



**TUGAS AKHIR - TK 145501**

## **PABRIK SODIUM NITRAT DARI SODIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT DENGAN PROSES SINTESIS**

**SHOLIKHATU INA IMANA**

**NRP. 10411500000062**

**FAIZA AMALIA FIRDAUS**

**NRP. 10411500000078**

**Dosen Pembimbing:**

**Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT**

**NIP. 19580703 198502 2 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI**

**Fakultas Vokasi**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2018**



**TUGAS AKHIR - TK 145501**

**PABRIK SODIUM NITRAT DARI SODIUM HIDROKSIDA  
DAN ASAM NITRAT DENGAN PROSES SINTESIS**

**SHOLIKHATU INA IMANA  
NRP. 10411500000062**

**FAIZA AMALIA FIRDAUS  
NRP. 10411500000078**

**Dosen Pembimbing:  
Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT  
NIP. 19580703 198502 2 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**



**FINAL PROJECT - TK 145501**

## **SODIUM NITRATE PLAN OF SODIUM HYDROXIDE AND NITRIC ACID BY SYNTHESIS PROCESS**

**SHOLIKHATU INA IMANA**

**NRP. 10411500000062**

**FAIZA AMALIA FIRDAUS**

**NRP. 10411500000078**

**Dosen Pembimbing:**

**Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT**

**NIP. 19580703 198502 2 001**

**DEPARTEMENT INDUSTRIAL OF CHEMICAL ENGINEERING**

**Faculty Of Vocation**

**Sepuluh Nopember Institute Of Technology**

**Surabaya 2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

### LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL FAHMIK SODIUM NITRAT DARI SODIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT DENGAN PROSES SINTESIS

Diajukan Gunan Memenuhi Sahabat Sena Syarif  
Memperoleh Gelar Ahli Madya

pada

Departemen Teknik Kimia Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Sudikham Ins Ismail

(NRP 1041155000062)

Faiza Amalia Firdaus

(NRP 1041155000078)

Ditetapui oleh Dosen Penyimbing Tugas Akhir  
Dosen Pembimbing

Tanda Akhir  


Dr. Ir. Jovy Padjiastuti, MT.

NIP. 19580703 198502 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri  
FV-ITS

  
Jr. Agung Sulandari, MS

NIP. 19580312 198401 1 001

SURABAYA, 26 JULI 2018

LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui senarai hasil ujian tugas akhir pada hari  
2018 untuk tugas akhir dengan judul "FAKIRIK SODIUM NITRAT  
DARI SODIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT DENGAN  
PROSES SINTESIS".

yang disusun oleh

Sheitihate Ina Imans  
Faiza Amalia Firdaus

(NRP 1941150000047)  
(NRP 19411500000978)

Ditetapkan oleh Tim Pengudi Ujian Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Damayanti Hari P, M.Pd



2. Ir Agus Surono, MT



Ditetujui oleh Dua orang Penimbang Tugas Akhir

1. Dr. Ir. Lily Podjastuti, MT



SURABAYA, 26 JULI 2018

## KATA PENGANTAR

Puji syukur selalu dipanjangkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Pabrik Sodium Nitrat dari Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat dengan Proses Sintesis.**

Tugas akhir ini merupakan salah satu tugas yang harus diselesaikan sebagai persyaratan kelulusan program studi DIII Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi / Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari tugas akhir ini supaya mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal prinsip-prinsip perhitungan dari peralatan-peralatan industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas selesainya laporan tugas akhir ini, penulis ingin ucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penggerjaan tugas akhir ini, antara lain kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya.
2. Keluarga yang senantiasa mendoakan dan mendukung setiap langkah kami serta jasa-jasa lain yang terlalu sulit untuk diungkapkan.
3. Ir. Agung Subyakto, MS selaku Kepala Departmen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir Program Studi D III Teknik Kimia, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

5. Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P, M.Pd dan Ir.Agus Surono, MT selaku dosen penguji tugas akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Segenap Dosen, staf dan karyawan Program Studi DIII Teknik Kimia,, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Rekan – rekan angkatan Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian tugas akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, 26 Juli 2018

TTD  
Penulis

# **PABRIK SODIUM NITRAT DARI SODIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT DENGAN PROSES SINTESIS**

Nama Mahasiswa : Sholikhhatu Ina I. (10411500000062)  
: Faiza Amalia F. (10411500000078)  
Program Studi : DIII Teknik Kimia Industri FV-ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT

## **ABSTRAK**

Sodium nitrat digunakan dalam pembuatan pupuk yang mengandung senyawa nitrogen, pembuatan dynamite, pembuatan kalium nitrat, pembuatan kaca,pembuatan briket arang, dan sebagai reagen pada kimia analisa, obat-obatan, korek api, bahan bakar roket, serta digunakan sebagai bahan pengawet makanan. Pabrik ini akan didirikan di daerah Cilegon, Banten. Pabrik ini menggunakan bahan baku sodium hidroksida dengan kandungan 48% dan asam nitrat dengan kandungan 58% dengan proses sintesis.

Pembuatan sodium nitrat dari asam nitrat dan sodium hidroksida dengan proses sintesis melalui 6 tahap. Tahap pertama yaitu sodium hidroksida 48% direaksikan dengan asam nitrat 58% untuk membentuk sodium nitrat. Tahap kedua yaitu proses pemurnian untuk mendapatkan larutan sodium nitrat dengan konsentrasi yang 60%. Tahap ketiga yaitu proses kristalisasi untuk mengkristalkan larutan sodium nitrat. Tahap keempat yaitu proses pemisahan antara kristal sodium nitrat dengan mother liquornya. Tahap kelima yaitu proses drying untuk mengurangi kadar air pada kristal sodium nitrat. Tahap terakhir yaitu proses pengemasan sodium nitrat.

Pabrik sodium nitrat bekerja secara kontinyu dan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produksi 40.000 ton/tahun. Limbah yang dihasilkan dari industri ini yaitu, limbah pencucian slurry, dan debu cyclone.

**Kata kunci :** Sodium nitrat, Sodium hidroksida, Asam nitrat, Sintesis

## **SODIUM NITRATE PLANT OF SODIUM HYDROXIDE AND NITRIC ACID BY SYNTHESIS PROCESS**

Students : Sholikhatu Ina I. (10411500000062)  
              : Faiza Amalia F. (10411500000078)  
Department : DIII Teknik Kimia Industri FV-ITS  
Supervisor : Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT

### **ABSTRACT**

Sodium nitrate is used in the manufacture of fertilizers containing nitrogen compounds, dynamite manufacture, potassium nitrate manufacture, glass making, charcoal briquetting, and as reagents in chemical analyzers, medicines, matches, rocket fuel, and used as food preservatives. This factory will be established in Cilegon, Banten. This plant uses raw material with 48% of sodium hydroxide content and 58% nitric acid with synthesis process.

Production of sodium nitrate from nitric acid and sodium hydroxide by synthesis process through 6 stages. The first stage of 48% sodium hydroxide is reacted with 58% nitric acid to form sodium nitrate. The second stage is the purification process to obtain a solution of sodium nitrate with a concentration of 60%. The third stage is the crystallization process to crystallize the sodium nitrate solution. The fourth stage is the process of separation between crystals of sodium nitrate and mother liquor. The fifth stage is the drying process to reduce water content in sodium nitrate crystals. The final stage is the packing sodium nitrate.

The sodium nitrate plant works continuously and operates for 330 days / year with a production capacity of 40,000 tons / year. Waste generated from this industry is, slurry wash waste, and cyclone dust.

**Key words :** Sodium Nitrate, Sodium Hydroxide, Synthesis

## **DAFTAR ISI**

KATA PENGANTAR .....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR GRAFIK .....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2 Dasar Teori .....	I-10
BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES	
2.1 Macam Proses.....	II-1
2.2 Uraian Proses Terpilih .....	II-5
BAB III NERACA MASSA.....	III-1
BAB IV NERACA PANAS.....	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT .....	V-1
BAB VI UTILITAS	
6.1 Utilitas Secara Umum.....	VI-1
6.2 Unit Penyedia Air .....	VI-2
6.3 Unit Penyedia Air Dingin .....	VI-4
6.4 Unit Penyedia Steam .....	VI-10
6.5 Unit Penyediaan Listrik .....	VI-10
6.6 Perhitungan Kebutuhan Air .....	VI-11
BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA	
7.1 Pendahuluan.....	VII-1
7.2 Potensi Bahaya Kerja di Pabrik	
Sodium Nitrat.....	VII-2
7.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada	
Pabrik Sodium Nitrat .....	VII-5

BAB VIII INSTRUMENTASI .....	VIII-1
BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA .....	IX
BAB X KESIMPULAN .....	X
DAFTAR NOTASI .....	xi
DAFTAR PUSTAKA .....	xiii

LAMPIRAN:

APPENDIX A NERACA MASSA .....	A-1
APPENDIX B NERACA PANAS .....	B-1
APPENDIX C SPESIFIKASI ALAT .....	C-2
Flowsheet Proses Pabrik Sodium Nitrat	
Flowsheet Utilitas Pabrik Sodium Nitrat	

## **DAFTAR GAMBAR**

**Gambar 1.1** Lokasi Pembangunan Pabrik

Sodium Nitrat..... 1-10

**Gambar 2.1** Blok Diagram Proses Guggenheim..... 2-3

**Gambar 2.2** Blok Diagram Proses Sintesis ..... 2-8

## **DAFTAR GRAFIK**

<b>Gambar 1.1</b> Data Impor Sodium Nitrat di Jepang, Canada, dan Malaysia .....	1-5
<b>Gambar 1.2</b> Data Impor Sodium Nitrat di Indonesia .....	1-7

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Data Impor Sodium Nitrat di Indonesia.....	1-4
<b>Tabel 1.2</b> Data Impor Sodium Nitrat berbagai Negara .....	1-4
<b>Tabel 1.3</b> Data Produsen Bahan Baku Sodium Nitrat.....	1-6
<b>Tabel 1.4</b> Kapasitas Produksi Sodium Nitrat Komersil Di Dunia.....	1-8
<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan Ketiga Jenis Pembuatan Sodium Nitrat .....	II-4
<b>Tabel 3.1</b> Neraca Massa CSTR .....	III-3
<b>Tabel 3.2</b> Neraca Massa Evaporator effect 1 .....	III-4
<b>Tabel 3.3</b> Neraca Panas Evaporator effect 2 .....	III-5
<b>Tabel 3.4</b> Neraca Panas Evaporator effect 3 .....	III-5
<b>Tabel 3.5</b> Neraca Massa Crystallizer .....	III-6
<b>Tabel 3.6</b> Neraca Massa Centrifuge .....	III-7
<b>Tabel 3.7</b> Neraca Massa Hammer Mill .....	III-8
<b>Tabel 3.8</b> Neraca Massa Flash Duct .....	III-9
<b>Tabel 3.9</b> Neraca Massa Cyclone .....	III-10
<b>Tabel 3.10</b> Neraca Massa Storage.....	III-11
<b>Tabel 3.11</b> Spesifikasi Produk.....	III-11
<b>Tabel 4.1</b> Neraca Panas Heater HNO <sub>3</sub> .....	IV-1
<b>Tabel 4.2</b> Neraca Panas Heater NaOH.....	IV-2
<b>Tabel 4.3</b> Neraca Panas CSTR.....	IV-3
<b>Tabel 4.4</b> Neraca Panas Evaporator effect 1 .....	IV-3
<b>Tabel 4.5</b> Neraca Panas Evaporator effect 2 .....	IV-4
<b>Tabel 4.6</b> Neraca Panas Evaporator effect 3 .....	IV-4
<b>Tabel 4.7</b> Neraca Panas Crystallizer .....	IV-5
<b>Tabel 4.8</b> Neraca Panas Flash Dryer .....	IV-6
<b>Tabel 6.1</b> Kualitas Air Cidanau pada Waduk Nadra Kenceng.....	VI-2

<b>Tabel 6.2</b> Masalah Terjadi pada Sisten Air Pendingin dan Penyebabnya.....	VI-5
<b>Tabel 6.3</b> Rekomendasi Batasan Feed Water untuk Boiler.....	VI-8
<b>Tabel 6.4</b> Parameter Fisik Standar Baku Mutu Kesehatan Air .....	VI-10
<b>Tabel 6.5</b> Parameter Biologi Standar Baku Mutu Kesehatan Air .....	VI-10
<b>Tabel 6.6</b> Parameter Kimia Standar Baku Mutu Kesehatan Air .....	VI-10
<b>Tabel 7.1</b> Alat Pelindung Diri.....	VII-5
<b>Tabel 8.1</b> Sistem Kontrol Pabrik Sodium Nitrat .....	VIII-5

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan zaman, pemerataan pembangunan dalam segala bidang di wilayah Indonesia juga harus diperhatikan. Salah satunya dengan mengembangkan kawasan industri untuk mendorong tumbuhnya industri nasional baik yang menghasilkan suatu produk jadi maupun produk untuk diolah lebih lanjut. Salah satu produk intermediet adalah sodium nitrat. Kebutuhan nasional akan sodium nitrat mengalami peningkatan sehingga mempengaruhi nilai impor Indonesia ke luar negeri, karena belum adanya industri sodium nitrat di Indonesia. Sampai saat ini industri kimia di Indonesia masih dihadapkan pada persoalan ketergantungan pada impor, karena belum adanya industri sodium nitrat di Indonesia. Dengan adanya pembangunan industri kimia ini sangat penting, karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri yang pada akhirnya akan dapat mengurangi pengeluaran devisa untuk mengimpor barang tersebut, termasuk sodium nitrat.

Salah satu produk intermediet adalah Sodium Nitrat ( $\text{NaNO}_3$ ). Bahan baku dalam pembuatan Sodium Nitrat sangat beragam, sebagai contohnya dalam proses sintetik adalah Natrium Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), Sodium Klorida ( $\text{NaCl}$ ) dan Sodium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) yang masing-masing direaksikan dengan Asam Nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) agar dihasilkan produk Sodium Nitrat.

Sodium nitrat yang merupakan salah satu bahan baku utama yang banyak digunakan dalam pembuatan pupuk yang mengandung senyawa nitrogen, pembuatan dynamite, pembuatan kalium nitrat, pembuatan kaca,pembuatan briket arang, dan sebagai reagen pada kimia analisa, obat-obatan, korek api, bahan



bakar roket, serta digunakan sebagai bahan pengawet makanan. Dengan meningkatnya pada kegunaan dari sodium nitrat maka dapat diperkirakan kebutuhan akan sodium nitrat akan meningkat per tahunnya.

### 1.1.1 Sejarah Sodium Nitrat

Sodium nitrat nitrat,  $\text{NaNO}_3$ , ditemukan dalam produk alami yang berhubungan dengan natrium klorida, natrium sulfat, kalium klorida, kalium nitrat, magnesium klorida, dan garam lainnya. Produk sodium nitrat yang sudah ada di beberapa negara, namun satu-satunya yang dieksplorasi secara komersial adalah di Chili, Amerika Selatan dengan sodium nitrat alami juga disebut “Chilean saltpeter” atau nitrat chili (Othmer,2001).

Simpanan Chilean Saltpeter terletak di utara Chili di dataran tinggi antara daerah pesisir dan pegunungan andes, di gurun Atacama. simpanan ini tersebar di suatu daerah yang panjangnya sekitar 700 km, dan mulai dari beberapa kilometer sampai sekitar 50 km. Sebagian besar simpanan berada di daerah dengan relief rendah, sekitar 1200 m di atas permukaan laut (Othmer,2001).

Untuk produksi dunia tahunan sodium nitrat stabil sepanjang awal 1990-an. Produksi sodium nitrat dunia maksimum terjadi sekitar 1930, dengan 3.000.000 ton/tahun, namun tingkat produksi tertinggi yang dicapai oleh industri nitrat Chili (sekitar 2.900.000 ton/tahun) terjadi pada akhir 1920an. Produksi sodium nitrat secara sintetik mencapai puncaknya pada pertengahan tahun 1930an pada 730.000 ton/tahun. Selama periode tersebut, produksi industri Chili menurun menjadi 360.000 ton/tahun (Othmer,2001).

Sodium nitrat digunakan sebagai pupuk dan sejumlah proses industri lainnya. Pada periode 1880-1910 ini menyumbang

---



60% produksi pupuk nitrogen dunia. Pada tahun 1990an sodium nitrat menyumbang 0,1% dari produksi pupuk nitrogen dunia, yang digunakan untuk beberapa jenis tanaman dan kondisi tanah tertentu. Penurunan ini disebabkan oleh pertumbuhan produksi pupuk yang sangat besar dan peningkatan penggunaan pupuk nitrogen yang lebih murah yang dihasilkan dari amonia sintetis, seperti urea, ammonium nitrat, ammonium fosfat, ammonium sulfat, dan ammonia. Produksi komersial amonia secara sintetis dimulai pada tahun 1921, segera setelah berakhirnya Perang Dunia I. Pasar industri utama untuk sodium nitrat pada mulanya adalah industri asam nitrat dan bahan peledak. Pada pertengahan 1990an sodium nitrat digunakan dalam produksi beberapa bahan peledak dan di sejumlah daerah industri (Othmer,2001).

### 1.1.2 Alasan Pendirian Pabrik

Kebutuhan sodium nitrat di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat sesuai dengan banyaknya industri yang menggunakan sodium nitrat. Oleh karena itu, pendirian pabrik ini sangat diperlukan supaya mampu memenuhi peningkatkan kebutuhan domestik akan sodium yang selama ini dipenuhi dari impor serta diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan baru. Berikut data dari Badan Pusat Statistik, dapat diketahui jumlah sodium nitrat yang diimpor oleh Indonesia dari beberapa tahun terakhir.

**Tabel 1.1** Data Impor Sodium Nitrat di Indonesia

Tahun	Impor (ton)/tahun
2013	7460,58
2014	8081,97
2015	8521,06
2016	8425,68
2017	10379,12

Sumber :Badan Pusat Statistik (2017)

Berikut data dari UN Nations data, maka dapat diketahui jumlah sodium nitrat yang diimpor oleh beberapa negara (Jepang, Malaysia, dan Canada) dalam beberapa tahun terakhir.

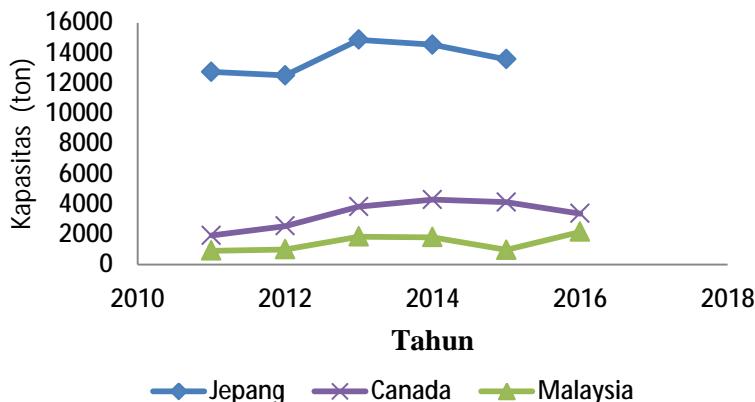
**Tabel 1.2** Data Impor Sodium Nitrat beberapa Negara

Tahun	Import (ton/tahun)		
	Jepang	Malaysia	Canada
2011	12757,539	924,652	1932,67
2012	12521	1007,923	2554,63
2013	14883,99	1858,541	3836,96
2014	14559	1811,159	4308,57
2015	13595,615	975,894	4134,94
2016	13437	2177,704	3385,414

(Sumber : UN Nations Data, 2017)



Berdasarkan data dari UN Nations data dengan jumlah sodium nitrat yang diimpor oleh beberapa negara (Jepang, Malaysia, dan Canada) yang tertera pada **Tabel 1.2** maka didapat



grafik sebagai berikut:

**Grafik 1.1** Data Impor Sodium Nitrat di Jepang, Canada, dan Malaysia

Dari beberapa data diatas bahwa permintaan sodium nitrat di Indonesia sodium nitrat cukup tinggi serta begitupula dengan negara tetangga seperti Jepang, Canada, dan Malaysia seperti yang tertera pada **Grafik I.2** cenderung mengalami kenaikan. Dengan demikian, sodium nitrat yang akan diproduksi tiap tahun selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, juga dapat membuka peluang untuk di eksport ke negara-negara tersebut.

