gliserol. Selain C12 dan C16, sabun juga disusun oleh gugus asam karboksilat. Hidrolisis ester dalam suasana basa bisa disebut juga saponifikasi.

2. Bahan dasar pembuatan sabun secara sederhana adalah dengan memanaskan campuran antara lemak/minyak dengan alkali (basa).
3. Metoda metoda proses pembuatan sabun ini ada dua macam yaitu metoda batch dan metoda kontinu.
4. Selain bahan baku sabun minyak/lemak dan alkali, pada sabun juga ditambahkan pewarna dan parfum agar sabun lebih bersifat ekonomis.

Gliserol merupakan senyawa alkohol yang memiliki 3 gugus hidroksil. Gliserol memiliki nama baku 1,2,3-propanatriol.

gliserin merupakan nama dagang dari gliserol. Gliserol dapat dihasilkan dari berbagai hasil proses, seperti : 1. Fat splitting, yaitu reaksi hidrolisa antara air dan minyak menghasilkan gliserol dan asam lemak.

Ada 3 cara dalam proses pembuatan gliserin yaitu :

1. *Twitchels*
2. *Batch Autoclave*
3. *Continuous*

D. SOAL LATIHAN// TUGAS

1. Buatlah perhitungan neraca massa pada pemmbuatan glyserin berdasarkan reaksi yang terjadi bila ingin membuat 1 ton glyserin Hitunglah berap berat bahan baku yang dibutuhkan ?
2. Buatlah diagram alir proses pembuatan sabun ?
3. Jelaskan masing-masing fungsi alat yang digunakan ?
4. Jelaskan macam-macam sabun yang kamu ketahui, berikan perbedaan dan kelebihan dari sabun tersebut?
5. Tuliskan reaksi safonifikasi pada pembuatan sabun ?

BAB VIII

INDUSTRI PHOSFOR

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Umum :

Mahasiswa mampu memahami proses industri Fosfor

Khusus Mahasiswa dapat :

1. Menentukan bahan baku, produk dan hasil samping, serta buangan dalam proses industri Fosfor
2. Menentukan sifat fisik dan Kimia bahan baku
3. Menuliskan reaksi kimia yang terjadi dalam proses industri Fosfor
4. Menjelaskan Uraian proses berdasarkan flowsheet atau diagram Alir
5. Menghitung neraca massa berdasarkan ; konversi reaksi, persen hasil, persen kemurnian, basis jumlah produk

A. Pendahuluan

Penggunaan pupuk buatan industri dalam industri seperti : asam posfat garam-garam posfat dan turunannya telah banyak sekali. Beberapa dasawarsa terakhir ini, industry posfat telah banyak mengalami kemajuan menurunkan biaya produksi. Hal itulah yang menyebabkan posfor, asam posfat, dan garam dipakai dalam bidang yang lebih luas dan banyak dibuat turunan-turunan barunya.

Diperkirakan pada suatu waktu nanti, kimia posfor, sejajar dengan ilmu kimia karbon (organik) atau kimia silikon. Bahan posfor mempunyai sifat unik karena posfor mempunyai peranan penting dalam proses biologi, serta adanya

kemampuan poliposfat untuk membuat kompleks atau dengan berbagai kation logam.

B. Pokok-Pokok Isi

1. Industri Posfor
2. Industri Kalsium Fosfat
3. Dan Asam Phosfat

1. Industri Posfor

Bahan baku

Batuan posfat, Pasir, Batu bara dan Elektroda karbon

Sifat fisik dan kimia bahan baku dan produk

a. Batuan Phospat

- Stabil
- Tidak mudah larut dalam air
- Termasuk pupuk jangka panjang, sehingga tidak sesuai digunakan untuk tanaman semusim
- Kadar P_2O_5 berkisar antara 27 – 41%.
- Tidak higroskopis
- Reaksi fisiologisnya netral

b. Batu bara

Rumus empiris : $C_{137}H_{97}O_9NS$ untuk bituminus dan $C_{240}H_{90}O_4NS$ untuk antrasit.

Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batu bara umumnya dibagi dalam lima kelas:

- **Antrasit** adalah kelas batu bara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.
- **Bituminus** mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya.

- **Sub-bituminus** mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.
- **Lignit** atau batu bara coklat adalah batu bara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya.
- **Gambut**, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

c. Pasir

Pasir adalah bahan alami halus dibagi terdiri dari batuan dan mineral partikel. Partikel pasir berkisar diameter dari 0.0625mm (atau 1 / 16 mm, atau 62,5 mikrometer) untuk 2 milimeter. Semakin besar ukuran kelas berikutnya di atas pasir kerikil, dengan partikel mulai dari 2 mm sampai 64 mm (lihat ukuran partikel standar digunakan).

d. Coke Breeze

Coke adalah bahan karbon padat berasal dari distilasi destruktif rendah-abu, rendah sulfur batubara bituminous . Coke dari batubara adalah abu-abu, keras, dan keropos.

Posfor kuning

- Berat molekul : 123,9 gr/mol
- Bentuk kristal : tetrahedron
- Titik lebur : 44,1°C
- Titik didih : 280 °C
- Density : padat: 1,82 g, cair: 1,74gr/ml
- Kelarutan : larut dalam CS₂ tetapi tidak larut dalam air

Posfor merah

- Berat molekul : 123,9 gr/mol
- Bentuk kristal : amorf
- Titik didih : menyublim tanpa meleleh pada 420°C
- Titik leleh : 59,3 °C
- Titik lebur : > 44 °C

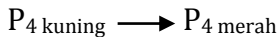
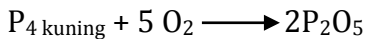
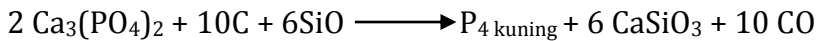
- Density padat : 2,36 gr/ml
- Kelarutan : tidak larut pada pelarut eter atau CS₂
-

Sifat kimia

Posfor kuning : beracun, sangat reaktif harus disimpan dalam air, dalam gelap bersinar

Posfor merah : tidak beracun, tidak reaktif, dalam gelap tidak bersinar

Reaksi kimia



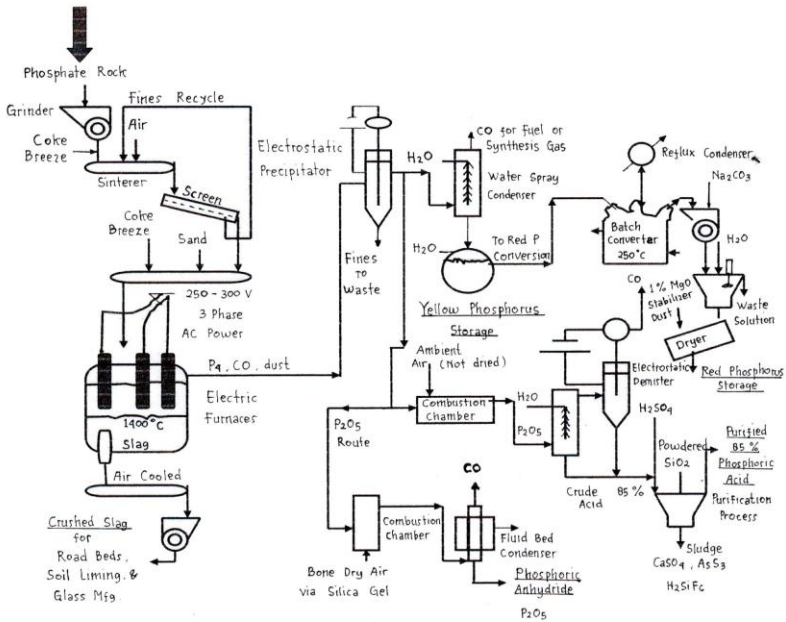
Data kuantitatif

Basis	: 1 ton posfor kuning (93% yield)
Batuan posfat	: 7,5 ton pada 32% P ₂ O ₅ untuk 9,6 ton pada 25% P ₂ O ₅
Pasir	: 3,3- 3,8 ton
Batu bara	: 1,6-1,8 ton
Elektroda karbon	: 18-25 kg
Listrik	: 12.000-15.000 KWH
Pendingin air	: 200-250 ton
Kapasitas pabrik	: 25-70 ton perhari

Klasifikasi proses : Industri posfor, posfor pentaoksida dan asam posfat dengan metode elektrik furnace yaitu konversi langsung .