### 1.1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku sodium nitrat adalah Sodium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) dan Asam Nitrat ( $\text{HNO}_3$ ). Sodium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ )



dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical yang terletak di Cilegon, Banten. Sedangkan untuk asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) dapat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia, Cikampek.

**Tabel 1.3** Data Produsen Bahan Baku Sodium Nitrat

Nama Produsen	Jenis Bahas	Kapasitas
PT. Asahimas Chemical	Sodium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ )	500.000 ton/tahun.
PT. Multi Nitrotama Kimia	Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ )	55.000 ton/tahun

Dilihat dari ketersediaan bahan baku untuk pembuatan sodium nitrat, di Indonesia sendiri untuk perkembangan produksi asam nitrat terus mengalami peningkatan, salah satu diantaranya adalah PT. Multi Nitrotama Kimia (MNK) yang merupakan produsen tunggal yang memproduksi asam nitrat 58%. Sedangkan untuk PT. Asahimas Chemical merupakan salah satu produsen yang memproduksi sodium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) liquid 48%.

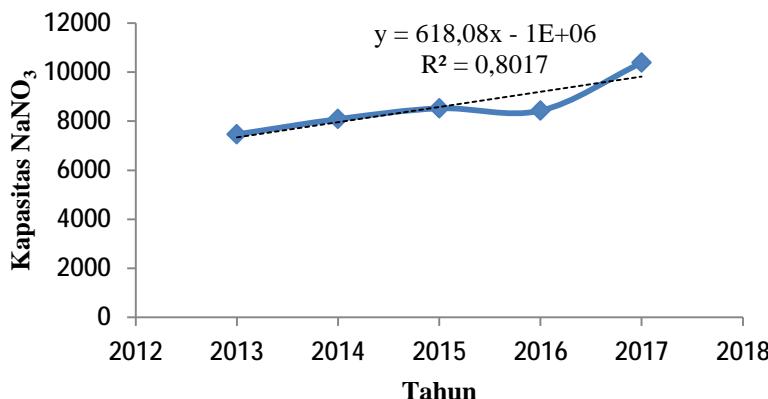
#### 1.1.4 Penentuan Kapasitas Pabrik

Dalam memproduksi sodium nitrat harus diperhitungkan juga kapasitas produksi yang menguntungkan. Berikut adalah beberapa faktor penting dalam perhitungan kapasitas pabrik yaitu:

- Ketersediaan bahan baku
- Kapasitas produksi minimal
- Jumlah kebutuhan/konsumsi Sodium nitrat di Indonesia



Pabrik sodium nitrat dengan bahan baku asam nitrat dan sodium hidroksida ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2022, dengan mengacu pada pemenuhan kebutuhan impor. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik yang tertera pada **Tabel 1.1**, maka didapat grafik sebagai berikut:



### Grafik 1.2 Data Impor Sodium Nitrat di Indonesia

Dari grafik diatas maka didapatkan persamaan  $y = 618,08x - 1000000$ . Dimana  $y$  merupakan kebutuhan sodium nitrat di Indonesia (ton/tahun) dan  $x$  merupakan tahun. Walaupun kebutuhan sodium nitrat di Indonesia mengalami kenaikan yang tidak signifikan namun secara garis besar mengalami kenaikan. Maka dengan persamaan tersebut dapat diestimasi jumlah kebutuhan sodium nitrat di Indonesia pada tahun 2022 mendatang yaitu sebesar 249757,76 ton/tahun.

Untuk memperkirakan peluang kapasitas produksi pabrik baru misalkan pada tahun 2022 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi} &= \text{hasil produksi} + \text{import} - \text{ekspor} \\ &= 0 + 249757,76 - 0 \end{aligned}$$

---



$$= 249757,76 \text{ ton/tahun}$$

Maka total peluang produksi adalah :

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Pabrik} &= 15\% \times \text{kapasitas nasional} \\ &= 15\% \times 249757,76 \text{ ton/tahun} \\ &= 37463,664 \text{ ton/tahun} \\ &= 40.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 121 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

Dengan asumsi pemanfaatan peluang produksi sebesar 15% dari kapasitas nasional sehingga diperoleh kapasitas produksi pabrik sodium nitrat yang akan didirikan yaitu 121 ton/hari.

Dalam memproduksi Sodium Nitrat harus diperhitungkan kapasitas produksi yang menguntungkan. Berikut merupakan kapasitas produksi secara komersial dari pabrik yang telah ada di dunia disajikan pada **Tabel 1.4**.

**Tabel 1.4** Kapasitas Produksi Sodium Nitrat Komersial Di Dunia

Pabrik	Proses	Kapasitas (ton/th)
Deepak Nitrite Ltd. Bombay	Sintesis	15.000
Qena Distriq Egypt	Shank	113.000
Amerika	Sintesis	210.000
Maria Elina, Chilli	Gugenheim	520.000
Pedro de valdivia	Gugenheim	750.000

(Othmer, 1997)

Selain melihat ketersediaan bahan baku serta mempertimbangkan kapasitas produksi sodium nitrat komersial dari pabrik yang telah ada di dunia maka disimpulkan perlu dibangun pabrik Sodium Nitrat di Indonesia dengan kapasitas rancangan yaitu sebesar 40.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan sodium nitrat di Indonesia yang diproyeksikan pada

---



tahun 2022 mendatang dengan anggapan 330 hari kerja, diharapkan :

1. Bila dihasilkan produk berlebih maka akan diproyeksikan untuk orientasi ekspor untuk memenuhi kebutuhan luar negeri khususnya di Jepang, Malaysia, Canada, dan negara lain yang konsumtif akan sodium nitrat.
2. Dapat merangsang berdirinya industri kimia lain yang menggunakan bahan baku maupun bahan pembantu sodium nitrat.
3. Dapat memperluas lapangan kerja dan mengurangi angka pengangguran terutama di Indonesia.

### 1.1.5 Penentuan Lokasi Pabrik

Lokasi pendirian pabrik sodium nitrat dari sodium hidroksida dan asam nitrat di pilih di Cilegon, Banten. Pertimbangannya dijelaskan sebagai berikut:

1. Ditinjau dari lokasi sumber bahan baku  
Lokasi ini dipilih karena berdekatan dengan sumber bahan baku (Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat). Bahan baku Asam nitrat berasal dari PT. Multi Nitrotama Kimia, Cikampek. Bahan baku Sodium hidroksida berasal dari PT. Asahimas Chemical, Cilegon.
2. Alat angkutan (transportasi)  
Kawasan industri Cilegon dekat dengan Pelabuhan Merak dan tersedia sarana transportasi jalan raya, sehingga mempermudah sistem pengiriman bahan baku dan produk.
3. Tenaga Kerja  
Kawasan industri Cilegon terletak di daerah Jawa dan Jabotabek yang memiliki banyak lembaga pendidikan formal maupun non formal dimana banyak dihasilkan



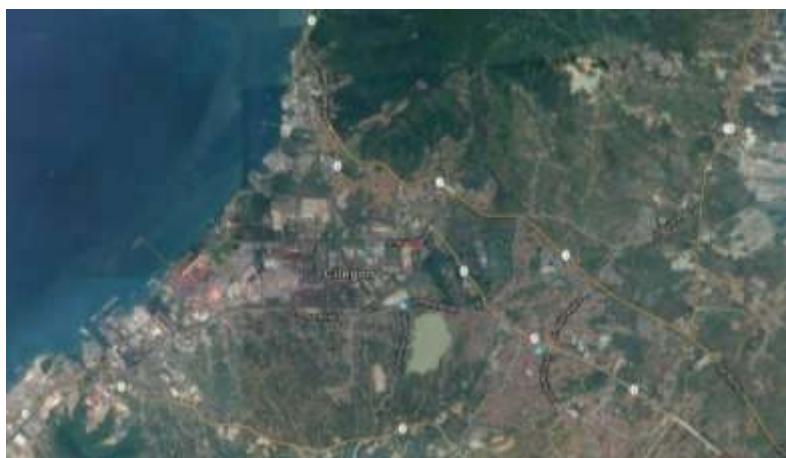
tenaga kerja ahli maupun non ahli, sehingga tenaga kerja mudah didapatkan.

4. Sumber air

Lokasi yang dipilih dekat dengan sumber air yang mana diperlukan dalam proses produksi. Penyediaan air diperoleh dari sungai sekitar kawasan pabrik.

5. Ditinjau dari lokasi lahan pembangunan

Didaerah sekitar Cilegon masih terdapat banyak lahan kosong yang bisa digunakan untuk mendirikan pabrik sodium nitrat.



**Gambar 1.1** Lokasi Pembangunan Pabrik Sodium Nitrat

## 1.2 Dasar Teori

### 1.2.1 Pengertian

Sodium nitrat ( $\text{NaNO}_3$ ) merupakan bahan kimia intermediet. Berbentuk heterogen dan memiliki tebal yang bervariasi mulai 0,15 m sampai 4,3 m. Pembuatan Sodium Nitrat secara alami adalah dengan cara ekstraksi dari air laut yang kemudian dilanjutkan dengan kristalisasi. Sodium Nitrat



digunakan untuk pertanian khususnya untuk pupuk. Pada bidang industri, Sodium nitrat digunakan untuk pembuatan bahan peledak, bahan pembuatan kaca, fiber glass, porselein, briket, dan lain-lain (Othmer, 1978).

### 1.2.2 Proses Sodium Nitrat

Dalam pembuatan sodium nitrat terdapat berbagai macam proses yang sudah dipakai di dunia, antara lain :

#### A. Proses Shank

Proses Shank meliputi tahap operasi size reduction, leaching, washing, crystallizing dan drying. Bahan baku yang berasal dari garam hasil penambangan (garam Chile) yang mengandung  $\text{NaNO}_3$ . Proses Shank dimulai dengan memasukkan potongan-potongan garam Chile dari crusher untuk dihancurkan menjadi potongan berukuran sekitar 3,8 sampai 5,1 cm. Potongan kemudian dimasukkan ke dalam tabung-tabung baja masing-masing memuat 75 ton dan alat tersebut dilengkapi dengan koil pemanas uap air. Selanjutnya dilakukan operasi leaching. Cairan hasil leaching kemudian dibawa ke crystallizing pan. Hasil dari kristalisasi dibawa ke pengering untuk dikeringkan.

Pada prinsipnya proses Shank utamanya adalah pemurnian dari garam hasil penambangan, dimana zat-zat selain ( $\text{NaNO}_3$ ) dikurangi kadarnya sehingga diperoleh ( $\text{NaNO}_3$ ) dengan kadar sekitar 60% (Othmer, 1978).

#### B. Proses Guggenheim

Proses Guggenheim adalah pengembangan dari Proses Shanks, karena proses Shanks tidak efektif baik dalam proses ekstrasinya maupun konsumsi bahan bakarnya. Pada awal tahun 1918 Guggenheim Brothers mengembangkan proses leaching dengan temperatur rendah berdasarkan dua prinsip penting yaitu :



- a) Jika proses leaching dilakukan pada temperatur rendah 40°C akan menghasilkan eksraksi yang cukup baik. Yang lebih dari 50% padatan terlarut dan lebih mudah membentuk kristalisasi.
- b) Jika larutan pelindung mengandung tingkat tertentu dari garam pelindung misalnya, MgSO<sub>4</sub> dan CaSO<sub>4</sub>, garam rangkap yang sedikit kandungan NaNO<sub>3</sub> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O yang ada dalam caliche dipecah oleh magnesium, sehingga meningkatkan ekstraksi NaNO<sub>3</sub>. Pada prinsipnya proses Guggenheim sama dengan proses Shank, hanya alatnya lebih disempurnakan sehingga kadar NaNO<sub>3</sub> lebih besar yaitu sekitar 85– 88% (Othmer, 1978).

### C. Proses Sintesis

Macam-macam proses sintesis dalam pembuatan Sodium nitrat antara lain :

Macam-macam proses sintesis dalam pembuatan Sodium nitrat antara lain:

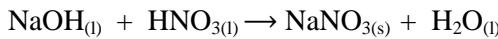
- a) Mereaksikan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan HNO<sub>3</sub> :

Reaksi :



- b) Mereaksikan Kaustik Soda (NaOH) dan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>).

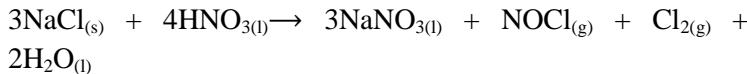
Reaksi :



(Othmer, 2001)

- c) Mereaksikan NaCl dengan HNO<sub>3</sub>.

Reaksi:



(US Patent,1940)



Proses sintesis menghasilkan kadar sodium nitrat yang lebih tinggi dari proses Shank dan Guggenheim yaitu 93–98% (US Patent, 1950)

### **1.2.3 Kegunaan**

#### **A. Pembuatan Pupuk**

Sodium nitrat juga digunakan sebagai pupuk sekaligus sejumlah aplikasi industri. Sebagai pupuk, ia menyediakan nitrogen, dibutuhkan dalam jumlah banyak tanaman. Sodium nitrat adalah pupuk khusus karena semua nitrogen berada dalam bentuk yang sangat teroksidasi dan berbeda dari itu pupuk memberikan nitrogen alumunium. Sodium adalah unsur yang sangat diperlukan untuk beberapa tanaman, sebagian dapat menggantikan potassium di beberapa tanaman, berkontribusi untuk menetralkan tanah dan keasaman lapisan bawah tanah, dan memiliki efek positif pada kelarutan fosfor dalam tanah (Othmer, 2001).

#### **B. Pembuatan Briket Arang**

Aplikasi besar lainnya adalah sebagai bahan dalam produksi briket arang. Jumlah sodium nitrat yang digunakan dalam pembuatan briket arang tergantung dari jenis dan jumlah kayu dan batubara yang digunakan. Biasanya briket arang mengandung hingga hampir 3% sodium nitrat (Othmer, 2001).

#### **C. Pembuatan Kaca**

Dalam beberapa tahun terakhir, telah digunakan sebagai sumber sodium yang digunakan dalam serat kaca multi komponen untuk optik penunjuk gelombang. Hal ini karena sodium nitrat memiliki beberapa keunggulan, seperti efek oksidasi dan klarifikasi, titik leleh rendah, dan suhu dekomposisi rendah (Hoshino, 1980).



## D. Pembuatan Dinamit

Reaksi antara sodium nitrat dengan ammonium nitrat akan menghasilkan gas yang sangat eksplosif sehingga dapat menimbulkan ledakan. Jenis dinamit yang dihasilkan yaitu ammonia dinamit, gelatin dinamit, gelatin nitrat dan ammonia gelatin. Perbandingan jenis dinamit ditentukan dengan pemakaian perbandingan ammonium nitrat dan sodium nitrat.

### 1.2.4 Sifat Fisika dan Kimia

#### 1.2.4.1. Bahan Baku Utama

##### a. Sodium Hidroksida

Sifat Fisika :

- \* Bening berbentuk cair
- \* Larut dalam air
- \* Berat Molekul : 40 g/mol
- \* Titik Didih : 1390°C pada 1 atm
- \* Titik Beku : 318°C pada 1 atm
- \* Density : 2,13 gr/cm<sup>3</sup>

Sifat Kimia :

- \* Merupakan basa kuat.

(Perry, 1997)

##### b. Asam Nitrat

Sifat Fisika :

- \* Bening berbentuk cair
- \* Larut dalam air
- \* Berat Molekul : 63,02 g/mol
- \* Titik Didih : 86°C pada 1 atm
- \* Titik Beku : -42°C pada 1 atm
- \* Density : 1,502 gr/cm<sup>3</sup>

(Perry, 1997).

---



Sifat Kimia :

- \* Merupakan asam kuat.
- \* Dapat bereaksi dengan semua logam kecuali emas, iridium, platinum, rhodium, tantalum dan titanium.
- \* Asam Nitrat merupakan pengoksidasi yang kuat.
- \* Asam Nitrat tidak stabil terhadap panas dan dapat terurai.

(Othmer, 1978).

#### 1.2.4.2 Produk Utama

##### Sodium Nitrat

\* Sifat Fisika :

Rumus Molekul:  $\text{NaNO}_3$

Bentuk : padatan (butiran, powder)

Warna : putih

Berat Molekul : 85 g/mol

Solubility in water : 180 g/100ml

Kemurnian :  $\pm 98\%$

Density : 2,26 g/cm<sup>3</sup>

Titik Cair : 308°C pada 1 atm

Titik Didih : 380°C pada 1 atm

Viscositas : 6,9 Cp

\* Sifat Kimia Sodium nitrat

Mudah larut dalam air, gliserol, amoniak dan alcohol.

(Othmer, 1978).



(halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB II**

### **MACAM DAN URAIAN PROSES**

#### **2.1 Macam Proses**

Sodium nitrat ( $\text{NaNO}_3$ ) merupakan bahan kimia intermediet. Pada pembuatannya diperoleh dari endapan alamiah yang terdapat di dataran tinggi Chili dan merupakan endapan yang cukup lebar yaitu 8–65 km serta tebal 0.3–1.2 m. Produk dengan kualitas tinggi dapat dihasilkan dengan kristalisasi dan pengeringan.

Dalam pembuatan sodium nitrat dikenal dengan berbagai macam proses yang sudah dipakai di dunia, antara lain :

1. Proses Shank
2. Proses Guggenheim
3. Proses Sintesis

#### **2.1.1 Proses Shank**

Proses Shank meliputi tahap operasi size reduction, leaching, washing, crystalizing dan drying. Bahan baku yang berasal dari garam hasil penambangan (garam Chile) yang mengandung  $\text{NaNO}_3$ . Proses Shank dimulai dengan memasukkan potongan-potongan garam Chile dari crusher untuk dihancurkan menjadi potongan berukuran sekitar 3,8 sampai 5,1 cm. Potongan kemudian dimasukkan ke dalam tabung-tabung baja masing-masing memuat 75 ton dan alat tersebut dilengkapi dengan koil pemanas uap air. Selanjutnya dilakukan operasi leaching. Cairan hasil leaching kemudian dibawa ke crystallizing pan. Hasil dari kristalisasi dibawa ke pengering untuk dikeringkan.

Pada prinsipnya proses Shank utamanya adalah pemurnian dari garam hasil penambangan, dimana zat-zat selain ( $\text{NaNO}_3$ ) dikurangi kadarnya sehingga diperoleh ( $\text{NaNO}_3$ ) dengan kadar sekitar 60%. (Othmer, 1978).