Diagram alir

1.7 Flowsheet

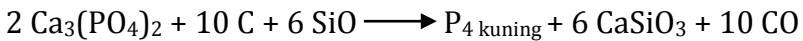


Gambar 5.1. Produksi Pestor, Pestor Pentoksida dan Asam Phospat

Uraian proses

Bahan baku yang digunakan dalam industri ini yaitu batuan posfat. Produksi posfor, posfor pentaoksida, dan asam phosfat dimulai dari batuan posfat dimasukkan ke dalam grinder dengan tujuan untuk pengecilan ukuran. Kemudian dialirkan ke dalam sinterer sebagai tempat penampungan dan pencampuran antara batu posfat dengan coke breeze dan

udara. Campuran masuk ke screen untuk diayak. Hasil yang masih kasar di recycle kembali dan yang halus masuk ke dalam sinterer dan dicampur dengan pasir dan coke breeze. Selanjutnya campuran tadi dimasukkan ke dalam electric furnace dengan tegangan 250 – 300 V pada temperatur 1400 – 1450°C. Pada electric furnace terjadi reaksi yaitu:

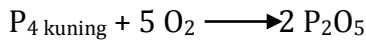


Pada bagian bawah alat ini akan terbentuk terak. Terak yang terbentuk dikumpulkan dan dialirkan udara dingin. Hasil potongan terak kemudian dimasukkan ke dalam crusher. Sedangkan hasil reaksi keluar dari samping alat, hasil ini berupa P₄, CO, dan debu yang selanjutnya dialirkan ke electrostatic precipitator yang berfungsi untuk menangkap debu dengan bantuan listrik. Debu yang ditangkap kemudian dikeluarkan sebagai limbah.

Sebagian hasil dari electricstatic precipitator masuk ke water spray condenser dengan tujuan pendinginan dan kondensasi, gas CO keluar pada bagian atas alat dan digunakan sebagai bahan bakar atau sintesis gas. Sedangkan hasil berupa cairan posfor kuning mengumpul pada dasar penampungan, kemudian dialirkan ke dalam batch konverter untuk dikonversi menjadi posfor merah. Sebagian hasil konversi dilakukan dengan refluks dan sebagiannya lagi masuk ke dalam grinder untuk dilakukan pengecilan ukuran.

Posfor merah yang telah dikecilkan dicuci dengan Na₂CO₃ dan air untuk memisahkan posfor kuning yang masih tersisa. Hasil cucian yang berupa limbah cair dibuang sedangkan hasil posfor merah dikeringkan di dalam dryer dan ditambahkan penstabil berupa 1% MgO yang berfungsi untuk mengikat debu agar tidak ikut keluar sebagai hasil. Hasil dari dryer kemudian dialirkan dan masuk ke tempat penyimpanan.

Sedangkan sebagian hasil lain dari electric precipitator tadi masuk ke combustion chamber. Pada combustion chamber 1, hasil masuk ke dalam alat kemudian dialirkan udara ambient sehingga terjadi reaksi:



Hasil reaksi dari combustion chamber masuk ke water spray condenser untuk pendinginan dan kondensasi. Selanjutnya hasil masuk ke electrostatic demister. Pada bagian atas alat ini, gas CO yang tidak terkondensasi dibersihkan dan dibuang. Sedangkan pada bagian bawah alat, produk yang keluar berupa asam mentah 85% yang dimurnikan dengan menambahkan H_2SO_4 dan bubuk SiO_2 serta H_2S . Hasil yang didapat pada bagian bawah berupa endapan $CaSO_4$, AsS_3 , H_2SiF_6 dan bagian atas berupa asam fosfat 85%.

Kemudian pada combustion chamber 2, hasil dari electric precipitator tadi masuk ke dalam alat dan dialirkan udara kering. Selanjutnya, hasil masuk ke fluid bed condenser untuk pendinginan sekaligus pemisahan antara padatan dan gas. Gas CO keluar pada bagian atas dan P_2O_5 anhidrat pada bagian bawah.

Kegunaan

1. Untuk pembuatan asam fosfat
2. Pada tingkat kemurnian yang tinggi digunakan untuk membuat detergen
3. Untuk pembuatan fosfor trichlorida
4. Untuk pembuatan fosfor oksichlorida
5. Untuk pembuatan fosfor pentaoksida dan fosfor merah
6. Bahan fosfor mempunyai sifat unik karena fosfor mempunyai peranan penting dalam proses biologi, serta adanya kemampuan polifosfat untuk membuat kompleks atau dengan berbagai kation logam.

2. Industri Kalsium Fosfat

Kelas rendah kalsium fosfat dibuat sebagai pupuk. ada yang berbeda dua nilai yang mungkin berdasarkan metode produksi dari batu fosfat:

- fosfat super-yang dibuat dengan mereaksikan batuan fosfat dengan asam fosfat mengandung 16-20% P_2O_5
- triple super fosfat dibuat dengan mereaksikan batuan fosfat dengan asam fosfat mengandung 42-50% P_2O_5 .

Super fosfat hanya diproduksi di indonesia karena alasan ekonomi dibahas kemudian. setelah tahun 1962, ada ijin lebih lanjut tanaman super fosfat diizinkan untuk mempromosikan pertumbuhan campuran pupuk kimia yang mengandung berbagai persentase $NaP_2O_5K_3O$. langkah ini adalah untuk memaksa untuk petani untuk bekerja dengan biaya tinggi, bahan pupuk seimbang yang pada akhirnya menghasilkan tanaman yang lebih baik dengan keuntungan yang lebih besar.

Bahan baku

1. batuan fosfat alam atau beneficiated dengan kandungan P_2O_5 35%
2. asam sulfat encer (50-55% menjadi atau 62-70% H_2SO_4)

Sifat fisik bahan baku:

Batuan Phospat : Stabi, Tidak mudah larut dalam air, Kadar P_2O_5 berkisar antara 27-41%, Tidak higroskopis , reaksi fisiologisnya netral.

Sifat fisik dan kimia produk

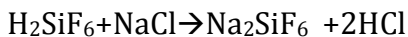
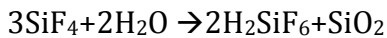
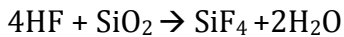
a. Superfosfat

- Rumus Molekul : $3CaH_4(PO_4)_2 \cdot 7 CaSO_4$
- Berat Molekul : 1654,24 gr/mol
- Grade : Superfosfat dibuat dari batuan phosphate dan asam sulfat mengandung 16-20 %

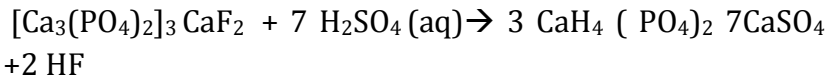
b. Triple superposfat

- Rumus Kimia : $10 \text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$
- Berat Molekul : 2339,4 gr/mol
- Grade : Triple Superfosfat dibuat dengan mereaksikan batuan. Fosfat dengan fosfat mengandung 42–50 % P_2O_5 .

Reaksi kimia pengurangan impuritas SiO_2

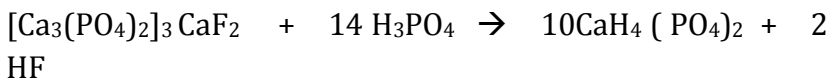


a. Superphospat



Phosphate Rock Superphosphate

b. Triple Superphospat



Phosphate Rock Triple Superphosphate

Data kuantitatif

a. Superphospat

- Rumus molekul : $3\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 + 7 \text{CaSO}_4$
Basis: 1 ton superphospat
- Batuan fosfat : 0.5-0.6 ton
- Asam Sulfat : 0.3-0.4 ton
- Kapasitas alat : 100 – 1400 tons / hari

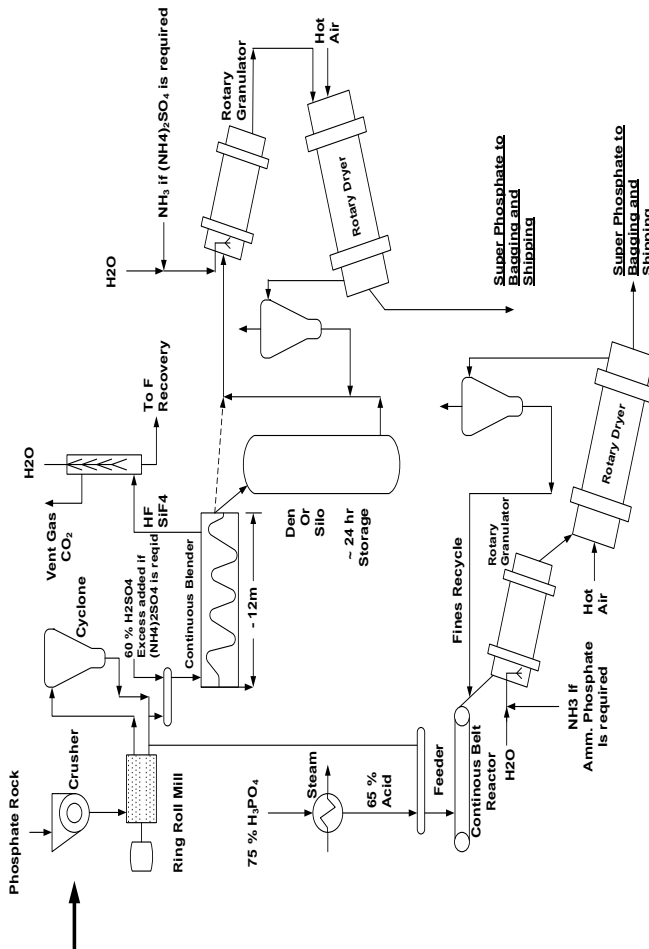
b. Triple Superphospat

- Rumus molekul : $10\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$
- Basis : 1 ton triple Superphosphate
- Batuan fosfat : (32%- P_2O_5) 0.45 ton
- Asam fosfat : (56% P_2O_5) 0.62 ton

Klasifikasi proses

- a. **Superphosphate** : dibuat dari reaksi batuan pospat dengan reaksi, asam sulfat dengan kandungan 16-20% P_2O_5
- b. **Triple Superphosphate** : dibuat dari reaksi batuan pospat dengan asam pospat , dengan kandungan 42-50% P

Diagram alir

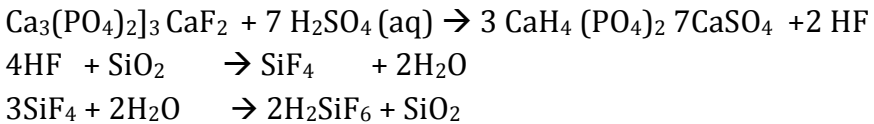


Gambar 5.4. Produksi Superfosfat dan Tripel Superfosfat

Uraian proses

a. Pembuatan Superfosfat

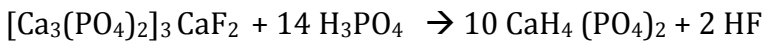
Bahan baku yang digunakan yaitu batuan posfat. Batuan posfat memiliki sifat fisik dan kimia seperti stabil, tidak mudah larut dalam air, kadar P_2O_5 berkisar antara 27 – 41%, dan tidak higroskopis. Pembuatan superfosfat dimulai dari batuan posfat yang telah dihancurkan dimasukkan dalam crusher dan dialirkan ke dalam roll mill untuk lebih dihaluskan lagi menjadi 100 mesh. Dari ring roll mill masuk ke cyclone untuk ditimbang kemudian produk keluar menuju ke continous blender dan ditambahkan asam sulfat 60 % sehingga terjadilah reaksi kimia yaitu:



Selanjutnya, produk yang berupa HF dan SiF_4 masuk ke dalam water spray condenser untuk didinginkan. Pada bagian atas alat, CO_2 keluar dan digunakan sebagai bahan bakar atau sintesis gas dan pada bagian bawah alat F keluar untuk di recovery. Sedangkan produk yang berupa $3\text{CaH}_4 (\text{PO}_4)_2 + 7\text{CaSO}_4$ disimpan di dalam silo yang merupakan tempat penyimpanan sementara, dari silo kemudian produk dimasukkan ke dalam rotary granulator dimana ditambahkan air agar produk yang dihasilkan tidak lengket. Produk yang keluar dari rotary granulator yaitu berupa butiran yang tidak seragam ukurannya karena masih mengandung air. Kemudian produk dikeringkan didalam rotary dryer yang media pengeringnya yaitu udara panas, sehingga produk yang dihasilkan adalah berupa butiran halus superfosfat.

3. Pembuatan Triple Superfosfat

Bahan baku yang digunakan yaitu batuan posfat. Batuan posfat memiliki sifat fisik dan kimia seperti stabil, tidak mudah larut dalam air, kadar P_2O_5 berkisar antara 27 – 41%, dan tidak higroskopis. Pembuatan superfosfat dimulai dari batuan posfat yang telah dihancurkan didalam crusher lalu dialirkan ke dalam ring roll mill untuk lebih dihaluskan lagi menjadi 100 mesh. Dari ring roll mill masuk ke penampung feeder yang berfungsi sebagai tempat penerima umpan antara 75% H_3PO_4 dengan 65% acid (asam). Hasil dari feeder dimasukkan ke continous belt reactor dan terjadi reaksi kimia yaitu :



Selanjutnya hasil ini dimasukkan ke rotary granulator dan ditambahkan air. Kemudian dikeringkan dalam rotary dryer agar diperoleh butiran yang menggunakan media udara panas. Produk yang dihasilkan yaitu TSP berbentuk butiran halus. Debu yang berasal dari rotary dryer dimasukkan ke dalam cyclone yang berfungsi untuk memisahkan debu fosfat dari udara. Udara bersih dikeluarkan sedangkan debu fosfat dikembalikan ke dalam granulator untuk diproses kembali.

Kegunaan

Adapun kegunaan produk kalsium posfat antara lain :

1. Untuk produksi asam fosfat dan pupuk.
2. Digunakan dalam pembuatan produk keju.
3. Digunakan sebagai suplemen gizi.
4. Mencegah tulang untuk menghindari osteoporosis.
5. Kalsium ini digunakan sebagai agen pereduksi dalam mempersiapkan logam-logam lain semacam torium, uranium, zirkonium, dsb. selain itu Kalsium juga digunakan sebagai bahan reaksi deoksida dan desulfurizer atau decarburizer untuk berbagai macam campuran logam besi dan non-besi. Elemen ini juga digunakan sebagai agen

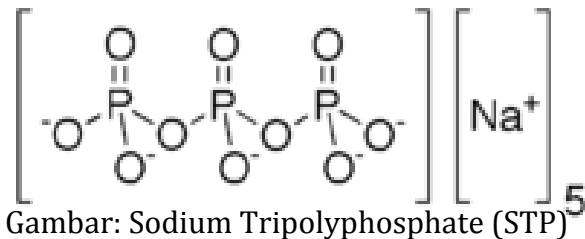
pencampur logam aluminium, berilium, tembaga, timbal, dan campuran logam magnesium.

C. RANGKUMAN

Calcium Phosphate $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ adalah mineral yang mengandung ion kalsium (Ca^{2+}) dengan orthophosphates (PO_4^{3-}), metaphosphates atau pyrophosphates ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$) dan kadang - kadang hydrogen atau ion hydroxide. Kalsium posfat terbagi menjadi 2 yaitu:

- fosfat super-yang dibuat dengan mereaksikan batuan fosfat dengan asam fosfat mengandung 16-20% P_2O_5
- triple super fosfat dibuat dengan mereaksikan batuan fosfat dengan asam fosfat mengandung 42-50% P_2O_5

1. Sodium Tripolyphosph



Gambar: Sodium Tripolyphosphate (STP)⁵

Sodium Tripolyphosphate (STP, terkadang disebut STTP atau Sodium Tripolyphosphate atau TPP) dengan rumus molekul $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ adalah polyphospat dari sodium. Terbentuk dari campuran Sodium karbonat dengan Asam fosfat (Phosphoric Acid).

STP digunakan dalam berbagai aplikasi seperti bahan pengawet untuk makanan hasil laut, daging, ayam, dan makanan untuk binatang peliharaan. STP juga digunakan sebagai bahan baku pasta gigi dan juga dalam industri sabun dan deterjen.

Bahan Baku

- Sodium Karbonat
- Asam fosfat

Sifat Fisik dan Kimia Bahan.

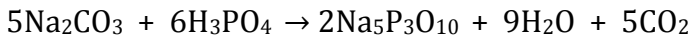
1. Sodium karbonat

- Rumus molekul : Na_2CO_3
- Massa molar : 84,01 gr/mol
- Penampilan : Kristal putih
- Bau : tanpa bau
- Kepadatan : 2,173 gr/cm³
- Titik lebur : 323,15 K (50°C)
- Kelarutan : dalam Alkohol dan Eter.
- Keasaman : 10,3
- Indeks bias : 1,3344
- Titik nyala : tidak ad

Sifat Fisika dan Kimia Produk.

- Rumus Molekul : $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$
- Berat Molekul : 367,864 gr/mol
- Daya Larut : 12,5 gr/100cc H₂O at 25°C
- Density : 2,52 gr/cm³
- pH : 9,7
- Melting point : 622°C
- Penampilan : serbuk berwarna putih