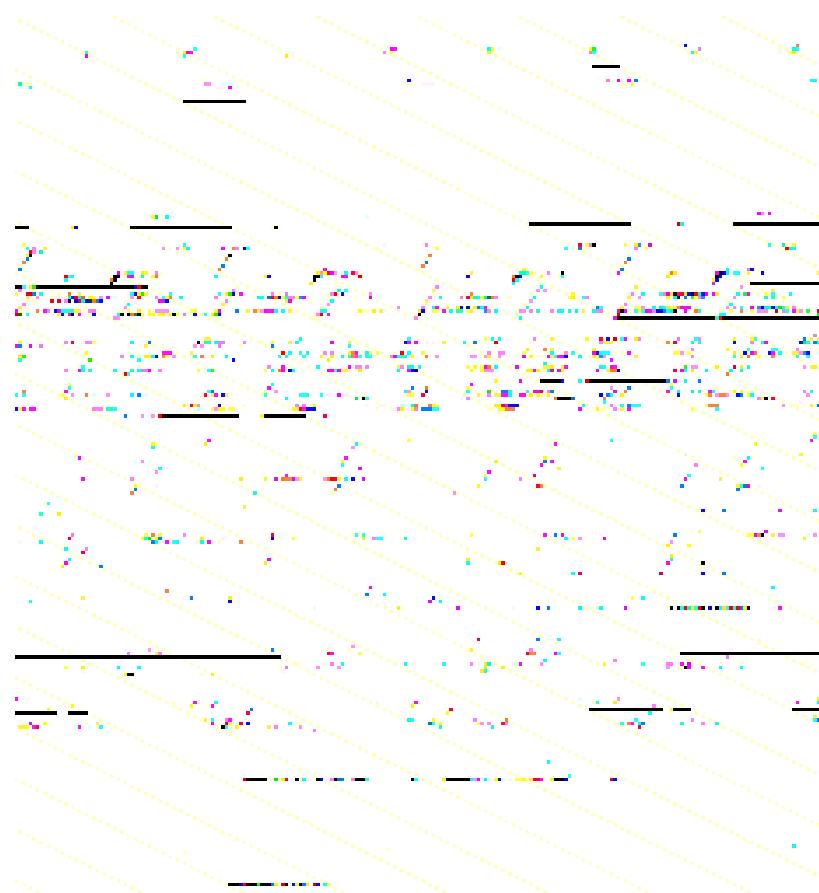
### 2.1.2 Proses Guggenheim

Proses Guggenheim adalah pengembangan dari Proses Shanks, karena proses Shanks tidak efektif baik dalam proses ekstrasi maupun konsumsi bahan bakarnya. Pada awal tahun 1918 Guggenheim Brothers mengembangkan proses leaching dengan temperatur rendah berdasarkan dua prinsip penting yaitu :

- a) Jika proses leaching dilakukan pada temperatur rendah 40°C akan menghasilkan eksraksi yang cukup baik. Yang lebih dari 50% padatan terlarut dan lebih mudah membentuk kristalisasi.
- b) Jika larutan pelindung mengandung tingkat tertentu dari garam pelindung misalnya,  $MgSO_4$  dan  $CaSO_4$ , garam rangkap yang sedikit kandungan  $NaNO_3$   $Na_2SO_4 \cdot H_2O$  yang ada dalam caliche dipecah oleh magnesium, sehingga meningkatkan ekstraksi  $NaNO_3$ . Pada prinsipnya proses Guggenheim sama dengan proses Shank, hanya alatnya lebih disempurnakan sehingga kadar  $NaNO_3$  lebih besar yaitu sekitar 85– 88% (Othmer, 1978).

Pada prinsipnya proses Guggenheim memakai suhu rata-rata untuk proses leaching sebesar 40°C dan membutuhkan waktu 40 jam dan membutuhkan waktu untuk siklus total selama 168 jam (Othmer, 1978).

Berikut ini blok diagram pembuatan sodium nitrat pada pabrik Maria Elena dan Pedro de Valdivia dengan proses Guggenheim yang ditunjukkan pada **Gambar II.1**.



Gambar 2.1 Blok Diagram Proses Guggenheim

### 2.1.3 Proses Sintesis

Macam-macam proses sintesis dalam pembuatan Sodium nitrat antara lain :

- a) Mereaksikan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan HNO<sub>3</sub> :

Reaksi :





b) Mereaksikan Kaustik Soda ( $\text{NaOH}$ ) dan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ).

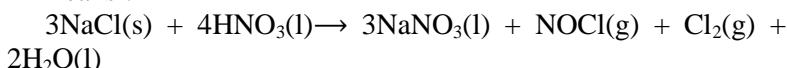
Reaksi :



(Othmer, 2001)

c) Mereaksikan  $\text{NaCl}$  dengan  $\text{HNO}_3$ .

Reaksi:



(US Patent, 1940)

Berikut merupakan perbandingan ketiga proses sintesis pembuatan Sodium Nitrat yang disajikan pada **Tabel II.1**

**Tabel 2.1** Perbandingan Ketiga Jenis Pembuatan Sodium Nitrat

Jenis Proses	Keunggulan	Kelemahan
Proses Shank	Hanya memerlukan proses treatment pada Sodium Nitrat hasil dari pertambangan	a.) Kadar yang diperoleh sekitar 60% b.) Hanya bisa dilakukan di lokasi dimana Sodium nitrat tersedia melimpah
Proses Guggenheim	Hanya memerlukan proses treatment pada Sodium Nitrat hasil dari pertambangan, hanya saja pada proses ini proses ekstraksi dan pemakaian bahan bakar lebih efisien	a.) Kadar yang diperoleh sekitar 85-88% b.) Hanya bisa dilakukan di lokasi dimana Sodium nitrat tersedia melimpah
Proses Sintesis	Bahan baku relatif lebih murah dan	a.) Kadar yang diperoleh sekitar



	mudah didapat	93-98% b.) Modal pembuatan pabrik dengan menggunakan proses ini biasanya relatif lebih besar proses lainnya
--	---------------	--

(Sumber: kirk othmer, 1978)

## 2.2 Uraian Proses Terpilih

### 2.2.1 Alasan Pemilihan Proses

Proses yang dipilih adalah proses sintesis antara Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat. Pemilihan proses ini didasarkan pada :

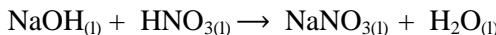
- a. Sintesis dari Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat berlangsung dalam continuous stirred tank reactor (CSTR) sehingga prosesnya relatif lebih sederhana dibandingkan dengan proses lain seperti proses Gugenheim yang dapat dilakukan apabila di tempat itu terdapat kandungan Sodium Nitrat yang berlimpah.
- b. Sintesis dari Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat berlangsung pada tekanan atmosferik sehingga proses produksi relatif lebih sederhana dibandingkan dengan proses lain seperti proses Gugenheim yang dapat dilakukan apabila di tempat itu terdapat kandungan Sodium Nitrat yang berlimpah.

### 2.2.2 Mekanisme Reaksi

Proses pembuatan Sodium Nitrat dari bahan baku Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat berdasarkan pada reaksi netralisasi,



seperti terlihat di bawah ini :



Reaksi di atas disebut reaksi penggaraman atau reaksi neutralisasi. Reaksi antara Sodium Hidroksida dan Asam Nitrat menjadi Sodium Nitrat berlangsung dalam reaktor pada temperatur 60°C dengan perbandingan NaOH dan HNO<sub>3</sub> = 1 : 1. Untuk menjaga kondisi operasi 60°C, panas yang timbul tersebut diserap oleh air pendingin yang mengalir pada koil pendingin. Proses pembuatan Sodium Nitrat dilakukan dalam continuous stirred tank reactor (CSTR) tanpa menggunakan katalis dan merupakan neutralisasi fase cair.

### 2.2.3 Deskripsi Proses Terpilih

Pada rancangan pabrik ini, produksi Sodium Nitrat dibuat dengan menggunakan proses sintesis dan dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu :

- 1.) Tahap persiapan
- 2.) Tahap proses pembentukan produk
- 3.) Tahap pemurnian

#### 2.2.3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini, bahan baku asam nitrat dan sodium hidroksida disimpan dalam fase cair pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Kedua bahan selanjutnya dialirkan secara kontinyu ke Heat Exchanger (E-114 dan E-118) untuk dipanaskan hingga mencapai suhu 60°C. Kemudian kedua bahan tersebut dialirkan ke continuous stirred tank reactor (CSTR) (R-110). Pada continuous stirred tank reactor (CSTR) reaksi yang terjadi adalah eksothermis.

#### 2.2.3.2 Tahap Proses Pembentukan Produk

Setelah melewati tahap persiapan, larutan pekat (slurry) sodium nitrat keluar Reaktor (R-110) kemudian diumpankan ke Evaporator I (V-210 A) untuk dipekatkan dengan suhu pemanas steam sebesar 120°C. Kemudian larutan pekat (slurry) sodium nitrat diumpankan ke evaporator II (V-210 B) lalu diumpankan kembali ke evaporator III (V-210 C) dengan menggunakan

---



perbedaan tekanan. Agar tekanan pada Evaporator III (V-210 C) lebih rendah dari Evaporator II (V-210 B) dan I (V-210 A), uap pada Evaporator III (V-210 C) ditarik dengan menggunakan jet ejector (G-213). Jet ejector (G-213) juga berfungsi untuk memvakumkan Evaporator agar tekanan yang berada di dalam Evaporator dibawah tekanan atmosferik. Hasil yang diperoleh yaitu cairan pekat jenuh produk

### II.2.3.3 Tahap Pemurnian

Pada tahap ini cairan pekat jenuh produk bawah keluar Evaporator, dialirkan ke dalam Crystallizer (X-220) untuk dikristalkan dengan mendinginkan cairan jenuh tersebut sampai suhu 40°C. Produk keluar Crystallizer (X-220) berupa kristal sodium nitrat dan mother liquornya.

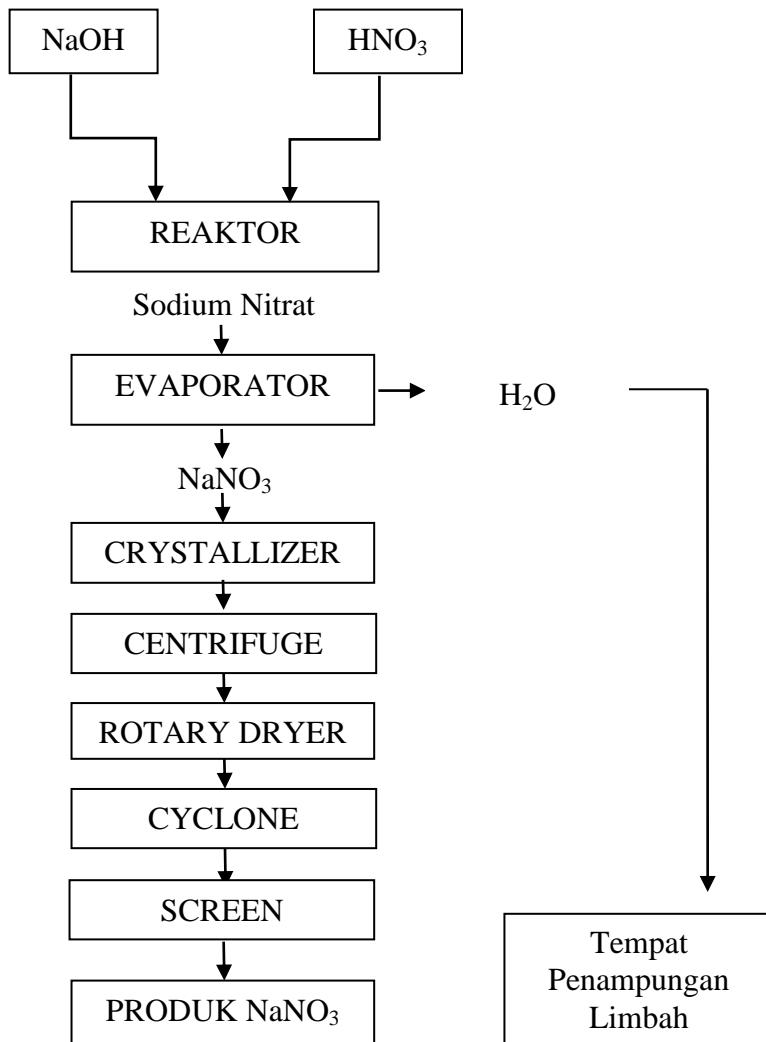
Produk keluar Crystallizer (X-220) diumpangkan ke dalam Centrifuge (H-230) untuk dipisahkan kristalnya dengan mother liquor yang masih melekat. Mother liquor yang terpisah, dialirkan kembali ke Crystallizer (X-220) untuk dikristalkan lagi untuk mengurangi waste.

Hasil berupa Kristal Sodium Nitrat dibawa menuju Flash Dryer (B-240) untuk mengurangi kadar air. Di Flash Dryer, (B-240) pengurangan kadar air dilakukan dengan menghembuskan gas bertekanan. Udara panas berasal dari udara luar yang disaring terlebih dahulu dengan Filter udara kemudian dihembuskan blower (G-242) ke Heat Exchanger (E-243) untuk dipanaskan hingga suhu 60°C kemudian dialirkan ke Flash Dryer (B-240).

Sodium Nitrat produk keluar Flash Dryer (B-240) selanjutnya dipindahkan menuju tangka penyimpanan (F-246) dengan menggunakan belt conveyor (J-245) yang selanjutnya akan dikemas.



## II.4 Blok Diagram Proses Terpilih



Gambar 2.2 Blok Diagram Proses Sintesis

### BAB III

### NERACA MASSA

Kapasitas produksi = 40000 ton/tahun  
= 121212 kg/hari  
= 5050,51 kg/jam

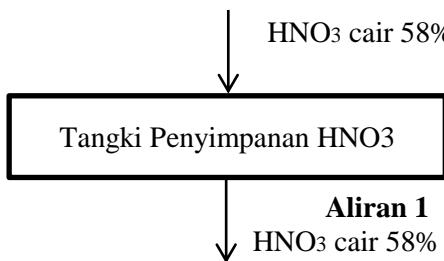
Waktu operasi pabrik = 330 hari

Basis waktu = 1 jam

Satuan massa = 1 kg

Basis bahan baku = 6301,06

#### 1. Tangki Penyimpanan HNO<sub>3</sub> 58% (F-112)

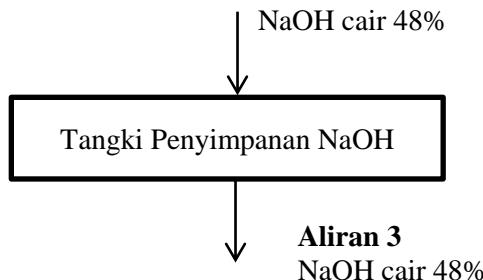


Berat HNO<sub>3</sub> = 0,58 x 6301,06  
= 3654,62 kg

Berat H<sub>2</sub>O = 0,42 x 6301,06  
= 2646,45 kg



## 2. Tangki Penyimpanan NaOH 48% (F-116)



$$\begin{aligned}\text{Berat NaOH} &= \text{Mol} \times \text{Berat molekul} \\ &= 58,01 \times 40 \\ &= 2320,39 \text{ kg}\end{aligned}$$

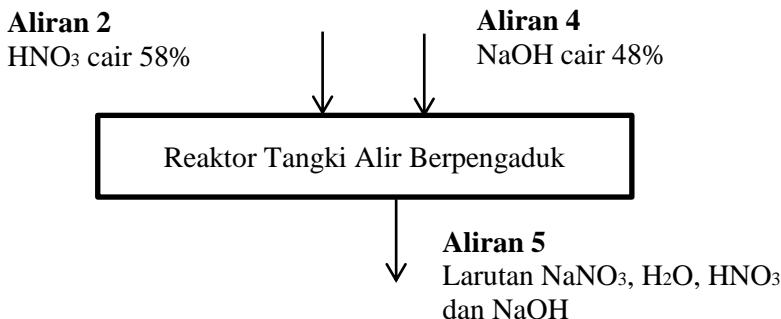
Keterangan :

A adalah berat NaOH (kg)  
X adalah berat NaOH dan H<sub>2</sub>O

$$\begin{aligned}0,48 \times X &= A \\ X &= 2320,39 / 0,48 \\ &= 4834,15 \text{ kg}\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\text{Berat H}_2\text{O} &= 0,52 \times X \\ &= 0,52 \times 4834,15 \\ &= 2513,76 \text{ kg}\end{aligned}$$



### 3. CSTR (Continuous Stirred-Tank Reactor) (R-110)

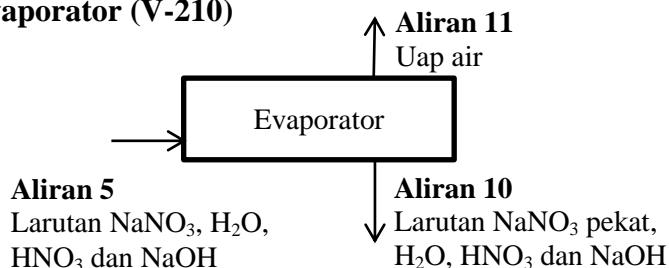


Tabel 3.1 Neraca Massa CSTR

Aliran Masuk	Aliran Keluar
Aliran 3	Aliran 5
HNO <sub>3</sub> 3654,62	HNO <sub>3</sub> 73,09
H <sub>2</sub> O    2646,45	NaOH    46,41
	<b>6301,06</b>
Aliran 4	
NaOH    2320,39	H <sub>2</sub> O    6183,50
H <sub>2</sub> O    2513,76	NaNO <sub>3</sub> 4832,22
	<b>4834,15</b>
Total	Total
<b>11135,2</b>	<b>11135,21</b>



#### 4. Evaporator (V-210)



Tabel 3.2 Neraca massa pada Effect I

Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran 5		Aliran 6	
HNO <sub>3</sub>	73,09	HNO <sub>3</sub>	73,09
NaOH	46,41	NaOH	46,41
H <sub>2</sub> O	6183,50	H <sub>2</sub> O	5430,56
NaNO <sub>3</sub>	4832,21	NaNO <sub>3</sub>	4832,22
			<b>10382,28</b>
		Aliran 7	
		H <sub>2</sub> O	752,93
<b>Total</b>	<b>11135,21</b>	<b>Total</b>	<b>11135,21</b>

**Tabel 3.3** Neraca massa pada Effect II

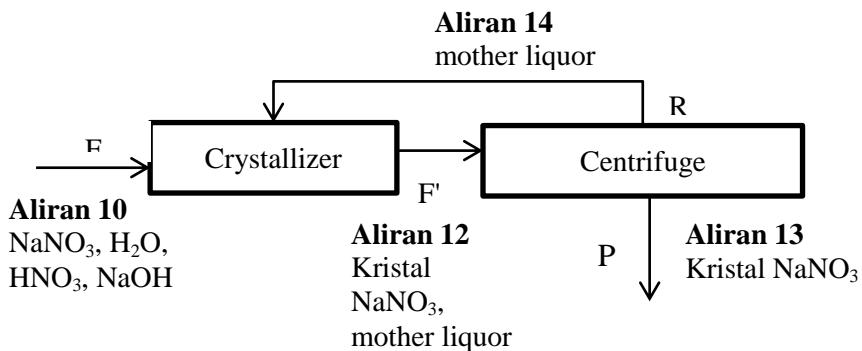
Aliran masuk	Aliran keluar
Aliran 6	Aliran 8
HNO <sub>3</sub> 73,09	HNO <sub>3</sub> 73,09
NaOH 46,41	NaOH 46,41
H <sub>2</sub> O 5430,56	H <sub>2</sub> O 4478,96
NaNO <sub>3</sub> 4832,21	NaNO <sub>3</sub> 4832,21
<b>10382,3</b>	<b>9430,67</b>
Aliran 7	Aliran 9
H <sub>2</sub> O 752,93	H <sub>2</sub> O 1704,54
<b>Total 11135,21</b>	<b>Total 11135,21</b>