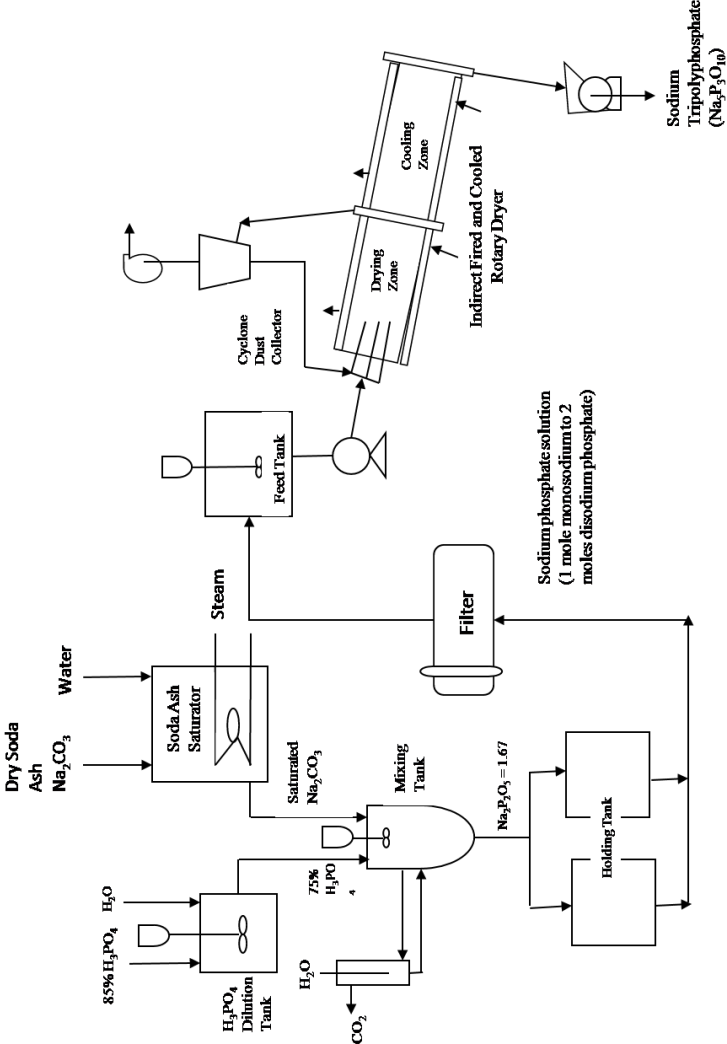
Reaksi Kimia



Data Kuantitatif

- Basis : 1 ton dari STPP dengan 99% yield
- Sodium Karbonat : (58 % Na₂O) 8.81 ton
- Asam Fosfor : (75% H₃PO₄) 1 ton
- Kapasitas Produksi : 20-150 ton/hari

Diagram Alir



Industri Sodium Tripolyphosphate

Klasifikasi Proses

Sodium Tripolyphosphate terbentuk dari reaksi antara Sodium karbonat dan Asam fosfat. Larutan jenuh soda abu dan H_2PO_4 tingkat konsentrasi tertentu yang diencerkan dengan air dan uap dalam tangki pencampuran batch. Sebuah rasio 1,67 dari NaO/P_2O_5 harus dicapai untuk membentuk mol monosodium untuk 2 mol phosphate dinatrium. Karbon dioksid lepas dan scrubbed oleh air masuk untuk kembali padatan entrained.

Solusinya adalah disaring untuk menghilangkan kotoran dan kering, dehidrasi, anil, dan didinginkan sepanjang sebuah rotary kiln tidak langsung di keluarkan. Penghancuran, penyimpanan, dan pengemasan melengkapi proses.

Uraian Proses

Mula-mula Larutan H_3PO_4 85% dicampur dengan air ,lalu dimasukkan kedalam mixing tank , soda abu kering Na_2CO_3 dengan air dimasukkan ke dalam saturator dan dipanaskan dengan steam. Campuran 1 75% H_3PO_4 dan campuran 2 yaitu Na_2CO_3 dimasukkan ke dalam mixing tank, ditambah dengan air panas lagi. Di dalam tangki pencampuran itu, terjadi proses pencampuran Na_2CO_3 dan H_3PO_3 .sampai terbentuk $Na_2OP_2O_5$ dan CO_2 yang merupakan limbah atau sisa pencampuran tersebut.

Perbandingan $Na_2O/P_2O_5 = 1,67$ dimasukkan kedalam tangki penyimpanan kemudian disaring, setelah itu masuk kedalam tangki pengumpanan dan kemudian disaring dan dipindahkan ke dalam tangki pengumpan (*Feed Tank*). Di dalam tangki pengumpan ini terjadi pengadukan sampai akhirnya umpan diteruskan ke dalam *Indirect Fired and Cooled Rotary Dryer* yang terdiri dari dua zona yaitu zona pengering debu-debu (*Drying Zone*) dan zona pendingin (*Cool Zone*).

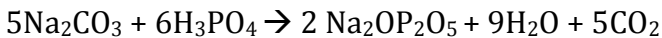
Di *Drying Zone*, hasil umpan dikeringkan dan debu-debunya dikumpulkan ke dalam *Cyclone Dust Collector*. Kemudian, dilanjutkan ke dalam zona pendingin yang akhirnya terbentuklah $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ atau Sodium Tripolyphosphat dari proses perputaran dalam zona pendingin ini.

Kegunaan

- Bahan pengawet makanan.
- Bahan baku pembuatan sabun, deterjen, pembersih toilet, dan pembersih lantai.
- Water Conditioning.

RANGKUMAN

Sodium Tripolyphosphat terbentuk dari campuran Sodium karbonat dengan Asam fosfat (Phosphoric Acid). Reaksi yang terjadi yaitu:



STP digunakan dalam berbagai aplikasi seperti bahan pengawet untuk makanan hasil laut, daging, ayam, dan makanan untuk binatang peliharaan. STP juga digunakan sebagai bahan baku pasta gigi dan juga dalam industri sabun dan deterjen.

D. SOAL LATIHAN/TUGAS

1. Jelaskan macam produk posfor dan kegunaannya masing-masing?
2. Buatlah diagram alir proses pembuatan Calcium posfat dan tripel super fosfat?
3. Jelaskan peralatan yang dipakai pada diagram alir diatas dan fungsinya apa?
4. Buatlah perhitungan neraca massa untuk pembuatan produk diatas sebanyak 1 ton produk, Dan hitunglah berapa kebutuhan batuan posfatnya?

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Umum :

Mahasiswa mampu memahami proses industri Fosfor

Khusus Mahasiswa dapat :

1. Menentukan bahan baku, produk dan hasil samping, serta buangan dalam proses industri Fosfor
2. Menentukan sifat fisik dan Kimia bahan baku
3. Menuliskan reaksi kimia yang terjadi dalam proses industri Fosfor
4. Menjelaskan Uraian proses berdasarkan flowsheet atau diagram Alir
5. Menghitung neraca massa berdasarkan ; konversi reaksi, persen hasil, persen kemurnian, basis jumlah produk.

1. PENDAHULUAN

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Lambangnya berasal dari bahasa Latin. Tembaga di alam tidak begitu melimpah dan ditemukan dalam bentuk bebas maupun dalam bentuk senyawaan. Tapi saat sekarang tembaga sangat dibutuhkan Negara-negara maju seperti Jerman dan Jepang. Harganya pun meningkat. Dalam jumlah kecil tembaga ditemukan pada beberapa jenis tanaman, bulu-bulu burung terutama yang berbulu terang dan dalam darah binatang-binatang laut seperti udang dan kerang.

Tembaga kadang-kadang ditemukan secara alami, seperti yang ditemukan dalam mineral-mineral seperti cuprite, malachite, azurite, chalcopyrite, dan bornite. Deposit bijih tembaga yang banyak ditemukan di AS, Chile, Zambia, Zaire, Peru, dan Kanada. Bijih-bijih tembaga yang penting adalah sulfida, oksida-oksidanya, dan karbonat.

Bijih tembaga-besi sulfida (CuFeS_2) adalah paling banyak di alam yang merupakan campuran besi sulfide dan tembaga sulfida.

Tembaga merupakan logam non-ferro yang mempunyai sistem kristal kubik. Secara fisik, tembaga berwarna kuning dan apabila dilihat dengan menggunakan mikroskop, biji akan berwarna pink kecoklatan sampai keabuan.

2. POKOK-POKOK ISI

1. Industri Tembaga
2. Industri Aluminium
3. Industri Tembaga

1. INDUSTRI TEMBAGA

Bahan Baku

Bahan baku untuk industri tembaga adalah bijih tembaga. Beberapa jenis bijih tembaga yang ada adalah Bornite (Cu_5FeS_4), Chalcopyrite (CuFeS_2), Covellite (CuS) dengan beberapa pengotor seperti Pyrite (FeS_2), Magnetite (Fe_3O_4), Hematite (Fe_2O_3), ataupun Quartz (SiO_2).

SIFAT FISIK DAN KIMIA BAHAN BAKU

1. Biji tembaga
 - Berupa padatan
 - Massa jenis : $8,96 \text{ gr/cm}^3$
 - Titik lebur : $1356,5 \text{ K}$
 - Berwarna coklat keabu abuan

2. Air

- Rumus kimia : H_2O
- Massa molekul : 18,02 gr/mol
- Titik didih : $100^{\circ}C$
- Titik beku : $0^{\circ}C$
- Densitas : 0,998 gr/ml , pada $20^{\circ}C$
- Tidak berwarna dan tidak berbau
- Sebagai pelarut
- Berupa cairan, bentuk fleksibel dapat berubah-ubah sesuai tempat

3. Kalsium oksida

- Rumus kimia : CaO
- Massa molar : 56,077 gr/mol
- Kepadatan : 3,35 gr / cm^3
- Titik lebur : 2845 K
- Titik didih : 3123 K
- Berbentuk bubuk putih kuning keputihan

4. Tembaga

- Titik didih : 2835 K ($2562^{\circ}C$, $4643^{\circ}F$)
- Massa atom : 63,546
- Rumus kimia : Cu
- Massa jenis : 8,96 gr/ cm^3
- Titik lebur : 1356,5 K
- Rapat massa am-lo.tLf : 8,9 gr/ cm^3
- Titik lebur : $1070-1093^{\circ}C$ (tergantung kadar kemurniannya)
- Berwarna coklat keabu abuan
- Berupa padatan
- Mudah ditempa (liat) dan bersifat mulur sehingga mudah dibentuk menjadi pipa, lembaran tipis dan kawat.
- Konduktor panas dan listrik yang baik, kedua setelah perak.

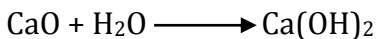
- Tembaga merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi.

PRODUK SAMPING

Air

- Rumus kimia : H₂O
- Massa molekul : 18,02 gr/mol
- Titik didih : 100°C
- Titik beku : 0°C
- Densitas : 0,998 gr/ml , pada 20°C
- Tidak berwarna dan tidak berbau
- Sebagai pelarut

REAKSI KIMIA YANG TERJADI



DATA KUANTITATIF

- Basis biji tembaga : 1 ton (1000 kg)
- Air : 400 kg
- Kalsium oksida : 760 kg

KLASIFIKASI PROSES

1. Proses Pyrometallurgy

Adalah suatu proses pengolahan mineral dengan dasar panas. Inti dari proses ini adalah pengolahan tembaga dengan melalui suatu proses yang bertujuan untuk mengubah pengotor senyawa Sulfida menjadi Oksida atau disebut dengan proses Roasting. Proses ini menggunakan temperatur tinggi yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar. Biji tembaga yang telah dipisahkan dari kotoran-kotoran (tailing) dipanggang untuk menghilangkan asam belerang dan selanjutnya biji ini dilebur.

Namun seiring dengan kemajuan teknologi, proses Pyrometalurgi sudah tidak diterapkan untuk pengolahan tembaga, karena kemudian diketahui ada suatu proses yang lebih ekonomis untuk pengolahan tembaga yaitu hidrometalurgi. Pyrometalurgi tetap digunakan tetapi dipakai pada pengolahan-pengolahan mineral lain seperti nikel, manganese, chrom dll.

Proses Hydrometallurgy

Hidrometalurgi adalah suatu proses pengolahan tembaga dari batuan alam dengan berdasar pada air sebagai pengolahnya, namun maksud air adalah bukan air biasa melainkan air yang telah dicampur dengan suatu asam tertentu sebagai reduktor.

Pada proses ini dipakai suatu asam sebagai reduktor yaitu asam sulfat (H_2SO_4) yang mudah didapatkan dan rendah biaya pengolahan. Dipakainya asam sulfat sebagai pereduksi adalah bertujuan untuk membentuk tembaga sulfat ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$). Tembaga adalah suatu unsur yang sangat mudah membentuk sulfida. Maka dari itu asam sulfat dipakai sebagai pilihan.

Metoda ini dilakukan dengan cara melarutkan bijih-bijih tembaga (leaching) ke dalam suatu larutan tertentu, kemudian tembaga dipisahkan dari bahan ikutan lainnya (kotoran).

Proses Flotasi

Dengan cara memisahkan tembaga dalam dari unsur lain dengan proses flotasi.

URAIAN PROSES

Proses pengolahan awal adalah memasukkan bijih tembaga yang mengandung berbagai macam kandungan mineral dan zat pengotor ke dalam crusher untuk dihancurkan menjadi bongkahan yang lebih kecil. Kemudian bongkahan kecil

tersebut disalurkan ke ayakan untuk mendapatkan ukuran yang telah disesuaikan. Setelah itu dimasukkan ke dalam alat pemecah halus yang disebut ball mill. Dalam penghalusan ini ditambahkan sedikit air untuk menjaga kandungan logam dan mempermudah dalam pembentukan menjadi serbuk. Kemudian di classifier terjadi pemisahan dengan golongan diatas 200 mesh dan di bawah ukuran 200 mesh, apabila ada yang melebihi 200 mesh maka hasil tersebut dikembalikan ke ball mill untuk dihaluskan kembali. Dan yang sudah kurang dari 200 mesh maka serbuk tembaga yang telah bercampur dengan sedikit air tadi dimasukkan ke dalam froth flotation. Froth flotation atau Teknik pengapungan buih digunakan dengan menambahkan kapur tohor(CaO) kedalam tangki yang penuh dengan bubuk bijih (serbuk) dan air. Campuran diaduk dengan melewati udara bertekanan. Partikel sulfida muncul kepermukaan dengan buih. Pasir,lempung dan partikel pengganggu lainnya terpisah dari dasar tangki. Dan yang akan keluar adalah serbuk yang mengandung 97% Cu dan 3% zat-zat lain. Hasil tersebut dimasukkan ke dorr thickner untuk dilakukan pengendapan. Kemudian dialirkan ke oliver filter untuk dilakukan penyaringan dan zat-zat tidak berguna dibuang yaitu kandungan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ setelah itu dilakukan proses akhir yaitu pengeringan dengan menggunakan drier. Disini tembaga dikeringkan dengan menguapkan air yang masih terkandung sehingga hasil akhir air yang terkandung hanya 6%.

KEGUNAAN PRODUK

Kegunaan tembaga sangat banyak kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti untuk komponen listrik (motor listrik, generator, kabel transmisi, instalasi listrik konduktor listrik, kabel, tabung microwave, sakelar, transistor),kabel telekomunikasi, koin, dan komponen biomedik. Namun,

tembaga terlalu lunak untuk aplikasi langsung, sehingga sering dijadikan logam paduan. Adapun tembaga paduan yang kita kenal, diantaranya.

- **Brasses (kuningan)**
Kuningan adalah paduan logam tembaga dan logam seng dengan kadar tembaga antara 60-96%. Contoh penggunaannya adalah bahan pada gagang pintu
- **Bronzes (perunggu)**
adalah campuran tembaga dengan timah ditambah phosphorus, aluminium, silicon, mangan dan nikel. Campuran ini dapat memberikan strength yang tinggi, serta tahan karat. Campuran ini biasanya digunakan untuk pegas/per, metal forming dies, bearings, bushes, terminals, contacts and connectors, architectural fittings
- **Copper nickel**
adalah campuran tembaga dengan nikel. Campuran ini mempunyai sifat tahan karat dalam air, dan biasanya digunakan untuk penghantar panas, kondensor, pompa air, sistem perpipaan.
- **Nickel silvers**
mengandung 55 – 65% campuran tembaga dengan nikel dan zinc. Contoh penggunaannya dapat kita temui di koin, kunci, bagian kamera, dan pegas.

RANGKUMAN

- 1) Tembaga adalah salah satu jenis logam non ferrous yang mempunyai rumus molekul Cu.
- 2) Bahan baku yang digunakan adalah bijih tembaga yang mengandung berbagai macam mineral
- 3) Proses yang digunakan dalam mengolah tembaga ialah:
 - Proses Pyrometallurgy
 - Proses Hydrometallurgy
 - Proses Flotasi

4) Tembaga banyak digunakan untuk konduktor listrik, alat solder, pipa spiral pendingin, kerajinan tangan, sebagai bahan dasar pembuatan kuningan, perunggu dll.

2. Industri Aluminium

Aluminium adalah logam berwarna putih keperakan yang lunak.



Gambar 11: Aluminium, dipotong setelah dicetak dari tanur tanpa perlakuan fisik maupun termal.

Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (corundum, gibbsite, boehmite, diaspor, dan lain-lain) (USGS). Sulit menemukan aluminium murni di alam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktif.

Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Selama 50 tahun terakhir, aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Perkembangan ini didasarkan pada sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi,

kekuatan dan ductility yang cukup baik (aluminium paduan), mudah diproduksi dan cukup ekonomis (aluminium daur ulang). Yang paling terkenal adalah penggunaan aluminium sebagai bahan pembuat pesawat terbang, yang memanfaatkan sifat ringan dan kuatnya.

Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tensil aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tensil berkisar 200-600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditebuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (*drawing*), dan diekstrusi.

Resistensi terhadap korosi terjadi akibat fenomena pasivasi, yaitu terbentuknya lapisan aluminium oksida ketika aluminium terpapar dengan udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Aluminium paduan dengan tembaga kurang tahan terhadap korosi akibat reaksi galvanik dengan paduan tembaga.

Aluminium juga merupakan konduktor panas dan elektrik yang baik. Jika dibandingkan dengan massanya, aluminium memiliki keunggulan dibandingkan dengan tembaga, yang saat ini merupakan logam konduktor panas dan listrik yang cukup baik, namun cukup berat.

Aluminium murni 100% tidak memiliki kandungan unsur apapun selain aluminium itu sendiri, namun aluminium murni yang dijual di pasaran tidak pernah mengandung 100% aluminium, melainkan selalu ada pengotor yang terkandung di dalamnya. Pengotor yang mungkin berada di dalam aluminium murni biasanya adalah gelembung gas di dalam yang masuk akibat proses peleburan dan pendinginan/pengecoran yang tidak sempurna, material cetakan akibat kualitas cetakan yang tidak baik, atau pengotor lainnya akibat kualitas bahan baku

yang tidak baik (misalnya pada proses daur ulang aluminium). Umumnya, aluminium murni yang dijual di pasaran adalah aluminium murni 99%, misalnya aluminium foil.