**Tabel 3.4** Neraca massa pada Effect III

Aliran masuk	Aliran keluar
Aliran 8	Aliran 10
HNO <sub>3</sub> 73,09	HNO <sub>3</sub> 73,09
NaOH 46,41	NaOH 46,41
H <sub>2</sub> O 4478,96	H <sub>2</sub> O 3301,14
NaNO <sub>3</sub> 4832,21	NaNO <sub>3</sub> 4832,21
<b>9430,67</b>	<b>8252,86</b>
Aliran 9	Aliran 11
H <sub>2</sub> O 1704,54	H <sub>2</sub> O 2882,35
<b>Total 11135,21</b>	<b>Total 11135,21</b>



## 5. Tangki Kristalisasi (X-220)



**Tabel 3.5** Neraca Massa Tangki Kristalisasi

Aliran masuk	Aliran keluar
Aliran 10	Aliran 12
$\text{NaNO}_3$ 4832,21	<b>Kristal</b>
$\text{H}_2\text{O}$ 3301,14	Kristal $\text{NaNO}_3$ 5055,52
$\text{HNO}_3$ 73,09	
$\text{NaOH}$ 46,41	
	<b>Mother Liquor</b>
	$\text{NaNO}_3$ 18,31
	$\text{H}_2\text{O}$ 3466,20
	$\text{HNO}_3$ 76,75
	$\text{NaOH}$ 48,73
	<b>Total</b> 3609,99
<b>Total</b> 8665,50	<b>Total</b> 8665,50



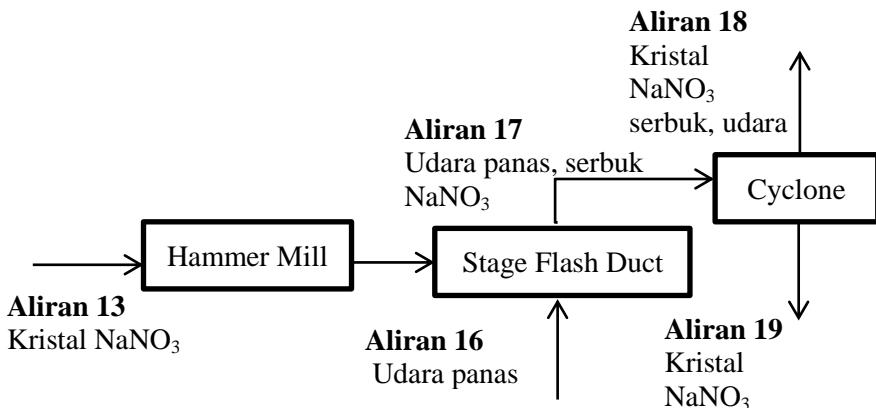
## 6. Centrifuge (H-230)

**Tabel 3.6** Neraca Massa Centrifuge

Aliran masuk	Aliran keluar
Aliran 12	Aliran 13
<b>Kristal :</b> Kristal NaNO <sub>3</sub> 5055,52	<b>Kristal :</b> Kristal NaNO <sub>3</sub> 5055,5 NaNO <sub>3</sub> 1,83 H <sub>2</sub> O 346,62 HNO <sub>3</sub> 7,67 NaOH 4,87 <hr/> 5416,51
<b>Mother Liquor</b>	<b>Aliran 14 :</b>
NaNO <sub>3</sub> 18,31	NaNO <sub>3</sub> 16,48
H <sub>2</sub> O 3466,20	H <sub>2</sub> O 3119,58
HNO <sub>3</sub> 76,75	HNO <sub>3</sub> 69,07
NaOH 48,73	NaOH 43,86
<hr/> 3609,99	<hr/> 3248,99
<b>Total</b> 8665,50	<b>Total</b> 8665,50



## 7. Flash Dryer



### a. Hammer Mill (C-241)

Fungsi : Mengecilkan ukuran kristal  $\text{NaNO}_3$  70 mesh

Tabel 3.7 Neraca Massa Hammer Mill

Aliran masuk	Aliran keluar
Aliran 13	Aliran 15
<b>Kristal :</b>	<b>Kristal :</b>
Kristal $\text{NaNO}_3$	5055,5
$\text{NaNO}_3$	1,83
$\text{H}_2\text{O}$	346,6
$\text{HNO}_3$	7,67
$\text{NaOH}$	4,87
<b>Total</b>	<b>5416,51</b>
	<b>Total</b>
	<b>5416,51</b>



b. Stage Flash Duct (B-240)

Tabel 3.8 Neraca Massa Stage Flash Duct

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran 15		Aliran 17	
Kristal NaNO <sub>3</sub>	5055,52	Kristal NaNO <sub>3</sub>	5055,52
NaNO <sub>3</sub>	1,83	NaNO <sub>3</sub>	1,83
H <sub>2</sub> O	346,62	H <sub>2</sub> O	5,42
HNO <sub>3</sub>	7,67	HNO <sub>3</sub>	7,67
NaOH	4,87	NaOH	4,87
	<b>5416,51</b>	Udara kering	6668,67
Aliran 16		Uap air	781,34
Udara Kering	6668,67		
Uap air	440,13		
	<b>7108,80</b>		
<b>Total</b>	<b>12525,32</b>	<b>Total</b>	<b>12525,32</b>



### c. Cyclone (H-245)

Efisiensi cyclone 99,5%, sehingga 0,5% partikel solid terikut hilang ke udara

**Tabel 3.9** Neraca Massa Cyclone

<b>Aliran Masuk</b>		<b>Aliran Keluar</b>	
<b>Aliran 17</b>		<b>Aliran 19</b>	
Udara kering	6668,67	Kristal NaNO <sub>3</sub>	5030,81
Uap air	781,34	NaNO <sub>3</sub>	1,82
Kristal NaNO <sub>3</sub>	5055,52	H <sub>2</sub> O	5,39
NaNO <sub>3</sub>	1,83	HNO <sub>3</sub>	7,64
H <sub>2</sub> O	5,42	NaOH	4,85
HNO <sub>3</sub>	7,67		<b>5050,51</b>
NaOH	4,87		
		<b>Aliran 18</b>	
		Kristal NaNO <sub>3</sub>	24,7012
		NaNO <sub>3</sub>	0,0092
		H <sub>2</sub> O	0,0271
		HNO <sub>3</sub>	0,0384
		NaOH	0,0244
		Udara kering	6668,67
		Uap air	781,34
<b>Total</b>	<b>12525,3</b>	<b>Total</b>	<b>12525,3</b>



## 8. Tangki Storage (F-246)

**Tabel 3.10** Neraca Massa Tangki Storage

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Kristal NaNO <sub>3</sub>	5030,8	Kristal NaNO <sub>3</sub>	5030,81
NaNO <sub>3</sub>	1,82	NaNO <sub>3</sub>	1,82
H <sub>2</sub> O	5,39	H <sub>2</sub> O	5,39
HNO <sub>3</sub>	7,64	HNO <sub>3</sub>	7,64
NaOH	4,85	NaOH	4,85
<b>Total</b>	<b>5050,51</b>	<b>Total</b>	<b>5050,51</b>

Spesifikasi Produk :

**Tabel 3.11** Spesifikasi Produk

Komponen	Berat (kg/jam)	Fraksi Berat
Kristal NaNO <sub>3</sub>	5030,81	0,9961
NaNO <sub>3</sub>	1,82	0,0003
H <sub>2</sub> O	5,39	0,0012
HNO <sub>3</sub>	7,64	0,0016
NaOH	4,85	0,0009
<b>Jumlah</b>	<b>5050.51</b>	<b>1</b>

Berdasarkan standar, konsentrasi sodium nitrat sebagai bahan intermediate proses industri = 90-99% (Othmer,1978). Maka, sodium nitrat (NaNO<sub>3</sub>) yang dihasilkan sudah sesuai standar.



(halaman ini semgaja dikosongkan)

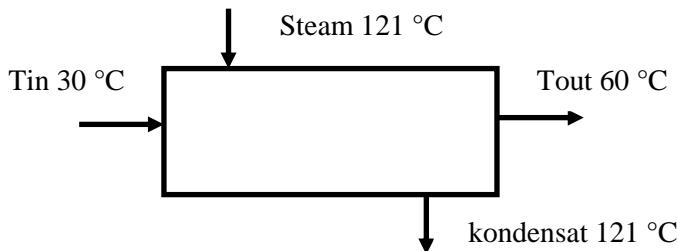
## BAB IV

### NERACA PANAS

Kapasitas Produksi	= 4000 ton/h
	= 121212 kg/hari = 5050.51 kg/jam
Waktu operasi Pabrik	= 330 hari
Basis Waktu	= 1 jam
Satuan Panas	= 1 kkal

#### 1. Heater HNO<sub>3</sub>(F-112)

Fungsi : Memanaskan larutan HNO<sub>3</sub> sebelum masuk reaktor



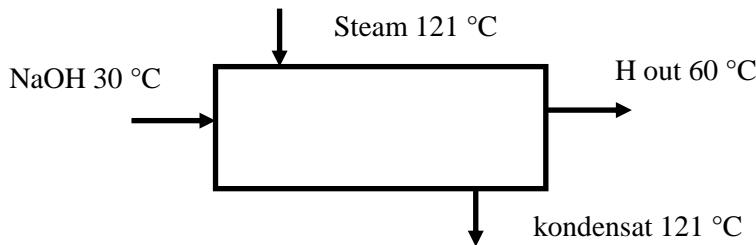
**Tabel 4.1** Tabel Neraca Panas Total HNO<sub>3</sub>

Neraca Masuk		Neraca Keluar	
H in(kkal)	15563	Hout(kkal)	108940
Q in	120990	Q loss	4915
		Q out	22698
136552		136552	



## 2. Heater NaOH (F-115)

Fungsi : Memanaskan larutan NaOH sebelum masuk reactor

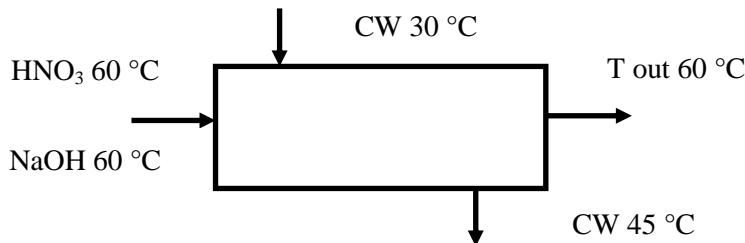


**Tabel 4.2** Tabel Neraca Panas Total NaOH

Neraca Masuk		Neraca Keluar	
H in(kkal)	12463	Hout(kkal)	87239
Qin	96932	Q loss	3936
		Qout	18220
109395		109395	

## 3. Continous Stirred Tank Reactor (CSTR) (R-110)

Fungsi : Mereaksikan larutan NaOH dan HNO<sub>3</sub> menjadi NaNO<sub>3</sub>

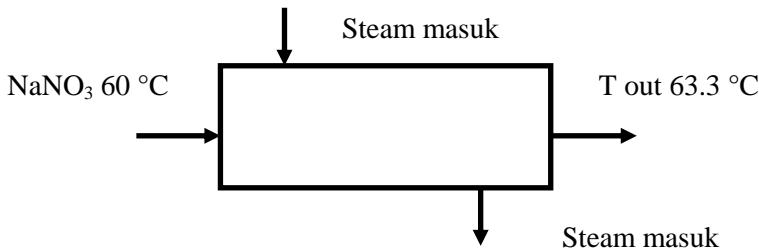


**Tabel 4.3 Tabel Neraca Panas Total CSTR**

Neraca Masuk		Neraca Keluar	
H masuk	196179	H keluar	83767
$\Delta$ Reaksi	-1608	Q serap	110805
	194572		194572

#### 4. Evaporator (V-210)

Fungsi: Memekatkan larutan Sodium Nitrat

**Tabel 4.4 Tabel Neraca Panas Evaporator effect 1**

Neraca Masuk		Neraca Keluar	
HNO <sub>3</sub>	796.11	HNO <sub>3</sub>	1926.58
NaOH	431.42	NaOH	1044.04
H <sub>2</sub> O	161534.87	H <sub>2</sub> O	390914.39
NaNO <sub>3</sub>	55261.61	NaNO <sub>3</sub>	133733.11
S	505263.32	Uap H <sub>2</sub> O	195669.22
	723287.34		723287.34

**Tabel 4.5** Tabel Neraca Panas Evaporator effect 2

Neraca Masuk		Neraca Keluar	
HNO <sub>3</sub>	1926.58	HNO <sub>3</sub>	1509.42
NaOH	1044.04	NaOH	817.98
H <sub>2</sub> O	390914.39	H <sub>2</sub> O	306270.11
NaNO <sub>3</sub>	133733.11	NaNO <sub>3</sub>	104776.02
S	244942.51	Uap H <sub>2</sub> O	359187.10
	772560.63		772560.63

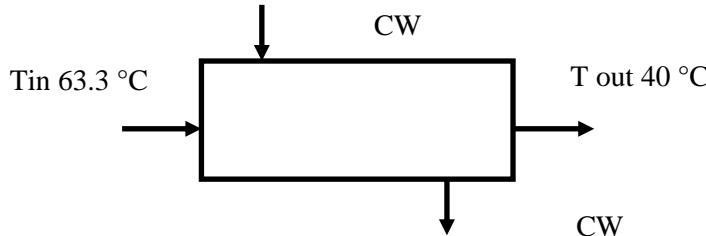
**Tabel 4.6** Tabel Neraca Panas Evaporator effect 3

Neraca Masuk		Neraca Keluar	
HNO <sub>3</sub>	1509.42	HNO <sub>3</sub>	1509.42
NaOH	817.98	NaOH	817.98
H <sub>2</sub> O	306270.11	H <sub>2</sub> O	306270.11
NaNO <sub>3</sub>	104776.02	NaNO <sub>3</sub>	104776.02
S	316417.15	Uap H <sub>2</sub> O	316417.15
	729790.68		729790.68



### 5. Crystallizer (X-220)

Fungsi: Memekatkan larutan Sodium Nitrat

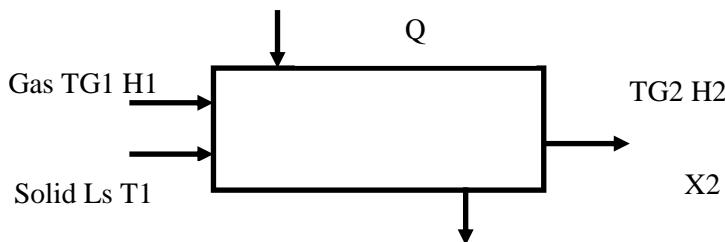


**Tabel 4.7** Tabel Neraca Panas Crystallizer

H masuk		H Keluar	
H in	219694.75	H out	52838.61
Q crystalizer	118.34	Q serap	166974.49
	219813.10		219813.10

### 6. Flash Dryer (B-240)

Fungsi: Mengeringkan kadar air 0,5% pada suhu 95°C



**Tabel 4.8** Tabel Neraca Panas Flash Dryer

H masuk		H keluar	
Q bahan	22511.88	Q bahan	78016.82
Q udara	161396.84	Q udara	324277.87
		Q loss	-218385.96
total	183908.72	total	183908.72

## **BAB V**

### **SPESIFIKASI ALAT**

#### **1. Heater**

Kode alat	= <b>E-243</b>
Fungsi	= Memanaskan udara suhu 30°C sampai 95°C
Jenis	= Shell and Tube
Jumlah	= 1
Bahan Konstruksi	= Carbon Steel SA 212 Grade A
T1;T2	= 121 °C ; 121 °C
t1;t2	= 30 °C ; 95 °C
ID shell	= 10 in
ID tube	= 0,87 in
OD tube	= 1 in
Jumlah tube	= 112
Fouling factor	= 0,002
Δ P shell	= 8,055 psi
Δ P tube	= 0,87 psi

#### **2. Pump**

Kode alat	= L-112
Fungsi	= Memompa bahan baku HNO <sub>3</sub> ke CSTR
Tipe pompa	= Centrifugal pump
Total head	= 6,243 J/kg
Power pompa	= 0,05 kW
Ukuran pipa	
D nominal	= 2 in
ID	= 2,067 in



OD	= 2,38 in
Schedule No	= 40
Bahan	= Commercial steel

### 3. Tangki Penyimpanan Larutan Asam Nitrat 58%

Kode alat	= F-111
Fungsi	= Menyimpan larutan HNO <sub>3</sub>
Tipe tangki	Cylindrical, Conical Roof and Flat Bottom Tank
Bahan konstruksi	= 1
Kapasitas tangki	= Carbon Steel SA 283 Grade D
Tinggi tangki	= 30 ft ; 9,15
Diameter tangki	= 40 ft ; 12,2 m
Tebal shell tiap course	
Course I	= 0,539 in
Course II	= 0,191 in
Course III	= 0,185 in
Course IV	= 0,179 in
Course V	= 0,173 in
Tinggi head tangki	= 1,86 ft
Tebal head tangki	= 0,968

### 4. Reaktor

Kode Alat	= R-110
Fungsi	= Mereaksikan NaOH dengan HNO <sub>3</sub>
Bahan	= Carbon Steel SA 283 Grade C
Tipe	= Reaktor tangki berpengaduk
Kapasitas	= 111.042 ft <sup>3</sup>
Diameter	= 4.837 ft

---



Tinggi	=	6.046 ft
Tebal tutup bawah	=	$\frac{3}{16}$ in
Tebal tutup atas	=	$\frac{3}{16}$ in
Kecepatan Putar	=	32.86 rpm
Daya motor	=	21.05 hp

## 5. Evaporator

Fungsi	=	Untuk memekatkan larutan NaNO <sub>3</sub> dengan larutannya
Tipe	=	Short effect evaporator
Bahan konstruksi	=	Carbon steel tipe 304 grade c
Kapasitas evap 1	=	8314 kg/jam
Kapasitas evap 2	=	6789 kg/jam
Kapasitas evap 3	=	6072 kg/jam
OD evap 1	=	60 in
OD evap 2	=	90 in
OD evap 3	=	72 in
Jumlah	=	1 buah

## 6. Barometric Condenser

Fungsi	=	Mengkondensasikan uap dari evaporator effect III
Tipe	=	counter current
Luas penampang kondensor	=	0.752 ft <sup>2</sup>
Kebutuhan air	=	21.040 kg air pendingin/kg uap yang terkondensasi

---



Pendingin  
Jumlah = 1 buah

### 7. Jet Ejector

Fungsi = Mengkondensasikan uap dari evaporator effect III  
Tipe = singel stage steam ejector  
Kapasitas Desain = 4.820 lb/jam  
Diameter masuk = 30.969 in  
Jumlah = 1 buah

### 8. Crystallizer

Kode Alat = X-220  
Fungsi = Mereaksikan NaOH dengan HNO<sub>3</sub>  
Bahan = Carbon Steel SA 299  
Kapasitas = 174.326 ft<sup>3</sup>/h  
Diameter = 5.699 ft  
  
Tinggi = 6.838 ft  
Tebal tutup bawah =  $\frac{3}{16}$  in  
Tebal tutup atas =  $\frac{3}{16}$  in  
Kecepatan Putar = 27.891 rpm  
Daya motor = 7.160 hp

### 9. Centrifuge

Fungsi = Untuk memisahkan kristal NaNO<sub>3</sub> dengan larutannya  
Tipe = Disk bowl  
Bahan konstruksi = Stainless steel tipe 304 grade c

---



Kapasitas	=	6161.740	kg/jam
Diameter	=	13.000	in
Kecepatan putar	=	7500	rpm
Daya	=	6	hp
Gaya centrifugal maks	=	10400	
Jumlah	=	1	buah

### 10. Blower

Kode alat	= E-242
Fungsi	= Untuk menaikkan atau memperbesar tekanan gas yang masuk ke flash dryer
Rate volumetrik	= 322,146 ft <sup>3</sup> /menit
Power	= 361,533 hp

### 11. Belt Conveyor

Kode alat	= J-244
Fungsi	= Untuk memindahkan dry produk ke penyimpanan
Rate mass	= 5,051 ton/jam
Power	= 6,163 hp
sudut kemiringan	= 5,739 °
Panjang belt conveyor	= 100 ft
Tinggi belt conveyor	= 10 ft
kecepatan belt conveyor	= 200 rpm

### 12. Centrifuge

Kode alat	= H-230
	Memisahkan kristal NaNO <sub>3</sub> ,
Fungsi	= dengan larutannya
Tipe	= Disk bowl
Bahan konstruksi	= Stainless steel tipe 304 grade C



Kapasitas	=	6161,74	Kg/jam
Diameter	=	13	in
Kecepatan putar	=	7500	rpm
Daya	=	6	hp

### 13. Flash Dryer

Kode alat	= <b>B-240</b>
Fungsi	= Mengeringkan sodium nitrat sampai kadar air 0,1 %
Tekanan operasi	= 50 psi
Bahan konstruksi	= Carbon stell 212 Grade B
ID	= 13,94 in
OD	= 14,07 in
Tinggi	= 30 m
Tebal minimum	= 0,03 in

## **BAB VI**

## **UTILITAS**

### **6.1 Utilitas Secara Umum**

Unit pendukung proses atau sering pula disebut unit utilitas merupakan unit penunjang bagi unit-unit lainnya atau sarana penunjang proses untuk menjalankan suatu pabrik dengan baik dari tahap awal sampai produk akhir. Pada umumnya, utilitas dalam pabrik proses meliputi air, steam dan listrik. Maka peran dari utilitas sebagai unit pendukung operasional suatu proses produksi pada pabrik tersebut sangatlah penting. Sarana utilitas pada pabrik Sodium Nitrat diantaranya adalah :

#### **1. Air**

Air bagi suatu industri adalah bahan penunjang baik untuk kegiatan langsung atau tak langsung. Penggunaan air di industri biasanya untuk mendukung sistem, antara lain :

- a. Sistem pembangkit uap (boiler)
- b. Sistem pendingin
- c. Sistem pemroses (air proses)
- d. Sistem pemadam kebakaran

#### **2. Steam**

Steam pada pabrik digunakan untuk proses pemanasan (menaikkan suhu).

#### **3. Listrik**

Listrik pada pabrik digunakan untuk penerangan pabrik, dan proses produksi sebagai tenaga penggerak beberapa peralatan proses seperti pompa dan peralatan proses kontrol.

#### **4. Bahan Bakar**

Bahan bakar berfungsi untuk bahan bakar boiler dan pembangkit tenaga listrik.



## 6.2 Unit Penyedia Air

**Table 6.1** Kualitas Air Cidanau Pada Waduk Nadra Krenceng

No.	Parameter	Satuan	Jumlah
1.	Suhu	°C	27 - 31
2.	Kecerahan	m	0,165 – 0,25
3.	Derajat Keasaman (pH)	-	8,37
4.	Oksigen terlarut	mg/l	6,6 – 10,3
5.	Nitrat	mg/l	7,40 – 9,40
6.	Fosfat	mg/l	0,3

Air yang digunakan untuk proses produksi di pabrik sodium nitrat ini berasal dari air sungai Cidanau. Karakteristik sungai cidanau bisa dilihat di **Table 6.1**. Untuk memenuhi baku mutu air maka perlu dilakukan treatment sebelum masuk dalam proses produksi.

Berikut adalah proses pengolahan air di pabrik sodium nitrat :

### 1. Pengendapan

Air dari sungai Cidanau akan di lakukan proses pengendapan dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Padatan atau kotoran yang terikut dengan air akan mengendap dengan sendirinya. Setelah mengendap, air dipisahkan dari padatan yang semula tersuspensi di dalamnya.

### 2. Koagulasi dan flokulasi

Air dari hasil pengendapan akan dilanjutkan dengan proses koagulasi, dan flokulasi. Koagulasi adalah proses penetralan partikel-partikel yang ada dalam air sehingga sesamanya tidak saling tolak menolak dan dapat diendapkan bersama - sama. Dengan menambahkan bahan kimia pengendap dimasukkan ke dalam air tersebut dan diaduk dengan cepat.



Setelah terbentuk flok dilanjutkan dengan flokulasi. Dengan pengadukan lambat partikel-partikel halus hasil koagulasi akan membentuk suatu gumpalan yang besar sehingga lebih mudah mengendap. Bahan kimia yang digunakan adalah tawas dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

### 3. Sedimentasi

Dilanjutkan tahap sedimentasi air yang bersih dapat dipisahkan setelah flok mengendap.

### 4. Filter

Air hasil proses sedimentasi akan dilewatkan ke lapisan yang berpori yaitu pasir silika. Sebelum masuk ke sand filter air sungai dinetralkan pHnya. Pasir silika mampu menyerap bahan organik dan bahan anorganik seperti plankton, humus dan ion-ion logam (misalnya besi dan mangan).

Media penyaring (filter) dapat dioperasikan dengan baik untuk jangka waktu tertentu, jika pressure drop meningkat sampai batas yang diizinkan, maka harus dilakukan pembersihan filter dengan cara cuci balik (backwashing). Cuci-balik dilakukan dengan cara mengalirkan air secara berlawanan arah dengan arah aliran pada saat operasi selama 5 - 10 menit, setelah itu dilakukan pembilasan.

Setelah dari tahap filter air akan dibagi menjadi 3 :

#### a. Air sanitasi

Air dari tangki penampungan air bersih selanjutnya akan diproses dengan penambahan desinfektan (kaporit) pada tangki penampungan

#### b. Air pendingin/ air proses

Air bersih dari tangki penampung bisa langsung dipakai untuk air pendingin ataupun air proses.



c. Air umpan boiler

Untuk air umpan boiler, dilakukan proses pertukaran ion untuk proses penghilangan kesadahan dalam proses demineralisasi air. Dengan menambahkan resin penukar ion pada air. Maka ion terlarut dalam air akan di serap oleh resin. Dan resin akan menukarnya dengan ion lain yang sesuai dengan kesetaraan.

### 6.3 Unit Penyedia Air Dingin

Air pendingin adalah air yang dilewatkan melalui alat penukar panas (heat exchanger) dengan maksud untuk menyerap dan memindahkan panasnya. Masalah yang sering timbul dalam sistem air pendingin adalah :

a. Terjadinya korosi

Kerugian yang ditimbulkan oleh korosi pada sistem air pendingin adalah penyumbatan dan kerusakan pada sistem perpipaan. Kontaminasi produk yang diinginkan karena adanya kebocoran-kebocoran, dan menurunnya efisiensi perpindahan panas.

b. Pembentukan kerak dan deposit

Gangguan yang ditimbulkan oleh terbentuknya kerak antara lain adalah penurunan efisiensi perpindahan panas, naiknya kehilangan tekanan karena naiknya tahanan dalam pipa serta penyumbatan pada pipa-pipa berukuran kecil.

c. Terjadinya fouling akibat aktivitas mikroba

Menara pendingin (cooling tower) merupakan bagian dari sistem air pendingin yang memberikan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme. Algae dapat berkembang dengan baik pada bagian yang cukup mendapat



air umpan boiler yang tidak memenuhi persyaratan akan menimbulkan beberapa masalah, antara lain :

a. Pembentukan kerak

Kerak pada ketel dapat terjadi karena pengendapan (precipitation sinar matahari, sedangkan "lendir" (slime) dapat berkembang pada hampir di seluruh bagian dari sistem air pendingin ini. Mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang tersebut merupakan deposit (foul) yang dapat mengakibatkan korosi lokal, penyumbatan dan penurunan efisiensi perpindahan panas. Penggunaan air yang memenuhi persyaratan dapat mencegah timbulnya masalah-masalah dalam sistem air pendingin. Persyaratan bagi air yang dipergunakan sebagai air pendingin tidak sekedar persyaratan untuk umpan ketel.

Seperti ditunjukkan pada **Tabel 6.2** korosi menyebabkan kehidupan peralatan dalam sistem pendingin akan lebih pendek kemudian akan terjadi kebocoran produk atau air pendingin dari penukar panas. Adanya korosi juga menyebabkan masalah seperti pengurangan efisiensi termal penukar panas pada sirkulasi air. Adanya kerak dan lendir dalam panas penukar tidak hanya menurunkan efisiensi termal tetapi juga sering menyebabkan korosi lokal di bagian bawah.

**Tabel 6.2** Masalah terjadi pada sistem air pendingin dan penyebabnya

Masalah	Penyebab
Kondisi operasi menurun dari penukar panas, perpipaan, dll.	1. Korosi 2. Korosi terjadi di bawah endapan seperti lendir dan lumpur
Pengurangan efisiensi termal pada heat exchanger	1. Menempelnya produk korosi, kerak dan lendir 2. Akumulasi lumpur



Masalah	Penyebab
Peningkatan penurunan tekanan dan reduksi pendinginan pada laju sirkulasi air dalam sistem (peningkatan listrik konsumsi daya pompa)	1. Menempelnya produk korosi, skala dan lendir 2. Akumulasi lumpur 3. Tabung tersumbat dengan pengotor
Kebocoran produk dan kontaminasi produk dengan air pendingin	Kebocoran tabung penukar panas oleh korosi

#### 6.4 Unit Penyedia Steam

Penggunaan langsung dari zat pengotor pada permukaan perpindahan panas, atau karena pengendapan zat tersuspensi dalam air yang kemudian, melekat pada logam dan menjadi keras. Kerak dapat mengakibatkan terjadinya pemanasan-lanjut setempat (local overheating) dan logam ketel gagal berfungsi (failure).

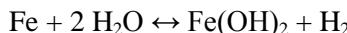
##### a. Terjadinya korosi

Pengertian korosi secara sederhana adalah perubahan kembali logam menjadi bentuk bijihnya. Proses korosi sebenarnya merupakan proses elektrokimia yang rumit dan kompleks. Korosi dapat menimbulkan kerusakan yang luas pada permukaan logam. Penyebab utama timbulnya korosi, antara lain :

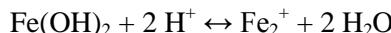
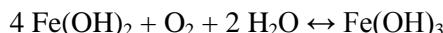
- pH air yang rendah
- Gas-gas yang terlarut dalam air seperti : O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dan lain-lain
- Garam-garam terlarut dan padatan tersuspensi



Kontak antara permukaan logam dan air menyebabkan terjadinya reaksi korosi sebagai berikut :



Reaksi di atas pada suatu saat akan mencapai keadaan kesetimbangan dan korosi tidak akan berlanjut; akan tetapi adanya oksigen terlarut dan pH air yang rendah akan mengakibatkan terganggunya kesetimbangan dan reaksi bergeser ke sebelah kanan. Reaksi yang terjadi akibat adanya oksigen dan pH yang rendah adalah sebagai berikut :



Pergeseran arah reaksi korosi ke sebelah kanan menyebabkan berlanjutnya peristiwa korosi pada logam-ketel. Alkalinitas yang rendah dan adanya garam-garam dan padatan terlarut dalam air dapat membantu terjadinya korosi.

b. Pembentukan busa

Pembentukan busa (foaming) adalah peristiwa pembentukan gelembung-gelembung di atas permukaan air dalam drum boiler. Penyebab timbulnya busa adalah adanya kontaminasi oleh zat-zat organik atau zat-zat kimia yang ada dalam air ketel tidak terkontrol dengan baik. Busa dapat mempersempit ruang pelepasan uap-panas (steam-release space) dan dapat menyebabkan terbawanya air serta kotoran-kotoran bersama-sama uap air. Kerugian yang dapat ditimbulkan oleh hal ini adalah terjadinya endapan dan korosi pada logam-logam dalam sistem ketel.

Menurut IS 10392 tahun 1982 mengenai rekomendasi batas untuk boiler sebagai berikut



**Tabel 6.3** Rekomendasi batasan feed water untuk boiler (IS 10392:1982)

<b>Feed Water</b>			
<b>Faktor</b>	<b>Hingga 20 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Hingga 21-39 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Hingga 40-59 kg/cm<sup>2</sup></b>
Total Hardness, (max) mg/l	1	1	0,5
Nilai pH	8,5 - 9,5	8,5 - 9,5	8,5 - 9,5
Dissolved Oxygen (max) mg/l	0,1	0,02	0,01
Total Silika (max) mg/l	-	5	0,5
<b>Boiler Water</b>			
Total alkalinity mg/l	700	500	300
Nilai pH	11 – 12	11 – 12	10,5 – 11
Sisa Sodium Sulfit ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) mg/l	30 – 50	20 - 30	-
Fosfat ( $\text{PO}_4$ ) mg/l	20 – 40	15 - 30	5 – 20
TDS (max) mg/l	3500	2500	1500
Silika ( $\text{SiO}_3$ ) mg/l	Kurang dari 0,4		15



## 6.5 Unit Penyediaan Listrik

Pemakaian listrik di pabrik sodium nitrat antara lain untuk :

1. Pemakaian tenaga mekanik pada proses (menggerakan alat-alat).
2. Perbaikan dan pemeliharaan peralatan pabrik.
3. Penerangan lingkungan pabrik

Listrik pada pabrik digunakan untuk penerangan pabrik, dan proses produksi sebagai tenaga penggerak beberapa peralatan proses seperti pompa dan peralatan proses kontrol. Tenaga listrik untuk pabrik ini dipenuhi oleh PT.PLN Persero dan sebagai cadangan digunakan generator untuk mengatasi keadaan bila sewaktu-waktu terjadi gangguan PLN.

## 6.6 Perhitungan Kebutuhan Air

### 1. Air sanitasi

Air sanitasi adalah air yang digunakan seperti keperluan perkantoran, dan pemadam kebakaran. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 tahun 2017 untuk media air sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan parameter yang harus diperiksa secara berkala sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, sedangkan parameter tambahan hanya diwajibkan untuk diperiksa jika kondisi geohidrologi mengindikasikan adanya potensi pencemaran berkaitan dengan parameter tambahan.



**Tabel 6.4** Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Muku (Kadar Maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	Suhu udara ± 3
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berbau

**Tabel 6.5** Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Muku (Kadar Maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100ml	50
2.	E. Coli	CFU/100ml	0



**Tabel 6.6 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi**

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Muku (Kadar Maksimum)
Wajib			
1.	PH	mg/l	6,5 - 8,5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Flurida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8.	Sianida	mg/l	0,1
9.	Detergen	mg/l	0,05
10.	Pestisida total	mg/l	0,1
Tambahkan			
1.	Air raksa	mg/l	0,001
2.	Arsen	mg/l	0,05
3.	Kadmium	mg/l	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
5.	Selenium	mg/l	0,01
6.	Seng	mg/l	15
7.	Sulfat	mg/l	400
8.	Timbal	mg/l	0,05
9.	Benzene	mg/l	0,01
10.	Zat Organik	mg/l	10



No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Muku (Kadar Maksimum)
	(KMNO <sub>4</sub> )		

Kebutuhan air sanitasi pada Pabrik Sodium Nitrat adalah sebagai berikut :

- Air untuk karyawan

Diketahui :

- Menurut PERMEN No.14 tahun 2010 kebutuhan air untuk tiap orang adalah 60 liter/hari.
- Ditetapkan : jumlah karyawan 100 orang  
Sehingga total air yang dibutuhkan :  
= 60 liter/hari x 100 orang  
= 6000 liter/hari  
= 250 liter/jam

- Air untuk laboratorium dan pemadam kebakaran

Direncanakan kebutuhan air untuk laboratorium adalah sebesar 25% dari kebutuhan karyawan, sehingga kebutuhan air untuk laboratorium adalah :

$$\begin{aligned} &= 25\% \times 6000 \text{ liter/hari} \\ &= 1500 \text{ liter/hari} \\ &= 62,4 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Jadi, total kebutuhan air = (250 + 62,4)

$$= 312,5 \text{ liter/jam}$$

Air sanitasi untuk pemadam kebakaran dan air cadangan direncanakan sebesar 150% dari kebutuhan air sanitasi, sehingga  $150\% \times 250 \text{ liter/jam}$  adalah 375 liter/jam. Sehingga total air sanitasi adalah 687,5 liter/jam atau  $0,6875 \text{ m}^3/\text{jam}$

## 2. Air Pendingin



Kebutuhan untuk air pendingin didapatkan dari perhitungan neraca panas. Air pendingin ini diperlukan pada beberapa alat di bawah ini :

**Tabel 6.7 Kebutuhan Air Pendingin**

Alat	Kebutuhan air (kg/jam)
Reaktor	5301,91
Kristalizer	29207,65
<b>Jumlah</b>	<b>34509,56</b>

$$\text{Total kebutuhan air pendingin} = \frac{\text{total kebutuhan air}}{\text{densitas air}}$$

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan air pendingin} &= \frac{34509,56}{997 \text{ kg/m}^3} \\ &= 34,61 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan air pendingin yang ditambahkan selama pabrik dalam kondisi steady sebesar 25 % dari total kebutuhan air pendingin. Kebutuhan air pendingin =  $25\% \times 34,61 = 8,65 \text{ m}^3/\text{jam}$

### 3. Air Umpam boiler

Air yang dibutuhkana sama dengan kebutuhan akan steam. Berdasarkan perhitungan dari neraca panas, kebutuhan air umpan boiler untuk menghasilkan steam pada sistem pemrosesan ini berasal dari :



**Tabel 6.8 Kebutuhan Steam**

<b>Alat</b>	<b>Kebutuhan steam (kg/jam)</b>
Evaporator	1777,64
Heater HNO <sub>3</sub>	186,95
Heater NaOH	149,75
Heater Flash Dryer	47,998
<b>Jumlah</b>	<b>2162,34</b>

$$\text{Total kebutuhan steam} = \frac{\text{total kebutuhan air}}{\text{densitas air}}$$

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan steam} &= \frac{2162,34}{997 \text{ kg/m}^3} \\ &= 2,16 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan air umpan boiler yang ditambahkan selama pabrik dalam kondisi steady sebesar 20% dari total kebutuhan air umpan boiler. Sehingga, kebutuhan air umpan boiler = 20% x 2162,34 = 0,43 m<sup>3</sup>/jam. Sehingga total air keseluruhan adalah 9,76 m<sup>3</sup>/jam atau 234 m<sup>3</sup>/hari

## **BAB VII**

### **KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA**

#### **7. 1. Pendahuluan**

Keselamatan kerja adalah segala upaya atau pemikiran yang ditujukan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya. Menurut UU No.1 Th. 1970 yang dimaksud dengan keselamatan kerja, yaitu :

- Agar para pekerja dan orang lain yang berada di lokasi pekerjaan tetap sehat dan selamat.
- Melindungi sumber-sumber produksi agar terpelihara dengan baik dan dipergunakan secara efisien.
- Melindungi agar proses produksi berjalan lancar tanpa hambatan apapun.
- Kesehatan dan keselamatan kerja memerlukan tanggung jawab dari semua pihak karena hal ini tergantung dari Direksi, tingkah laku karyawan, keadaan peralatan atau lingkungan kerja itu sendiri.

Menurut Peraturan Pemerintah No.11 Th. 1979, kecelakaan dibagi menjadi 4 macam, antara lain :

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja.
2. Kecelakaan sedang, kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani.
3. Kecelakaan berat, kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani.
4. Kecelakaan mati, kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia.



## 7.2 Potensi Bahaya Kerja di Pabrik Sodium Nitrat

Motivasi utama dalam melaksanakan keselamatan dan kesehatan kerja adalah untuk mencegah kecelakaan kerja dan penyakit yang ditimbulkan oleh pekerjaan. Oleh karena itu perlu melihat penyebab dan dampak yang ditimbulkannya.