Pada aluminium paduan, kandungan unsur yang berada di dalamnya dapat bervariasi tergantung jenis paduannya. Pada paduan 7075, yang merupakan bahan baku pembuatan pesawat terbang, memiliki kandungan sebesar 5,5% Zn, 2,5% Mg, 1,5% Cu, dan 0,3% Cr. Aluminium 2014, yang umum digunakan dalam penempaan, memiliki kandungan 4,5% Cu, 0,8% Si, 0,8% Mn, dan 1,5% Mg. Aluminium 5086 yang umum digunakan sebagai bahan pembuat badan kapal pesiar, memiliki kandungan 4,5% Mg, 0,7% Mn, 0,4% Si, 0,25% Cr, 0,25% Zn, dan 0,1% Cu.

A. Kandungan Atom/Unsur dan Ikatan

Aluminium disimbolkan dengan Al, dengan nomor atom 13 dalam tabel periodik unsur. Bauksit, bahan baku aluminium memiliki kandungan aluminium dalam jumlah yang bervariasi, namun pada umumnya di atas 40% dalam berat. Senyawa aluminium yang terdapat di bauksit diantaranya Al_2O_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$, dan $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$.



Gambar 12: Bauksit, sepanjang 4 cm dan ditambang di Little Rock, Arkansas, Amerika Serikat.

Isotop aluminium yang terdapat di alam adalah isotop ^{27}Al , dengan persentase sebesar 99,9%. Isotop ^{26}Al juga terdapat di alam meski dalam jumlah yang sangat kecil. Isotop ^{26}Al merupakan radioaktif dengan waktu paruh sebesar 720000 tahun. Isotop aluminium yang sudah ditemui saat ini adalah aluminium dengan berat atom relatif antara 23 hingga 30, dengan isotop ^{27}Al merupakan isotop yang paling stabil.

Difusi atom di tentukan oleh macam atom, tetapi pada umumnya sangat lambat pada temperature biasa dengan pencelupan dingin kekosongan atom tetap ada, jadi dengan berjalannya waktu struktur atom bisa berubah, yang menghasilkan perubahan sifat-sifatnya. Perubahan sifat-sifat dengan berjalannya waktu pada umumnya di namakan penuaan. Apabila proses itu berjalan pada temperature kamar di namakan penuaan ilmiah, sedangkan apabila proses itu terjadi pada temperatur lebih tinggi dinamakan penuaan buatan.

B. Penambangan Aluminium

Aluminium ditambang dari biji bauksit yang banyak terdapat di permukaan bumi. Bauksit yang ditambang untuk keperluan industri mempunyai kadar aluminium 40-60%. Setelah ditambang biji bauksit digiling dan dihancurkan supaya halus dan merata. Kemudian dilakukan proses pemanasan untuk mengurangi kadar air yang ada. Selanjutnya bauksit mengalami proses pemurnian.

Bauksit merupakan bahan yang heterogen, yang mempunyai mineral dengan susunan terutama dari oksida aluminium, yaitu berupa mineral buhmit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan mineral gibsit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Secara umum bauksit mengandung Al_2O_3 sebanyak 45-65%, SiO_2 1-12%, Fe_2O_3 2-25%, TiO_2 >3%, dan H_2O 14-36%. Bauksit merupakan

kelompok mineral aluminium hidroksida yang dalam keadaan murni berwarna putih atau kekuningan. Bahan galian yang ditambang dengan menggunakan shovel ini, apabila dicampur dengan bahan mineral lain, semisal chrome, baja, atau nikel, menghasilkan aluminium yang sangat bagus (Alloy). Aluminium ini tahan panas, kuat namun lentur dan mudah dibentuk. Untuk, onderdil otomotif, perkapalan dan industri pesawat terbang, menggunakan bauksit secara massif.

Bauksit yang terkandung di bumi nusantara, jenis mineralnya adalah gibsit, dengan kadar utama alumina, kuarsa, dan silika aktif. Biji bauksit laterit terjadi di daerah tropis dan sub tropis serta membentuk perbukitan landai, yang memungkinkan terjadinya pelapuk yang cukup kuat. Bauksit terbentuk dari batuan yang mempunyai kadar aluminium tinggi, kadar Fe rendah dan sedikit kadar kuarsa bebas. Batuan yang memenuhi persyaratan itu antara lain nepelin syenit dan sejenisnya yang berasal dari batuan beku, batuan lempung/serpih. Batuan itu akan mengalami proses laterisasi (proses pertukaran suhu secara terus menerus sehingga batuan mengalami pelapukan). Di Indonesia, bauksit tersebar di Pulau Bintan, Bangka, Kepulauan Riau dan Kalimantan Barat.

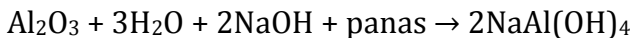
Untuk menggali bauksit, dilakukan dengan metode land clearing (mengupas pohon dan semak di permukaan tanah, atau pengupasan tanah penutup). Alat-alat berat macam buldozer, biasa dipakai untuk melakukan pengupasan tersebut. Sementara lapisan bijih bauksit digali dengan shovel, diangkut dengan dump truck untuk dimasukkan ke dalam instalasi pencucian. Setelah dicuci (desliming) yang berfungsi memisahkan bijih bauksit dari unsur lain seperti pasir atau lempung kotor, maka dilakukan proses penyaringan (screening). Bersamaan dengan itu dilakukan pemecahan (size reduction) dari butiran-butiran yang berukuran lebih dari 3 inchi dengan jaw cruscher. Setelahnya, barulah memasuki

tahap pengolahan dengan proses bayer (teknik pemurnian bauksit).

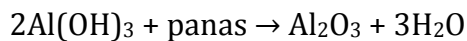
C. Proses Pemurnian Aluminium

Proses pemurnian bauksit dilakukan dengan metode Bayer dan hasil akhir adalah alumina. Secara alami, aluminium oksida terdapat dalam bentuk kristal corundum. Batu mulia rubi dan sapphire tersusun atas corundum dengan warna-warna khas yang disebabkan kadar ketidakmurnian dalam struktur corundum. Aluminium oksida, atau alumina, merupakan komponen utama dalam bauksit bijih aluminium yang utama.

Pabrik alumina terbesar di dunia adalah Alcoa, Alcan, dan Rusal. Perusahaan yang memiliki spesialisasi dalam produksi dari aluminium oksida dan aluminium hidroksida misalnya adalah Alcan dan Almatis. Bijih bauksit terdiri dari Al_2O_3 , Fe_2O_3 , and SiO_2 yang tidak murni. Campuran ini dimurnikan terlebih dahulu melalui Proses Bayer:



Fe_2O_3 tidak larut dalam basa yang dihasilkan, sehingga bisa dipisahkan melalui penyaringan. SiO_2 larut dalam bentuk silikat $\text{Si}(\text{OH})_6^{2-}$. Ketika cairan yang dihasilkan didinginkan, terjadi endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$, sedangkan silikat masih larut dalam cairan tersebut. $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dihasilkan kemudian dipanaskan



Al_2O_3 yang terbentuk adalah alumina.

Pada 1961, perusahaan General Electric mengembangkan Lucalox, alumina transparan yang digunakan dalam lampu natrium. Pada Agustus 2006, ilmuwan Amerika Serikat yang bekerja untuk 3M berhasil mengembangkan teknik untuk membuat alloy dari aluminium oksida dan unsur-unsur lantanida, untuk memproduksi kaca yang kuat, yang disebut alumina transparan. Aloi adalah campuran dua atau lebih unsur pada komposisi tetap tertentu yang mana jujuk utamanya

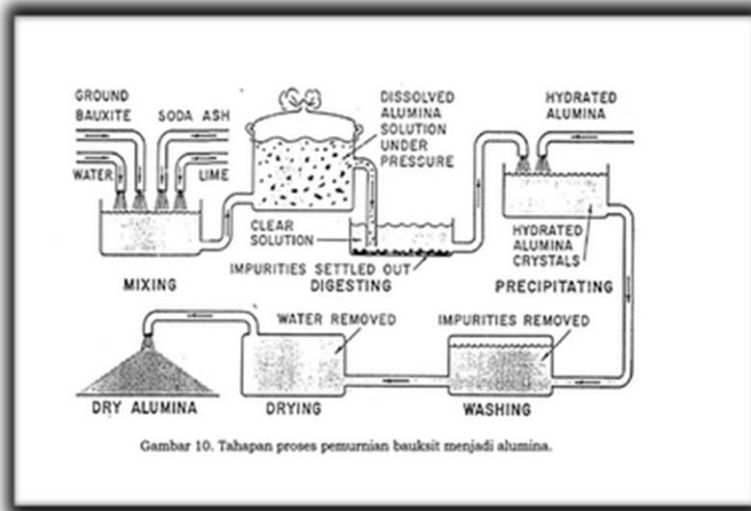
adalah logam.