Berikut mengenai kemungkinan potensi bahaya yang akan terjadi di pabrik sodium nitrat :

### 1. Bahaya Faktor Kimia

Bahaya zat kimia pada pabrik sodium nitrat adalah serbuk halus dari produk sodium nitrat sebagian kecil ada yang lolos ke udara dikarenakan efisiensi pada alat cyclone 99,5 % dan masih tersisa 0,5 % yang lolos ke udara, serta bahaya terhadap bahan baku  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{NaOH}$ . Berikut ini adalah bahaya yang mungkin terjadi:

**Tabel 7.1** Bahaya  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ , dan  $\text{NaNO}_3$

Bahan kimia	Bahaya	
$\text{HNO}_3$	Mata	Korosif terhadap jaringan mata dan dapat menyebabkan kerusakan parah dan kebutaan
	Kulit	Korosif. Dapat menyebabkan luka bakar kulit yang parah dan fatal
	Inhalasi (menghirup)	Menyebabkan iritasi pernapasan yang parah. Paparan dapat menyebabkan batuk, nyeri dada dan kesulitan bernafas. Uap dapat menyebabkan edema paru



Bahan kimia	Bahaya		
NaOH	Tertelan	Dapat menyebabkan nyeri hebat di mulut, dada dan perut, menyebabkan batuk, muntah dan pingan.	
	Mata	Dapat menyebabkan kerusakan kornea atau kebutaan.	
	Kulit	Dapat menghasilkan peradangan dan terik.	
	Terhirup	Mengakibatkan iritasi pada saluran pernapasan, ditandai dengan rasa terbakar, bersin dan batuk. Paparan berlebih yang parah dapat menyebabkan kerusakan paru-paru, tersedak, tidak sadarkan diri atau mati. Radang mata ditandai oleh kemerahan, air, dan gatal. Peradangan kulit ditandai dengan gatal, bersisik, memerah, atau, kadang-kadang, terik.	
NaNO <sub>3</sub>	Berbahaya jika tertelan. Sedikit berbahaya jika terjadi kontak kulit (iritan), kontak mata (iritasi), terhirup. Paparan yang lama dapat menyebabkan kulit terbakar dan ulserasi apabila terhirup dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan.		

**2. Bahaya Faktor Fisik****• Kebisingan**

Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat - alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Batasan pajanan terhadap kebisingan ditetapkan nilai ambang batas sebesar 85 dB selama 8 jam sehari.

**• Penerangan**

Penerangan di setiap tempat kerja harus memenuhi syarat sehingga dalam melakukan pekerjaan seorang pekerja tidak perlu bekerja dengan posisi membungkuk atau memicingkan mata.

**• Getaran**

Gerakan tersebut terjadi secara teratur dari benda atau media dengan arah bolak balik dari kedudukannya. Misalkan pada alat hammer mill yang memungkinkan menimbulkan getaran. Getaran pada mesin dapat dirasakan melalui lantai dan dinding oleh orang-orang disekitarnya sehingga menyebabkan nyeri dan kram otot. Batasan getaran alat kerja yang kontak langsung maupun tidak langsung pada lengan dan tangan tenaga kerja ditetapkan sebesar 4 m/detik.

**3. Bahaya listrik**

Salah satu potensi bahaya karena listrik adalah bahaya kejut listrik. Biasanya dikarenakan instalasi yang terbuka. Karena jika terkena kejut listrik dapat menghentikan fungsi jantung dan menghambat pernafasan, panas yang ditimbulkan oleh arus dapat menyebabkan kulit atau tubuh terbakar, khususnya pada titik dimana arus masuk ke tubuh, gangguan saraf, dll.

**4. Bahaya kebakaran**

Bahaya kebakaran dapat terjadi misalkan dari faktor manusia dari tindakan apa yang diambil, faktor material, faktor



lingkungan misalkan yang mengacu pada suhu dan kelembapan, faktor proses yang memungkinkan meghasilkan panas.

### 7.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada pabrik Sodium Nitrat

#### 7.3.1. Alat Pelindung Diri (APD)

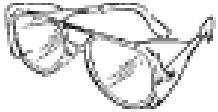
Alat pelindung diri adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja yang sudah disesuaikan dengan segala kemungkinan resiko dan bahaya yang akan terjadi di Pabrik Sodium Nitrat sesuai dengan standar yang ditetapkan pemerintah.

Penyediaan alat pelindung diri ini merupakan kewajiban dan tanggung jawab bagi setiap pengusaha atau pimpinan perusahaan sesuai dengan UU No. 1 tahun 1970. Berikut ini adalah jenis – jenis Alat Pelindung Diri akan diterapkan di pabrik Sodium Nitrat :

**Tabel 7.2 Alat Pelindung Diri**

Jenis Alat Pelindung Diri	Kebutuhan Dalam Proses	Fungsi
Alat pelindung kepala 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Semua proses (Penyediaan bahan baku, pembuatan <math>\text{NANO}_3</math> pada reaktor, pembentukan dan pemisahan kristal, pengeringan, pengemasan, dan</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengurangi dampak bahaya dari arah atas sekaligus samping, misalnya benturan benda tajam dari arah samping. Safety helmet tipe II ini dilengkapi lapisan busa dengan kepadatan</li></ul>



Jenis Alat Pelindung Diri	Kebutuhan Dalam Proses	Fungsi
 Safety Helmet kelas G	<ul style="list-style-type: none"> <li>pada utilitas)</li> <li>• Pada instalasi listrik</li> </ul>	<p>tinggi dan suspensi pada bagian dalamnya.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Safety Helmet kelas G ini melindungi kepala dari benda yang jatuh dan melindungi arus listrik sampai 2.200 volt</li> </ul>
 Class 1A Spectacle type	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengeringan</li> <li>• Pengemasan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melindungi mata dan muka dari paparan bahan kimia serbuk <math>\text{NaNO}_3</math>, yang melayang di udara dengan penutup samping.</li> </ul>
Alat pelindung telinga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pengeringan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melindungi alat pendengaran terhadap kebisingan atau</li> </ul>



Jenis Alat Pelindung Diri	Kebutuhan Dalam Proses	Fungsi
 ear plug		tekanan
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Semua proses (Penyediaan bahan baku dengan cara menyaring cemaran kimia, menggunakan masker asam untuk <math>\text{HNO}_3</math>, pembuatan <math>\text{NaNO}_3</math>, uap, asap, dan sebagainya.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melindungi organ pernapasan dengan cara menyaring cemaran kimia, partikel yang berupa serbuk <math>\text{NaNO}_3</math>, uap, asap, dan sebagainya.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Penyediaan bahan baku</li><li>• Utilitas</li><li>• Laboratorium</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melindungi tangan dan jari-jari tangan dari pajanan api, suhu panas, arus listrik, bahan kimia.</li></ul>



Jenis Alat Pelindung Diri	Kebutuhan Dalam Proses	Fungsi
 		
Alat pelindung kaki 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semua proses (Penyediaan bahan baku, pembuatan <math>\text{NANO}_3</math> pada reaktor, pembentukan dan pemisahan kristal, pengeringan, pengemasan, dan pada utilitas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melindungi kaki dari tertimpa atau berbenturan dengan benda-benda berat, tertusuk benda tajam, terkena cairan panas atau dingin, uap panas, terpajan suhu yang ekstrim, terkena bahan kimia berbahaya dan, tergelincir.</li> </ul>



Jenis Alat Pelindung Diri	Kebutuhan Dalam Proses	Fungsi
Pakaian pelindung 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Semua Proses (Penyediaan bahan baku, pembuatan <math>\text{NANO}_3</math> pada reaktor, pembentukan dan pemisahan kristal, pengeringan, pengemasan, dan pada utilitas)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Melindungi badan sebagian atau seluruh bagian badan dari bahaya temperatur panas atau dingin yang ekstrim, pajanan api dan benda-benda panas, percikan bahan-bahan kimia, cairan dan logam panas, uap panas, benturan (impact) dengan mesin, peralatan dan bahan tergores.</li></ul>

### 7. 3.2. Keselamatan Pabrik

#### 1. Pada Tangki Penampung

Pada tangki penampung bahan baku berupa  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{NaOH}$ , harus dilengkapi dengan sistem keamanan yang berupa:

- a. Pemberian label dan spesifikasi bahannya.
- b. Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3

#### 2. Pada Pompa

Pada pompa harus dilengkapi dengan penutup pompa, penempatan sensor untuk tekanan, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

**3. Pada sistem Perpipaan**

Dilakukan pembedaan jenis pipa misalkan dengan melakukan pengecetan pada aliran fluida panas, warna biru untuk aliran fluida dingin, dan pengecekan secara berkala oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses produksi.

**4. Pada Heat Exchanger**

Pada area Heat Exchanger khususnya heater dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi dan mengurangi perpindahan panas ke lingkungan, memasang sensor untuk suhu dan tekanan dalam heater, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

**5. Alat transfortasi seperti belt conveyor dan bucket elevator**

Dilengkapi dengan penutup agar tidak ada debu dan kotoran yang masuk

**6. Reaktor dan Kristalizer**

Dengan penempatan sensor suhu dan tekanan sesuai dengan pengendalian proses yang diterapkan. Untuk mengantisipasi kecelakaan yang ada.

**7. Pada area pabrik secara umum/ keseluruhan**

- a. Diantara plant di sediakan jalan untuk pekerja disertai dengan pegangan untuk mengantisipasi dari jatuh dan mempermudah pengendalian pada saat keadaan darurat (misal: kebakaran)
- b. Disediakan hydrant disetiap plant (unit) menanggulangi/ pencegahan awal pada saat terjadi kebakaran/ peledakan.
- c. Mengadakan training untuk penanggulangan kebakaran
- d. Memasang alarm bahaya untuk mengimbau pekerja yang untuk segera keluar pabrik apabila terjadi kebakaran, ledakan, atau keadaan darurat lainnya.



- e. Memasang sensor disetiap plant (unit) sebagai tanda tidak sesuaiinya dengan set point yang diinginkan.
- f. Disediakan pintu dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaan darurat.
- g. Menyediakan unit untuk pertolongan pertama pada kecelakaan
- h. Membuat tata tertib yang harus dijalankan bagi setiap pekerja
  - Setiap orang harus sadar dan memperhatikan keselamatan diri, orang sekitar, dan lingkungannya.
  - Setiap orang harus mentaati prosedur kerja yang telah ditentukan oleh perusahaan setiap kali melaksanakan pekerjaan.
  - Setiap orang harus memberikan laporan setiap kedatangan atau saat meninggalkan fasilitas
  - Setiap karyawan harus menggunakan perlengkapan keselamatan kerja atau alat pelindung diri (APD) yang telah ditentukan setiap kali melaksanakan pekerjaan.
  - Setiap orang yang mengoperasikan mesin atau peralatan harus sudah mendapatkan ijin atau ditunjuk oleh perusahaan dan pernah mendapatkan pelatihan untuk mengoperasikan mesin atau peralatan tersebut.
  - Setiap orang tidak melaksanakan sebuah pekerjaan tanpa sepenuhnya dan sejalin petugas yang yang bertanggung jawab terhadap daerah tersebut.
  - Setiap orang dilarang berlari-lari di dalam lokasi pabrik
  - Setiap orang dilarang berkelahi dan bercanda dengan cara-cara yang kasar



- Setiap orang harus mempergunakan pegangan tangan dan melangkahkan kaki selangkah ketika menaiki dan menuruni tangga
- Setiap orang harus selalu memahami/ mengetahui pintu/ jalan darurat penyelamatan diri dan bekerja dengan aman.
- Setiap cedera sekecil apapun harus dilaporkan dengan segera kepada petugas K3 atau supervisor yang akan melakukan penyelidikan kecelakaan yang menimpa anda
- Setiap orang harus dengan segera melaporkan setiap kecelakaan, nyaris (near miss) celaka, keadaan dan tindakan yang tidak aman kepada atasannya langsung, dan salinannya kepada petugas K3 di lapangan dan melakukan tindakan yang perlu untuk perbaikan.
- Setiap kebakaran apakah itu dapat dipadamkan atau tidak harus segera dilaporkan kepada petugas K3 atau supervisor yang bertugas pada daerah tersebut.
- Setiap lantai harus benar-benar dijaga dan diperhatikan untuk menghindari kemungkinan tersandung dan terjatuh.
- Dilarang merokok pada di lokasi pabrik
- Setiap orang dilarang memasuki lokasi kerja sebelum mendapatkan ijin dari petugas yang bertanggung jawab
- Setiap orang dilarang mengangkat barang dengan cara yang salah
- Apabila terdengar pengumuman bahwa tempat kerja berada dalam keadaan darurat, hentikan semua kegiatan kerja, putuskan semua sambungan peralatan listrik, dan tutup semua keran, baik keran air ataupun keran gas.



Setiap orang tidak boleh melanjutkan pekerjaan kecuali setelah mendapatkan ijin dari petugas yang bertanggung jawab.

8. Intalasi Listrik

- a. Gunakan sarung tangan dan sepatu khusus untuk bahaya listrik
- b. Simpan peralatan listrik yang tidak digunakan di tempat yang kering
- c. Jangan menggunakan peralatan listrik yang basah/lembab
- d. Usahakan tempat kerja listrik terang
- e. Pastikan tidak mendekati potensi bahaya listrik
- f. Jangan membawa alat dengan kabel
- g. Instalasi listrik dihubungkan ke tanah
- h. Jangan mencabut/menyentak untuk melepaskan tusuk kontak
- i. Jaga kabel dari panas, minyak dan benda tajam
- j. Lepaskan dari sumber listrik, peralatan yang tidak digunakan
- k. Ganti setiap peralatan yang rusak
- l. Menyediakan sistem 'tidak menyalahkan' untuk pelaporan kesalahan dan protocol yang mencegah peralatan listrik yang rusak dari penggunaan sampai diperbaiki

## **BAB VIII**

### **INSTRUMENTASI**

Instrumentasi merupakan bagian yang penting dari peralatan proses suatu industri. Sebab bagian-bagian yang penting dari pabrik memerlukan pengawasan rutin yang dapat diokntrol dengan baik. Pengontrolan ini bisa dikontrol menggunakan sistem instrmentasi.

Instrument ditujukan untuk memonitor variabel proses dan juga mengendalikannya yang dilengkapi dengan alarm yang otomatis, untuk mengingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya. Adapun tujuan utama dari pemasangan alat instrumentasi adalah:

1. Keamanan (safety).

Digunakan untuk menjaga dan mempertahankan batas aman keselamatan kerja, operasi, dan pencemaran;

2. Kehandalan operasi (operability).

Digunakan untuk mempertahankan kondisi tetap mantap dalam batas operasional (operational constraint) sehingga produktivitas dan kualitas produk terjaga

3. Keuntungan (profitability)

Proses yang berjalan optimum mengakibatkan keuntungan yang maksimum.

Pada pengontrolan dipabrik berjalan secara manual maupun otomatis. Pada pengontrolan manual biasanya memakai alat penunjuk maupun alat pencatat saja. Namun, pada pengontrolan secara otomatis diperlukan elemen-elemen yaitu:

1. Sensor (elemen perasa atau pengindera)

merupakan elemen yang merespon rangsangan fisik. Sensor berhubungan langsung atau paling dekat berhubungan dengan



variabel proses. Disebut dengan detecting element (elemen pendekksi) atau elemen primer.

## 2. Transmpter

merupakan elemen yang berfungsi mengubah energi atau informasi yang datang dari sensor menjadi sinyal standar. Dua macam sinyal standar yang sering dapat dipakai yaitu sinyal listrik dan pneumatic.

Alat – alat kontrol yang banyak digunakan dalam bidang industri :

### 1. Temperatur Controller ( TC )

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.

### 2. Temperatur Indikator ( TI )

Fungsi : untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut

### 3. Temperatur Recorder Controlller ( TRC )

Fungsi : untuk mencatat dan mengendalikan temperatur operasi

### 4. Pressure Controller ( PC )

Fungsi : untuk mengendalikan tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta

### 5. Pressure Recorder Controller ( PRC )

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur tekanan dalam alat secara terus menerus sesuai dengan kondisi yang diminta

### 6. Flow Recorder Controller ( FRC )

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur debit aliran cairan secara terus menerus

### 7. Level Indikator ( LI )

Fungsi : untuk mengetahui tinggi cairan dalam suatu alat

**8. Level Controller ( LC )**

Fungsi : untuk mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas yang ditentukan

**9. Level Recorder Controller ( LRC )**

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur, serta mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat

**VIII.2 Instrumentasi pada Pabrik Sodium Nitrat**

Instrumentasi-instrumentasi yang digunakan pada pabrik Tetrasodium pyrophosphate adalah sebagai berikut :

**1. Tangki Penampungan HNO<sub>3</sub>**

- Level Indicator

Fungsi : untuk mengetahui ketinggian (volume) HNO<sub>3</sub> dalam tangki

**2. Tangki Penampungan NaOH**

- Level Undicator

Fungsi : untuk mengetahui ketinggian (volume) NaOH dalam tangki

**3. Reaktor Netralisasi**

- Temperature Controller

Fungsi : untuk mengendalikan temperatur pada reaktor

- Flow Controller

Fungsi : untuk mengendalikan jumlah liquid yang masuk pada reaktor

**4. Evaporator**

- Pressure Controller

Fungsi : untuk mengendalikan tekanan operasi yang sesuai pada evaporator



- Temperature Indicator  
Fungsi : untuk mengendalikan temperatur pada evaporator
- 5. Crystallizer
  - Temperature Controller  
Fungsi : untuk mengendalikan temperatur pada Crystallizer
- 6. Heat Exchanger
  - Temperature Controller Controller  
Fungsi : untuk mengendalikan temperatur yang keluar pada heat exchanger
- 7. Flash Dryer
  - Temperature Controller  
Fungsi : untuk mengendalikan temperatur udara kering pada Flash Dryer

**Tabel 8.1** Sistem Kontrol Pabrik Sodium Nitrat

No.	Nama Alat	Instrumentasi
1.	Tangki Penampungan NaOH	Level Indicator (LI)
2.	Tangki Penampungan HNO3	Level Indicator (LI)
3.	Reaktor neutralisasi	Temperature Control (TC) Flow Control (FC)
4	Evaporator	Pressure Control (PC) Temperature control (TC)
5.	Crisystalizer	Temperature control (TC)
7.	Heat Exchanger	Temperature control (TC)
8.	Flash Dryer	Temperature control (TC)

## **BAB IX**

### **PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA**

Limbah Industri merupakan salah satu persoalan serius di bidang perindustrian. Oleh karena itu, adanya Industri ramah lingkungan menjadi hal yang sangat penting. Alasan yang mendasari sebab limbah tidak hanya dari proses produksi tapi juga kelangsungan hidup. Oleh karena itu, pengolahan limbah harus dilakukan sedari dini ketika proses produksi terjadi. Artinya, pengolahan limbah harus dilakukan dari hulu sampai hilir karena jika ini tidak dilakukan maka ancaman terhadap pencemaran akan berakibat fatal.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 tahun 2014 tentang Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun menyatakan Bahan Berbahaya dan Beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Pada Bab II ayat 3 ditetapkan bahwa setiap orang yang menghasilkan Limbah B3 wajib melakukan Pengelolaan Limbah B3 yang dihasilkannya. Sehingga perlu adanya pengolahan limbah di Industri.

Dalam pabrik Sodium Nitrat selama proses produksi menghasilkan limbah yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan berupa air sisa pencucian mesin dan peralatan pabrik, seperti oli atau minyak pelumas bekas. Limbah tersebut termasuk ke dalam golongan limbah B3 sehingga berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan, oleh karena itu perlu pengolahan limbah terlebih



dahulu untuk mengatasi kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh limbah tersebut.

### **Penanganan Limbah pada Pabrik Sodium Nitrat**

#### 1. Pengolahan limbah sisa minyak mesin

Limbah sisa minyak mesin meliputi oli bekas pelumasan alat-alat di pabrik. Air limbah ini mengandung padatan. Sehingga oli diendapkan terlebih dahulu di bak pengendapan (clarifier). Endapan yang terbentuk kemudian dikeringkan di bak pengering kemudian dibakar dengan insenerator.

Air yang mengandung minyak dialirkkan melalui suatu fat-pit (separator) untuk memisahkan minyaknya. Dengan mengalirkkan limbah di separator secara perlahan (flow rate rendah), akan memisahkan air dan minyak dimana minyak mengapung di atas. Minyak yang ada di atas dipisahkan dengan menggunakan sekrap dan ditampung di bak penyimpanan untuk selanjutnya dapat dibakar menggunakan insenerator.

Di separator air akan berada di bagian bawah. Kemudian air tersebut dialirkkan ke bagian akhir separator melalui lubang pada bagian tengah. Air yang sudah tidak mengandung minyak dapat dialirkkan ke saluran pembuangan umum yang berada di bagian akhir proses.

## **BAB X**

### **KESIMPULAN**

Pembuatan sodium nitrat dari sodium hidroksida dan asam nitrat dengan proses sintesis dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pabrik sodium nitrat ini direncanakan beroperasi secara selama 330 hari operasi/tahun dan 24 jam/hari.
2. Kapasitas pabrik ini sebesar 40000 ton/tahun.
3. Bahan baku utama pada pabrik sodium nitrat ini terdiri dari :
  - NaOH = 4834,15 kg/hari
  - HNO<sub>3</sub> = 6301,06 kg/hari
4. Kebutuhan utilitas pada pabrik sodium nitrat ini sebagian besar berasal dari air (water treatment) yang digunakan untuk :
  - Air sanitasi = 0,68 m<sup>3</sup>/jam
  - Air pendingin = 8,65 m<sup>3</sup>/jam
  - Air umpan boiler =  $\frac{0,43}{9,76}$  m<sup>3</sup>/jam  
= 234 m<sup>3</sup>/hari
5. Produk yang dihasilkan adalah kristal NaNO<sub>3</sub> sebesar 99 %

## DAFTAR NOTASI

No.	Notasi	Keterangan	Satuan
1.	M	Massa	Kg
2.	n	Mol	Mol
3.	cp	<i>Heat Capacity</i>	kcal/kg°C
4.	η	Efisiensi	%
5.	μ	Viscositas	Cp
6.	D	Diameter	in
7.	H	Tinggi	in
8.	P	Tekanan	atm/psia
9.	r	Jari-jari	in
10.	C	Faktor korosi	
11.	E	Efisiensi sambungan	
12.	th	Tebal tutup	in
13.	ΣF	Total friksi	J/kg
14.	hc	<i>Sudden contraction</i>	J/kg
15.	Ff	<i>Friction loss</i>	J/kg
16.	hex	<i>Sedden expansion</i>	J/kg
17.	g	Gravitasi	m/s
18.	A	<i>Heat transfer surface</i>	Ft <sup>2</sup>
19.	B	<i>Baffle spacing</i>	in
20.	Ds	<i>Inside diameter on shell</i>	ft
21.	a”	<i>External surface</i>	ft
22.	A	<i>Flow area</i>	Ft <sup>2</sup>
23.	C’	Jarak antar tube	in
24.	D	<i>Inside diameter of tube</i>	in
25.	G	<i>Mass velocity</i>	Lb/(hr)(ft <sup>2</sup> )
26.	Hi, Ho	<i>Heat transfer coefficient for inside and outside fluid</i>	Btu/(hr)(ft <sup>2</sup> )(°F)
27.	Ft	Perbedaan suhu	°F/°C

28.	$f$	<i>Friction factor</i>	Ft <sup>2</sup> in <sup>2</sup>
29.	jH	<i>Factor for heat transfer</i>	-
30.	K	<i>Thermal conductivity</i>	Btu/(hr)(ft <sup>2</sup> )(°F/ft)
31.	LMTD	<i>Log mean temperature difference</i>	°F
32.	Nt	<i>Number of tube</i>	
33.	Pt	<i>Tube pitch</i>	In
34.	Rd	<i>Dirt factor</i>	(hr)(ft <sup>2</sup> )(°F)/Btu
35.	ΔPt, ΔPr	<i>Tube and return pressure drop</i>	psi
36.	s	<i>Specific gravity</i>	
37.	U, Uc, Ud	<i>Overall coefficient of heat transfer; clean coefficient, design coefficient</i>	Btu/(hr)(ft <sup>2</sup> )(°F)
38.	V	<i>Velocity</i>	fps
39.	φ	<i>Viscosity ratio</i>	μ/ μw
40.	s	<i>Shell</i>	-
41.	t	<i>Tube</i>	-
42.	ρ	<i>Density</i>	Lb/ft <sup>2</sup>
43.	hp	Power yang dibutuhkan	hp
44.	L	Panjang conveyor antar pulley	ft
45.	Lo	100, untuk tanah datar	ft
46.	S	Kecepatan belt	rpm
47.	T	Berat material	ton
48.	ΔZ	Tinggi belt conveyor	ft
49.	W	Banyak partikel yang berpindah	lb/in
50.	ūa	<i>Air velocity</i>	m/s
51.	θ	Waktu tinggal	s
52.	ri	Jari-jari dalam	in
53.	ro	Jari-jari luar	in
54.	Q <sub>1fm1</sub>	Gas yang masuk	Ft <sup>3</sup> /menit

## DAFTAR PUSTAKA

- Backhurst, J. R. (1973). Process Plant Design. Heinemann Educational.
- C.Vilbrandt, F. (n.d.). Chemical Engineer Plant Design eds. 4th.
- Geankoplis, C. J. (2003). Transport Processes and separation process principle. Bernard Goodwin.
- GrangerBrown, G. (n.d.). Unit Operations. University Of Michigan: CBS .
- Karassik, I. J. (2008). Pump Handbook. Nwe York: McGraw- Hill Companies.
- Kern, D. Q. (1965). Process Heat Transfer. Singapore: McGraw Hill Book Company.
- Perry, R. H. (1984). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Timmerhaus, K. D. (n.d.). Plant Design And Economics For Chemical Engineers.
- Ullman. (2003). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. New York: John Willey & Sons.
- Ulrich, G. D. (1984). A Guide To Chemical Engineering Process Design And Economics. Canada.
- Walas, M. S. (1990). Chemical Process Equipment, Selection and Design. United States of America: Butterworth Heinemann.

## APPENDIX A

### NERACA MASSA

Kapasitas produksi      = 40000 ton/tahun  
                                = 121212 kg/hari  
                                = 5050,51 kg/jam

Waktu operasi pabrik    = 330 hari

Basis waktu                = 1 jam

Satuan massa              = 1 kg

Basis bahan baku         = 6301,06

Data berat molekul

$\text{HNO}_3$  = 63

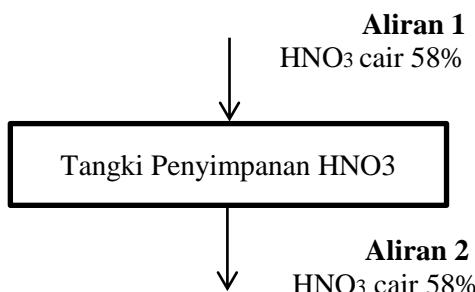
$\text{NaOH}$  = 40

$\text{H}_2\text{O}$     = 18

$\text{NaNO}_3$  = 85

Perhitungan Neraca Massa

#### 1. Tangki Penyimpanan $\text{HNO}_3$ 58% (F-112)

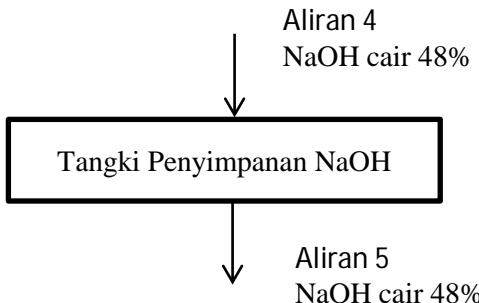


Berat  $\text{HNO}_3$       =  $0,58 \times 6301,06$   
                          = 3654,62 kg

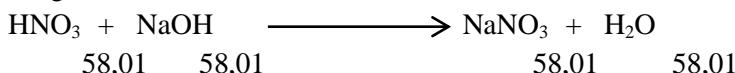
$$\begin{aligned}\text{Berat H}_2\text{O} &= 0,42 \times 6301,06 \\ &= 2646,45 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol HNO}_3 &= \text{Berat (kg)}/\text{Berat molekul} \\ &= 58,01 \text{ mol}\end{aligned}$$

## 2. Tangki Penyimpanan NaOH 48% (F-116)



Perbandingan  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{NaOH}$  adalah 1:1 menurut stociometri dengan konversi reaksi 98% adalah :



$$\begin{aligned}\text{Berat NaOH} &= \text{Mol} \times \text{Berat molekul} \\ &= 58,01 \times 40 \\ &= 2320,39 \text{ kg}\end{aligned}$$

Keterangan :

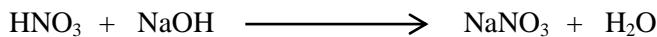
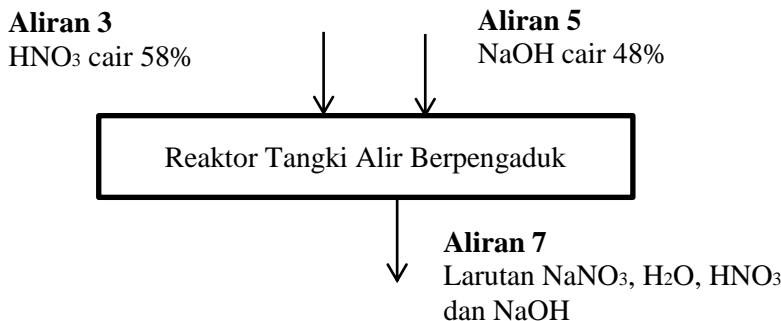
A adalah berat  $\text{NaOH}$  (kg)

X adalah berat  $\text{NaOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$

$$\begin{aligned}0,48 \times X &= A \\ X &= 2320,39 / 0,48\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4834,15 \text{ kg} \\
 \text{Berat H}_2\text{O} &= 0,52 \times X \\
 &= 0,52 \times 4834,15 \\
 &= 2513,76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 3. CSTR (Continue Stirrer Tank Reactor) (R-110)



$$\text{Mol HNO}_3 = 58,01 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Yang bereaksi} &= 58,01 \times 98\% \\
 &= 56,85 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ yang masuk} = 3655 \text{ kg}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ yang bereaksi} = 3582 \text{ kg}$$

$$\text{HNO}_3 \text{ yang sisa} = 73 \text{ kg}$$

$$\text{Mol NaOH} = 58,01 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Yang bereaksi} &= 58,01 \times 98\% \\
 &= 56,85 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\text{NaOH yang masuk} = 2320 \text{ kg}$$

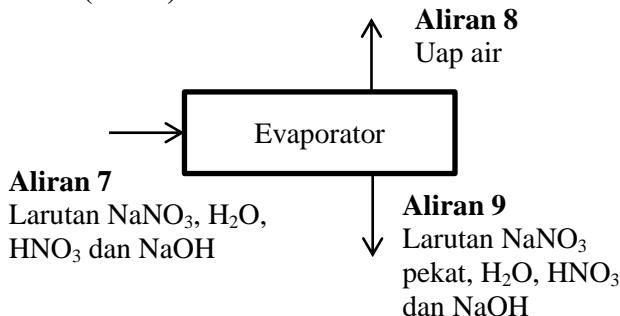
NaOH yang bereaksi = 2274 kg  
 NaOH yang sisa = 46 kg

Mol NaNO<sub>3</sub> = 58,01 mol  
 NaNO<sub>3</sub> yang bereaksi = 4832 kg

Mol H<sub>2</sub>O = 58,01 mol  
 H<sub>2</sub>O yang bereaksi = 1023 kg

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Aliran 3		Aliran 7	
HNO <sub>3</sub>	3654,62	HNO <sub>3</sub>	73,09
H <sub>2</sub> O	2646,45	NaOH	46,41
	<b>6301,06</b>	H <sub>2</sub> O	6183,50
<b>Aliran 5</b>		NaNO <sub>3</sub>	4832,215
NaOH	2320,39		
H <sub>2</sub> O	2513,76		
	<b>4834,15</b>		
<b>Total</b>	<b>11135,2</b>	<b>Total</b>	<b>11135,21</b>

#### 4. Evaporator (V-210)



Massa NaNO <sub>3</sub> yang masuk	= 4832,21 kg/jam
NaNO <sub>3</sub> + HNO <sub>3</sub> + NaOH	= 4951,72 kg/jam
Air yang terkandung	= 6183,5 kg/jam
Xf	= NaNO <sub>3</sub> + HNO <sub>3</sub> + NaOH/feed
	= 0,44

$$F = L3 + (V1+V2+V3)$$

Neraca per komponen

F x Xf =	(L3 x X3) + (V3 x Yv)
8313 x 0,44 =	(L3 x 0,6) + (0)
4951,72 =	0,6 L3
L3 =	8252,86 kg/jam

Jumlah air yang diuapkan, berdasarkan neraca panas :

V tot =	2882,35	kg/jam
V1 =	752,93	kg/jam
V2 =	951,60	kg/jam
V3 =	1177,82	kg/jam

Neraca Massa per Efek Evaporator

<b>Evaporator I</b>	
F = L1 + V1	F x Xf = (L1xX1) + (V1xYv1)
11135,21 = L1 + 752,93	4951,72 = 10382,28 x X1
L1 = 10382,28 kg/jam	X1 = 0,48

<b>Evaporator II</b>	
L1 = L2 + V2	L1 x X1 = (L2xX2) + (V1xYv2)
10382,28 = L2 + 951,60	4951,72 = 9430,67 x X2
L2 = 9430,67 kg/jam	X2 = 0,53

<b>Evaporator III</b>	
L2 = L3 + V3	L2 x X2 = (L3xX3) + (V3xXv3)
9430,67 = L3 + 1177,82	4951,72 = 8252,86 x X3
L3 = 8252,86 kg/jam	X3 = 0,60

### Neraca massa pada Effect I

Aliran masuk	Aliran keluar
Aliran 7	Aliran 8
HNO <sub>3</sub> 73,09	HNO <sub>3</sub> 73,09
NaOH 46,41	NaOH 46,41
H <sub>2</sub> O 6183,50	H <sub>2</sub> O 5430,56
NaNO <sub>3</sub> 4832,21	NaNO <sub>3</sub> 4832,21
	<b>10382,28</b>
	<b>Aliran 9</b>
	H <sub>2</sub> O 752,93
<b>Total 11135,21</b>	<b>Total 11135,21</b>

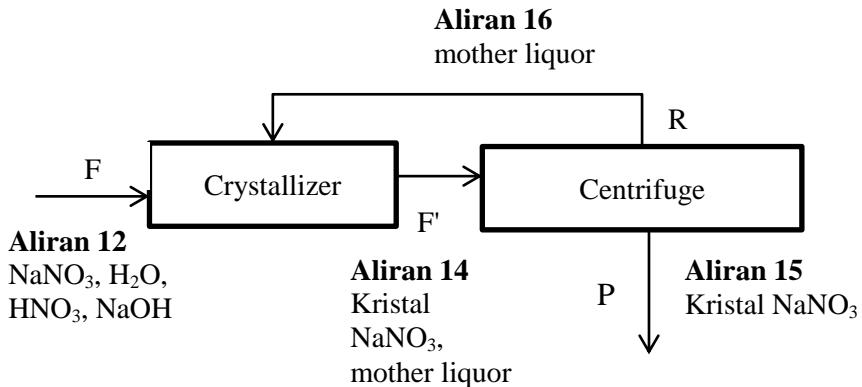
### Neraca massa pada Effect II

Aliran masuk	Aliran keluar
Aliran 8	Aliran 10
HNO <sub>3</sub> 73,09	HNO <sub>3</sub> 73,09
NaOH 46,41	NaOH 46,41
H <sub>2</sub> O 5430,56	H <sub>2</sub> O 4478,96
NaNO <sub>3</sub> 4832,21	NaNO <sub>3</sub> 4832,21
<b>10382,3</b>	<b>9430,67</b>
<b>Aliran 9</b>	<b>Aliran 11</b>
H <sub>2</sub> O 752,93	H <sub>2</sub> O 1704,54
<b>Total 11135,21</b>	<b>Total 11135,21</b>

### Neraca massa pada Effect III

Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran 10		Aliran 12	
HNO <sub>3</sub>	73,09	HNO <sub>3</sub>	73,09
NaOH	46,41	NaOH	46,41
H <sub>2</sub> O	4478,96	H <sub>2</sub> O	3301,14
NaNO <sub>3</sub>	4832,21	NaNO <sub>3</sub>	4832,21
	<b>9430,67</b>	<b>Total</b>	<b>8252,86</b>
Aliran 11		Aliran 13	
H <sub>2</sub> O	1704,54	H <sub>2</sub> O	2882,35
<b>Total</b>	<b>11135,21</b>	<b>Total</b>	<b>11135,21</b>

### 5. Tangki Kristalisasi (X-220)



Mother liquor direcycle sebanyak 5% dari feed :

Bahan	Dari evaporator (kg/jam)	Recycle (kg/jam)	Masuk (kg/jam)
NaNO <sub>3</sub>	4832,21	241,61	5073,83
H <sub>2</sub> O	3301,14	165,06	3466,20
HNO <sub>3</sub>	73,09	3,65	76,75
NaOH	46,41	2,32	48,73
<b>Jumlah</b>	<b>8252,86</b>	<b>412,64</b>	<b>8665,50</b>

### Neraca massa total :

$$\text{Feed masuk} + \text{Recycle} = \text{Feed keluar}$$

$$F + R = F'$$

$$R + P = F'$$

Dengan menggunakan data solubility NaNO<sub>3</sub> pada suhu 40° C :

$$\begin{aligned} \text{Fraksi NaNO}_3 &= \frac{104}{104 + 100} \\ &= 0,51 \end{aligned}$$

atau 51% NaNO<sub>3</sub>

### Penentuan Kristal yang terbentuk :

Dengan metode example 1. Perry 8 edt, halaman 18-41 dengan persamaan:

$$P = \frac{R \times 100 W_o - S(H_o - E)}{100 - S(R - 1)}$$

Dimana :