Tahapan pemurnian aluminium bisa dilihat pada gambar 10. Pertama-tama bauksit dicampur dengan larutan kimia seperti kaustik soda. Campuran tersebut kemudian dipompa ke tabung tekan dan kemudian dilakukan pemanasan. Proses selanjutnya dilakukan penyaringan dan diikuti dengan proses penyemaian untuk membentuk endapan alumina basah (hydrated alumina). Alumina basah kemudian dicuci dan diteruskan dengan proses pengeringan dengan cara memanaskan sampai suhu 1200 °C. Hasil akhir adalah partikel-partikel alumina dengan rumus kimianya adalah Al_2O_3 .

D. Proses Peleburan Aluminium

Alumina yang dihasilkan dari proses pemurnian masih mengandung oksigen sehingga harus dilakukan proses selanjutnya yaitu peleburan. Peleburan alumina dilakukan dengan proses reduksi elektrolitik. Proses peleburan ini memakai metode Hall-Heroult.

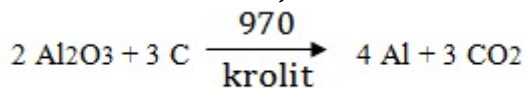
Alumina dilarutkan dalam larutan kimia yang disebut kriolit pada sebuah tungku yang disebut pot. Pot ini mempunyai dinding yang dibuat dari karbon. Bagian luar pot terbuat dari baja. Aliran listrik diberikan melalui anoda dan katoda. Proses reduksi memerlukan karbon yang diambil dari anoda.



Gambar 10. Tahapan proses pemurnian bauksit menjadi alumina.

Gambar 14.tahapan proses pemurnian bauksit menjadi alumina

Pada proses ini dibutuhkan arus listrik sebesar 50-150 kiloampere. Arus listrik akan mengelektrolisa alumina menjadi aluminium dan oksigen bereaksi membentuk senyawa CO₂. Aluminium cair dari hasil elektrolisa akan turun ke dasar pot dan selanjutnya ddialirkan dengan prinsip shipon ke krusibel yang kemudian diangkut menuju tungku-tungku pengatur (holding furnace). Kebutuhan listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1kg aluminium berkisar sekitar 12-15 Kwh. Satu kg aluminium dihasilkan dari 2 kg alumina dan ½ kg karbon. Reaksi pemurnian alumina menjadi aluminium adalah sbb :



Bahan baku pembuatan aluminium antara lain:

a. Aluminium Oksida

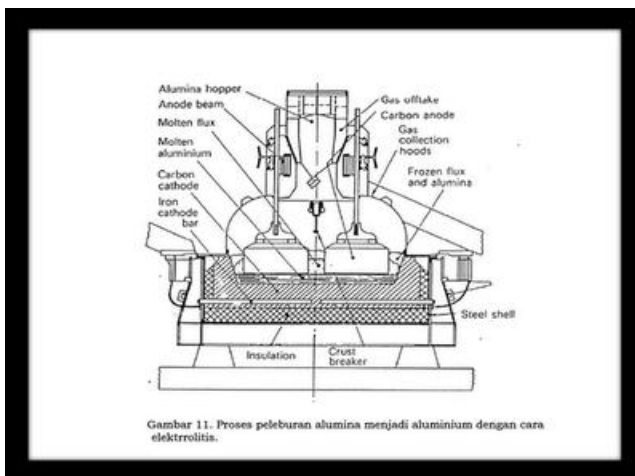
Aluminium oksida adalah sebuah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia Al₂O₃. Nama mineralnya adalah alumina, dan dalam bidang pertambangan,

keramik dan teknik material senyawa ini lebih banyak disebut dengan nama alumina.

b. NaOH

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. Ia bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Ia sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Ia juga larut dalam etanol dan metanol,



Gambar5.proses peleburan alumina menjadi aluminium dengan cara elektrolisis

Walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Ia tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas.

c. Air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O : satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

KLASIFIKASI PROSES

Proses pemurnian alumunium dari bauksit menggunakan proses bayer.

Yang terdiri dari empat tahap yaitu:

1. Pencernaan

Bauksit digiling halus, kemudian dimasukkan ke dalam mixer dan dicampurkan dengan caustic soda yang selanjutnya dimasukkan ke dalam digester dengan suhu dan tekanan yang tinggi.

2. Klarifikasi - Penampungan keluar kotoran undissolved Kotoran yang tetap undissolved mengalami proses pengendapan di tangki pemekatan. Setelah beberapa tahap mencuci untuk memulihkan soda kaustik, residu ini dipompa ke wadah penyimpanan.

3. Pembentukan Kristal alumina Langkah berikutnya melibatkan pemulihan kristal alumina dari larutan kaustik. Dalam terbuka atas tank, solusi diaduk oleh agitasi mekanik dan unggulan dengan alumina yang sebelumnya diendapkan

untuk membantu pertumbuhan kristal.

4. **Kalsinasi** -pengerinan alumina dengan suhu tinggi material yang telah dicuci lalu dikalsinasi pada suhu ± 1100 derajat Celcius. Hal ini membentuk aluminium oksida anhidrat putih kering bubuk. Alumina lalu didinginkan dan selanjutnya menuju Electrolytic reduction plant .

DATA KUANTITATIF

Basis: 1 ton $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$

Bauksit (50-60 % Al_2O_3) : 1.3 tons

NaOH make up (76% caustic): 40 kg

Water : 24 tons

Steam : 6 tons

Power : 160 KWH

Plant capacities : 50-200 tons/day

SIFAT FISIK DAN KIMIA BAHAN BAKU

Al_2O_3 : Aluminium oksida adalah insulator (penghambat) panas dan listrik yang baik. Umumnya Al_2O_3 terdapat dalam bentuk kristalin yang disebut corundum atau α -aluminium oksida. Al_2O_3 dipakai sebagai bahan abrasif dan sebagai komponen dalam alat pemotong, karena sifat kekerasannya.

Aluminium oksida berperan penting dalam ketahanan logam aluminium terhadap perkaratan dengan udara. Logam aluminium sebenarnya amat mudah bereaksi dengan oksigen di udara. Aluminium bereaksi dengan oksigen membentuk aluminium oksida, yang terbentuk sebagai lapisan tipis yang dengan cepat menutupi permukaan aluminium. Lapisan ini melindungi logam aluminium dari oksidasi lebih lanjut. Ketebalan lapisan ini dapat ditingkatkan melalui proses anodisasi. Beberapa alloy (paduan logam), seperti perunggu aluminium, memanfaatkan sifat ini dengan menambahkan aluminium pada alloy untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi.

Al_2O_3 yang dihasilkan melalui anodisasi bersifat amorf, namun beberapa proses oksidasi seperti plasma electrolytic oxydation menghasilkan sebagian besar Al_2O_3 dalam bentuk kristalin, yang meningkatkan kekerasannya.

Rumus molekul : Al_2O_3
Berat molekul : 101,96
Bentuk : batuan (Kristal)
Kekerasan bauksit : 1 – 3 skala Mohs
Berat jenis : antara 2,5 – 2,6.

Natrium Hidroksida :

Rumus molekul : NaOH
Massa molar : 39,9971 g/mol
Penampilan : zat padat putih
Densitas : $2,1 \text{ g/cm}^3$,
Titik leleh : 318°C (591 K)
Titik didih : 1390°C (1663 K)
Kelarutan dalam air : 111 g/100 ml (20°C)

Air

SIFAT FISIK DAN KIMIA PRODUK

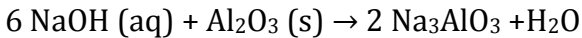
Nama : Alumunium
Simbol : Al
Nomor atom : 13
Wujud : padat
Massa jenis : $2,70 \text{ gram/cm}^3$
Massa jenis pada wujud cair: $2,375 \text{ gram/cm}^3$
Titik lebur : $933,47 \text{ K}$; 660.32°C
Titik didih : 2793 K ; 2519°C
Kalor jenis : 4184 J/kg.K (cairan pada 20°C)

REAKSI KIMIA

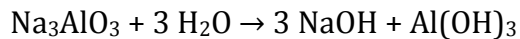
- $6 \text{NaOH (aq)} + \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (s)} \rightarrow 2 \text{Na}_3\text{AlO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Na}_3\text{AlO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{NaOH} + \text{Al(OH)}_3$
- $2\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (purified)} + 3 \text{H}_2\text{O}$

URAIAN PROSES

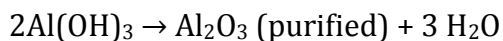
Bijih bauksit dimasukkan ke dalam grinding yang kemudian dihancurkan dan dihaluskan sampai ukuran 2-5 cm yang berbentuk gumpalan. bijih bauksit tidak 100% murni tetapi memiliki zat impurities antara lain Fe_2O_3 dan SiO_2 . bijih tersebut direaksikan dengan NaOH dalam Mixer. Didalam mixer terjadi reaksi:



Dan selanjutnya dimasukkan ke dalam autoclave yang bertekanan 4.5 atm. Selanjutnya slurry tersebut diumpankan ke dalam four counter-current thickeners, di dalam alat ini akan terjadi proses pencucian yang ditambahkan dengan air panas untuk membuang kotoran-kotoran yang terdapat dalam campuran tersebut, ampas yang dihasilkan adalah lumpur berwarna merah yang mengandung Fe_2O_3 dan sodium aluminium silikat. Setelah dicuci di rotary filter, campuran tersebut diumpankan masuk ke dalam precipitator. di dalam precipitator terjadi reaksi:

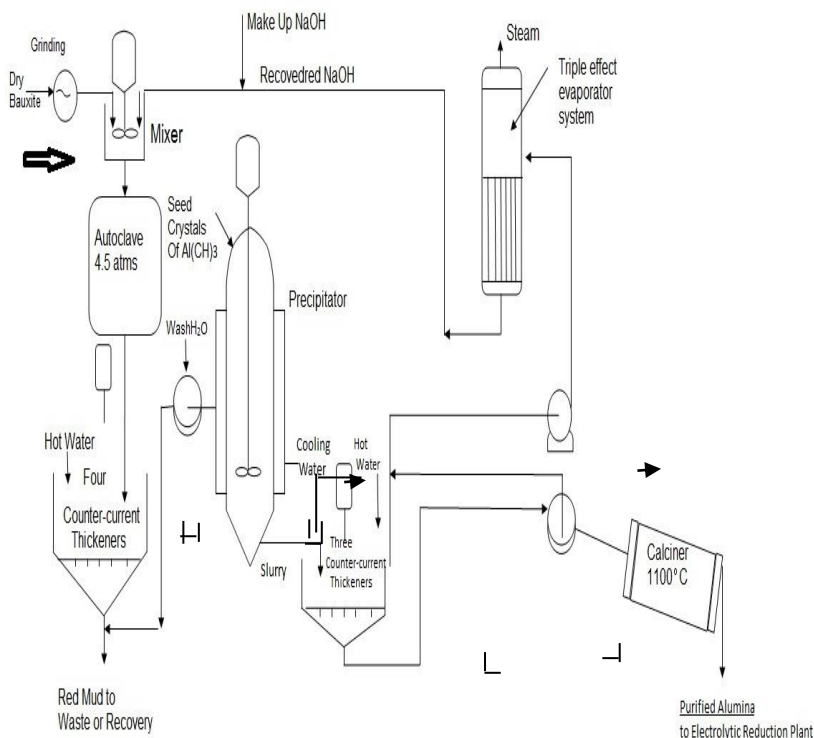


Dalam precipitator campuran tersebut didinginkan untuk membentuk Kristal Al(OH)_3 . Setelah itu slurry dimasukkan lagi menuju three counter-current thickeners, disini larutan NaOH akan dipisahkan sempurna dengan cara menambahkan air panas ke dalam larutan tersebut. Setelah NaOH terpisah Alumina tersebut dimasukkan ke dalam calciner yang dipanaskan kemudian dipanaskan sampai suhu 1100°C yang kemudian didapatkan alumina yang murni. di dalam calciner terjadi reaksi:



NaOH yang telah dipisahkan dimasukkan kembali ke dalam triple effect evaporator yang menggunakan bantuan steam untuk didaur ulang kembali.

FLWSHEET



Gambar 13. Flowsheet Pembuatan Alumina

KEGUNAAN PRODUK

Sebagian daripada kegunaan-kegunaan aluminium dalam:

- Pengangkutan (kendaraan, kapal terbang, jentera, kendaraan landasan, kapal laut, dsb.)
- Pembungkusan (tin aluminium, kerajang aluminium, dsb.)

- Rawatan air
- Pembinaan (tingkap, pintu, sisian, dawai binaan, dsb.
- Barangan pengguna tahan lama (perkakas, peralatan dapur, dsb.)
- Talian penghantaran elektrik (berat pengalir aluminium adalah setengah daripada berat tembaga dengan kekonduksian yang sama dan lebih murah).

FUNGSI ALAT

- Mixer : alat yang digunakan untuk mencampurkan antara dua bahan atau lebih.
- Autoclave : alat yang digunakan untuk menghasilkan temperature dan tekanan yang tinggi.
- Grinding : alat yang digunakan untuk menghaluskan suatu padatan dari bentuk yang kasar menjadi bentuk yang halus
- Four counter current thickeners : alat yang digunakan untuk mencuci slurry dengan menggunakan air panas. endapan dibuang dan cairan digunakan untuk proses selanjutnya.
- Three counter current thickeners: alat ini digunakan untuk mencuci dan juga untuk memisahkan suatu campuran dengan bantuan dari air panas. endapan sebagai produk dan filtratnya sebagai sampingan.
- Precipitator : alat yang berguna untuk proses pembentukan Kristal pda suatu zat dengan bantuan dari cooling water.
- Calciner : alat yang digunakan untuk melelehkan suatu zat atau bahan dengan suhu yang sangat tinggi, hingga mencapai 1000°C atau lebih.

RANGKUMAN

- **Aluminium** adalah unsur kimia yang mempunyai simbol **Al** dan nomor atom 13.
- Proses pemurnian aluminium menggunakan proses Bayer yang terdiri dari :
 - ✓ Pencernaan
 - ✓ Klarifikasi
 - ✓ Pengendapan
 - ✓ Kalsinasi
- Bahan baku utama untuk proses pembuatan aluminium adalah bijih bauksit yang diambil langsung dari sumbernya yang masih mengandung banyak kontaminan.

D. Latihan Soal/Tugas

1. Buatlah diagram alir proses pengolahan biji bauksit menjadi aluminium ?
2. Jelaskan fungsi alat yang digunakan ?
3. Buatlah perhitungan secara teoritis berapa % Yield produk logam Al dan Cu yang dapat dihasilkan ?

DAFTAR PUSTAKA

- Austin Shereve.1984. Chemical Process Industries. Fuel and Industrial Gasses.
- Bell, J. H., "Cryogenic Engineering", Prentie-Hall, New Jersey (1963)
- Dryden.1963."outline of chemical technology",2nd Ed
- Dryden, C.E.1993," *Outlines of Chemical Technology*". . East West Press. 73-83
- Gopala Rau, M. & Siting, Marshall "Byrden's Outlines of Chemical Technology Second Edition", India 1971.
- Mc Clintock, M., "Cryogenics", Reinhold Publishing Corp., NewYork (1964)
- Scott, R. B., "Cryogenic Engineering"d. Van Nostrand Co., Inc., Princeton., N. J. (1950)
- Sitting, M. & S. Kid, "Cryogenics-Research and Aplication", D. Van Nostrand Co., Inc. Princeton, N, J, (1963)
- <http://community.um.ac.id/showthread.php?73937-Amonia-dan-asam-nitrat>
- <http://anekailmu.blogspot.com/2009/10/penggunaan-asam-nitrat-hno3-pada-bidang.html>
- www. Wikipedia Indonesia .com
- http : // Scribd. *Pembuatan Asetilen*
- http://www.acces.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_04/21cfrv3_04html
- <http://beningwidhayaka.wordpress.com/2009/04/09/pemurnian-kaolin/>
- <http://ratna-wati-chemistry.blogspot.com/2009/05/kalsium-karbonat-caco3-ciri-ciri-dan.html>
- http://www.chem-is-try.org/tabel_periodik/natrium/
- [http://www.askiitians.com/iit_jee-S and P Block elements/Carbonates-of-Alkali- metals](http://www.askiitians.com/iit_jee-S_and_P_Block_elements/Carbonates-of-Alkali_metals)
- <http://www.citycollegiate.com/sblock2.html>

http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_carbonate

<http://etd.eprints.ums.ac.id/3347/1/D500030029.pdf>

<http://forum.um.ac.id/index.php?topic=25247.0>

http://www.k13tiumb.blogspot.com/2009_11_01_archive.html

BIODATA PENULIS

Nama Lengkap dan Gelar Akademik	Ir. Erwana Dewi, M.Eng
Tempat dan Tanggal Lahir	Palembang, 14 November 1960
Jenis Kelamin	Perempuan
Fakultas/Jurusan	Politeknik Negeri Sriwijaya/T. Kimia
Pangkat/Golongan/NIP	Pembina TK 1/IVc/196011141988112001
Bidang Keahlian	Food Technology and Science
Alamat Kantor	Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139-A
Telepon	0711 353414/355918
Email	info@polisriwijaya.ac.id
Alamat Rumah	Jl. Puncak Sekuning no. A2/17, rt 03/rw04 Kel IB I, 26 Ilir D1, Palembang 30136
Telepon	0711 321719
Email	erwanadewi@gmail.com

Mata Kuliah yang diampu :

NO	MATA KULIAH	SEMESTER
1.	Praktikum Rekayasa Bioproses	I
2.	SMK3 dan Ketenagakerjaan	I
3.	Praktikum Satuan Proses	III
4.	Praktikum Analitik Instrumen	III
5.	Proses Industri Kimia I	III
6.	Proses Industri Kimia II	IV
7.	Praktikum Teknologi Pangan	IV
8.	Teknik Pengolahan Pangan	IV
9.	Pengendalian Mutu Produksi	V

Palembang, Maret 2021

Penyusun,

Ir. Erwana Dewi, M.Eng
NIP 196011141988112001