P = berat kristal

R = ratio kristal

S = solubility kristal pada mother liquor

W<sub>o</sub> = berat bahan yang akan dikristalkan pada feed

$H_o$  = total bahan yang bersifat liquid pada feed  
 $E$  = evaporation

Diasumsikan tidak ada  $H_2O$  yang menguap

$$R = 1$$

Solubility kristal pada mother liquor

$$S = 0,51$$

Berat  $NaNO_3$  terkristalkan (larutan anhidrat) pada feed ( $W_o$ ) :

$$W_o = 5073,83 \text{ kg}$$

Total bahan yang bersifat liquid pada feed ( $H_o$ ) :

$$H_o = \text{Total berat} - W_o$$

$$= 3591,68 \text{ kg}$$

$E = 0$ , tidak ada air yang menguap

Maka nilai  $P$  (berat kristal) dapat diketahui :

$$P = \frac{R \times 100 \cdot W_o \cdot S \cdot (H_o - E)}{100 - S \cdot (R - 1)}$$

$$P = \frac{1 \times 100(5073,83) - 0,51(3591,69) - 0}{100 - 0,51(1 - 1)}$$

$$P = 5055,52 \text{ kg}$$

Berat kristal  $NaNO_3$  = 5055,52 kg

Berat  $NaNO_3$  pada feed = 5073,83 kg

Berat  $NaNO_3$  cair sisa = 18,31 kg

Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran 12		Aliran 14	
NaNO <sub>3</sub>	4832,21	Kristal	
H <sub>2</sub> O	3301,14	Kristal NaNO <sub>3</sub>	5055,52
HNO <sub>3</sub>	73,09		
NaOH	46,41		
	<b>8252,86</b>		
Aliran 16		Mother Liquor	
NaNO <sub>3</sub>	241,61	NaNO <sub>3</sub>	18,31
H <sub>2</sub> O	165,06	H <sub>2</sub> O	3466,20
HNO <sub>3</sub>	3,65	HNO <sub>3</sub>	76,75
NaOH	2,32	NaOH	48,73
	<b>412,64</b>		<b>3609,99</b>
<b>Total</b>	<b>8665,50</b>	<b>Total</b>	<b>8665,50</b>

## 6. Centrifuge

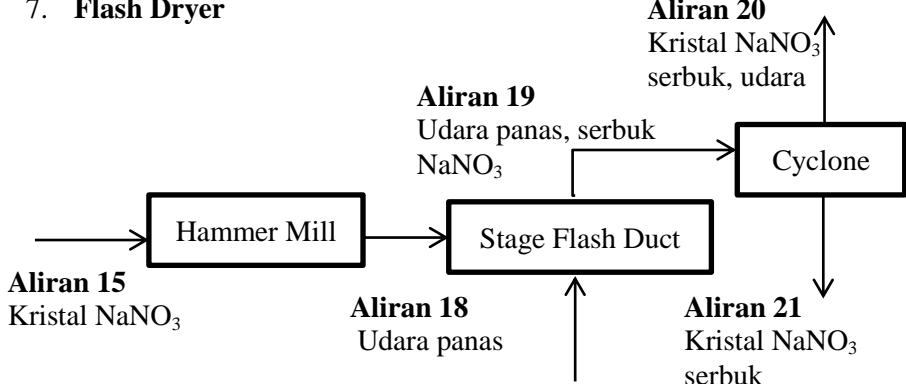
Dari Perry's edisi 8 halaman 18-136

95% moter liquor dapat dipisahkan, terdiri dari:

Bahan	masuk (kg/jam)	Keluar mother liquor (kg/jam)	Keluar kristal (kg/jam)
Kristal NaNO <sub>3</sub>	5055,52	-	5055,52
NaNO <sub>3</sub>	18,31	16,48	1,83
H <sub>2</sub> O	3466,20	3119,58	346,62
HNO <sub>3</sub>	76,75	69,07	7,67
NaOH	48,73	43,86	4,87
<b>Jumlah</b>	<b>8665,50</b>	<b>3248,99</b>	<b>5416,51</b>

<b>Aliran masuk</b>	<b>Aliran keluar</b>
<b>Aliran 14</b>	<b>Aliran 15</b>
<b>Kristal :</b>	<b>Kristal :</b>
Kristal NaNO <sub>3</sub>	5055,52
	Kristal NaNO <sub>3</sub> 5055,5
	NaNO <sub>3</sub> 1,83
	H <sub>2</sub> O 346,62
	HNO <sub>3</sub> 7,67
	NaOH 4,87
	<hr/>
	<b>5416,51</b>
<b>Aliran 16 :</b>	<b>Aliran 16 :</b>
NaNO <sub>3</sub> 18,31	NaNO <sub>3</sub> 16,48
H <sub>2</sub> O 3466,20	H <sub>2</sub> O 3119,58
HNO <sub>3</sub> 76,75	HNO <sub>3</sub> 69,07
NaOH 48,73	NaOH 43,86
<hr/>	<hr/>
<b>3609,99</b>	<b>3248,99</b>
<b>Total</b>	<b>8665,50</b>
	<b>Total</b>
	<b>8665,50</b>

## 7. Flash Dryer



a. **Hammer Mill (C-241)**

Fungsi : Mengecilkan ukuran kristal NaNO<sub>3</sub> 70 mesh

Asumsi tidak ada berat yang hilang

Aliran masuk	Aliran keluar
Aliran 15	Aliran 17
<b>Kristal :</b>	<b>Kristal :</b>
Kristal NaNO <sub>3</sub> 5055,5	Kristal NaNO <sub>3</sub> 5055,52
NaNO <sub>3</sub> 1,83	NaNO <sub>3</sub> 1,83
H <sub>2</sub> O 346,6	H <sub>2</sub> O 346,62
HNO <sub>3</sub> 7,67	HNO <sub>3</sub> 7,67
NaOH 4,87	NaOH 4,87
<b>Total</b> <b>5416,51</b>	<b>Total</b> <b>5416,51</b>

b. **Stage Falash Duct (B-240)**

Fungsi : Mengeringkan hingga kadar air 0,1% pada suhu 95 °C

Dasar perhitungan :

1. Cp solid = cp sodium nitrat (diasumsikan konstan)
2. Dalam 95% panas dipindahkan maka panas yang hilang (Q loss) 5% dari panas yang masuk (Perry's, hal 12-98)
3. Udara panas masuk pada 95°C dan relative humidity 2%, dan keuar suhu 55 °C (Mc.Cabe)

Kisaran waktu yang dibutuhkan adalah 3 sampai 4 detik untuk terjadi perpindahan panas (Mc.Cabe hal. 822).

Diketahui :

$$TG_1 = 95^\circ\text{C}$$

Maka, dari humidity chart Geankoplis eds.4, hal. 568 :

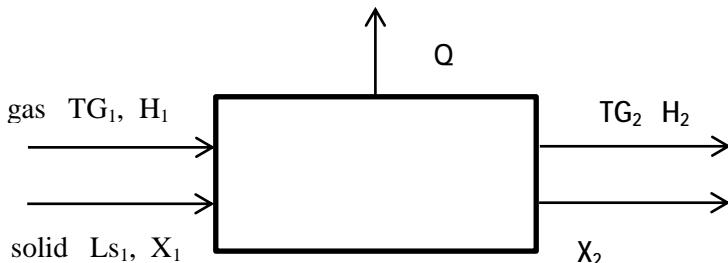
$$H_1 = 0,066 \text{ kg uap air/kg udara kering}$$

$$\text{Rate solid masuk (L}_s\text{)} = 5416,51 \text{ kg}$$

$$\text{Suhu solid masuk (T}_s\text{)} = 40^\circ\text{C}$$

Suhu solid keluar ( $T_{s_2}$ )	= 80 °C
Kapasitas panas solid ( $C_{ps}$ )	= 0,26 kcal/kg K
Kapasitas udara ( $C_{pa}$ )	= 0,24 kcal/kg K
Suhu referen ( $T_0$ )	= 25 °C
Panas latent	= 2547,20 kJ/kg
	= 608,80 kcal/kg

$$\begin{aligned} \text{Kandungan air feed masuk } (X_1) &= \frac{H_2O \text{ masuk}}{\text{Feed masuk}} \\ &= \frac{364,62}{5416,51} \\ &= 0,064 \text{ kg air/kg feed} \\ \text{Kandungan air akhir } (X_2) &= 0,001 \text{ kg air/kg feed} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} GH_1 + Ls X_1 &= GH_2 + Ls X_2 \\ G(0,066) + (5416,51)(0,064) &= GH_2 + (5416,51)(0,001) \\ G(0,066) + 346,62 &= GH_2 + 5,42 \\ GH_2 &= 341,20 + 0,066 G \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

Komponen yang masuk :

Entalpi gas suhu 95 °C , dengan table A.2-9 Geankoplis adalah  $\lambda_0$  (25°C) adalah 608,8 kcal/kg

$$H'G = C_s (TG - T_0) + H_1 \cdot \lambda_0$$

$$H'G_1 = (1,005 + 1,88 H_1) (95 - 25) + (0,066 \times 608,8)$$

$$\begin{aligned}
 &= (1,005 + 1,88(0,066))(70) + (0,066 \times 608,8) \\
 &= 122,72 \text{ kcal/kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Feed solid masuk (pers 9.10-25 Geankoplis eds.4 hal 603)

$$\begin{aligned}
 H's_1 &= Cps (Ts_1 - T_0) + X_1 CpA (Ts_1 - T_0) \\
 H's_1 &= 0,2616 (40 - 25) + (0,005 \times 0,2412)(40 - 25) \\
 &= 4,16 \text{ kcal/kg solid kering}
 \end{aligned}$$

Komponen yang keluar

Entalpi udara keluar :

$$\begin{aligned}
 H'G_2 &= Cs (TG_2 - T_0) + H_2 \cdot \lambda_0 \\
 &= (1,005 + 1,88 H_2) (TG_2 - T_0) + (H_2 \times 608,8) \\
 &= (1,005 + 1,88 H_2) (55 - 25) + 608,8 H_2 \\
 &= ((1,005 + 1,88 H_2)(30)) + 608,8 H_2 \\
 &= 30,15 + 56,4 H_2 + 608,8 H_2 \\
 H'G_2 &= 30,15 + 665 H_2 \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

Entalpi produk keluar :

$$\begin{aligned}
 H's_2 &= Cps (Ts_2 - T_0) + X_2 CpA (Ts_2 - T_0) \\
 &= 0,2616 (60 - 25) + (0,002 \times 0,2412)(60 - 25) \\
 &= 14,39 + 0,01327 \\
 &= 14,40 \text{ kcal/kg solid kering}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan 9.10-26 Geankoplis halaman 603, Q loss = 5%

$$G \cdot H'G_1 + Ls \cdot H's_1 = G \cdot H'G_2 + Ls \cdot H's_2 + Q \text{ loss}$$

$$\begin{aligned}
 G \cdot H'G_1 + Ls \cdot H's_1 &= G \cdot H'G_2 + Ls \cdot H's_2 + 5\% \times (G \cdot H'G_1 + Ls \cdot H's_1) \\
 122,72G + 22511,90 &= G \cdot HG_2 78016,87 + 6,14G + 1125,59
 \end{aligned}$$

$$117G - G \cdot H'G_2 = 56630,57$$

$$117G - (30,15 + 665 H_2) G = 56630,57$$

$$86,43G - 665GH_2 = 56630,57 \dots\dots\dots (3)$$

**Subtitusikan persamaan 1 dan 3**

$$86,43 G - 665 GH_2 = 56630,57$$

$$86,43 G - 665(341,204 + 0,066) = 56630,57$$

$$86,43 G - 226968,6 - 43,9 G = 56630,57$$

$$42,53 G = 283599$$

$$G = 6668,67 \text{ kg udara kering/jam}$$

**Subtitusikan ke persamaan 1**

$$GH_2 = 341,204 + 0,066 G$$

$$6668,67 H_2 = 341,204 + (0,066)(6668,67)$$

$$6668,67 H_2 = 341,204 + 440,13$$

$$H_2 = 0,117 \text{ kg uap } H_2O/\text{kg udara kering}$$

**Perhitungan neraca massa komponen air**

$$H_2O = Ls \times X_2$$

$$H_2O = 5416,51 \times 0,001$$

$$= 5,42 \text{ kg}$$

**Perhitungan neraca massa udara basah**

$$\text{Uap } H_2O = (\text{feed } H_2O \text{ masuk} + (G \times H_1)) - H_2O \text{ produk}$$

$$= (346,62 + 440,13) - 5,42$$

$$= 781,34 \text{ kg}$$

$$\text{Udara basah} = G + \text{Uap } H_2O$$

$$= 6668,67 + 781,34$$

$$= 7450,01 \text{ kg}$$

<b>Aliran Masuk</b>		<b>Aliran Keluar</b>	
<b>Aliran 17</b>		<b>Aliran 19</b>	
Kristal NaNO <sub>3</sub>	5055,52	Kristal NaNO <sub>3</sub>	5055,52
NaNO <sub>3</sub>	1,83	NaNO <sub>3</sub>	1,83
H <sub>2</sub> O	346,62	H <sub>2</sub> O	5,42
HNO <sub>3</sub>	7,67	HNO <sub>3</sub>	7,67
NaOH	4,87	NaOH	4,87
	<b>5416,51</b>	Udara kering	6668,67
<b>Aliran 18</b>		Uap air	781,34
Udara Kering	6668,67		
Uap air	440,13		
	<b>7108,80</b>		
<b>Total</b>	<b>12525,32</b>	<b>Total</b>	<b>12525,32</b>

**c. Cyclone (H-245)**

Efisiensi cyclone 99,5%, sehingga 0,5% partikel solid terikut hilang ke udara

<b>Aliran Masuk</b>		<b>Aliran Keluar</b>	
<b>Aliran 19</b>		<b>Aliran 21</b>	
Udara kering	6668,67	Kristal NaNO <sub>3</sub>	5030,81
Uap air	781,34	NaNO <sub>3</sub>	1,82
Kristal NaNO <sub>3</sub>	5055,52	H <sub>2</sub> O	5,39
NaNO <sub>3</sub>	1,83	HNO <sub>3</sub>	7,64
H <sub>2</sub> O	5,42	NaOH	4,85
HNO <sub>3</sub>	7,67		<b>5050,51</b>
NaOH	4,87		
		<b>Aliran 20</b>	
		Kristal NaNO <sub>3</sub>	24,7012
		NaNO <sub>3</sub>	0,0092
		H <sub>2</sub> O	0,0271
		HNO <sub>3</sub>	0,0384
		NaOH	0,0244
		Udara kering	6668,67
		Uap air	781,34
			<b>7474,81</b>
<b>Total</b>	<b>12525,3</b>	<b>Total</b>	<b>12525,3</b>

## 8. Tangki Storage (F-246)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Kristal NaNO <sub>3</sub>	5030,8	Kristal NaNO <sub>3</sub>	5030,81
NaNO <sub>3</sub>	1,82	NaNO <sub>3</sub>	1,82
H <sub>2</sub> O	5,39	H <sub>2</sub> O	5,39
HNO <sub>3</sub>	7,64	HNO <sub>3</sub>	7,64
NaOH	4,85	NaOH	4,85
<b>Total</b>	<b>5050,51</b>	<b>Total</b>	<b>5050,51</b>

Tinjauan Kapasitas Produksi :

Bahan	Massa (kg/jam)	Fraksi
Kristal NaNO <sub>3</sub>	5030,81	0,9961
NaNO <sub>3</sub>	1,82	0,000361
H <sub>2</sub> O	5,39	0,001067
HNO <sub>3</sub>	7,64	0,001512
NaOH	4,85	0,00096
<b>Total</b>	<b>5050,51</b>	<b>1</b>

## APPENDIX B

### NERACA PANAS

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi : } & 40000 \text{ ton/th} \\ & = 121212 \text{ kg/har} = 5050,51 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

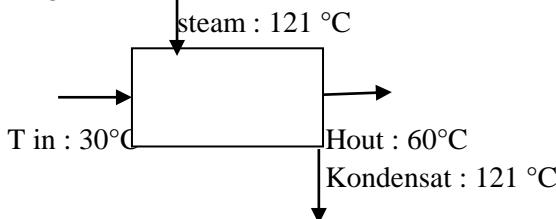
$$\text{Waktu Operasi Pabrik} = 330 \text{ hari}$$

$$\text{Basis Waktu} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{Satuan Panas} = 1 \text{ kkal}$$

#### 1. Heater

fungsi Memanaskan larutan HNO<sub>3</sub> sebelum masuk reaktor



$$C_p \text{ HNO}_3 = 109,87 \text{ KJ/KmolK} = 0,42 \text{ kkal/kg K}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O} = 75,29 \text{ KJ/KmolK} = 1,00 \text{ kkal/kg K}$$

$$H_{in} + Q_{in} = H_{out} + Q_{out} + Q_{loss}$$

#### Neraca Panas Bahan Masuk

$$T_{in} 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$T_{ref} 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

Komponen	BM	massa(kg)	Cp	$\Delta T$	H in (kkal)
HNO <sub>3</sub>	63	2728,52	0,42	5,00	5686,48
H <sub>2</sub> O	18	1975,82	1,00	5,00	9876,37
<b>Total</b>					<b>15562,85</b>

### Neraca Panas Bahan Keluar

$$T_{in} = {}^{\circ}\text{C} = 333 \text{ K}$$

$$T_{ref} = {}^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$$

Komponen	BN	massa(kg)	Cp	$\Delta T$	H out (kkal)
HNO <sub>3</sub>	#	2728,52	0,42	35	39805,39
H <sub>2</sub> O	#	1975,82	1,00	35	69134,56
	Total				108939,95

### Kebutuhan Steam

$$T_{steam} = 394,00 \text{ K}$$

$$H_v = 2707,70 \text{ kJ/kg} = 647,16 \text{ kkal/kg}$$

$$H_L = 507,97 \text{ kJ/kg} = 121,41 \text{ kkal/kg}$$

$$Q_{in} = 647,16 \text{ m kkal/kg}$$

$$Q_{out} = 121,41 \text{ m kkal/kg}$$

$$Q_s = m \times \lambda$$

$$= 525,748 \text{ m kkal/kg}$$

$$Q_{lo} = 5\% \times Q_s$$

$$= 26,29 \text{ m kkal/kg}$$

$$H_{in} + Q_{in} = H_{out} + Q_{out} + Q_{loss}$$

$$15562,85 + 647,16 \text{ m} = 108939,95 + 121,41 \text{ m} + 26,29 \text{ m}$$

$$499,46 \text{ m} = 93377,10$$

$$\text{m} = 186,96 \text{ kg/jam}$$

Sehingga

$$Q_{in} = 120989,57 \text{ kkal}$$

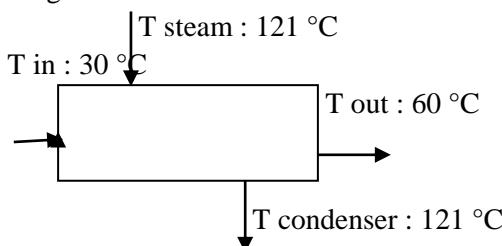
$$Q_{out} = 22697,89 \text{ kkal}$$

$$Q_{loss} = 4914,58 \text{ kkal}$$

Neraca Panas Total			
Hin	Hout		
H in(kkal)	15563	Hout(kkal)	108940
Q in	120990	Q loss	4915
		Q out	22698
	136552		136552

## 2. Heater

fung Memanaskan larutan NaOH sebelum masuk reaktor



$$C_p \text{ NaOH} = 59,54 \text{ kJ/kmol K} = 0,36 \text{ kkal/kgK}$$

$$C_p \text{ H}_2\text{O} = 75,29 \text{ kJ/kmol K} = 1,00 \text{ kkal/kgK}$$

$$H_{in} + Q_{in} = H_{out} + Q_{out} + Q_{loss}$$

Neraca Panas Bahan Masuk

$$T_{in} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

Komponen	BM	massa(kg)	Cp	$\Delta T$	H in (kkal)
NaOH	40	1732,39	0,36	5,00	3081,58
H <sub>2</sub> O	18	1876,76	1,00	5,00	9381,18
Total					12462,76

Neraca Panas Bahan Keluar

$$T_{in} = 60^\circ\text{C} = 333 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

Komponen	BM	massa(kg)	Cp	$\Delta T$	H out (kkal)
NaOH	40	1732,39	0,36	35	21571,07
H <sub>2</sub> O	18	1876,76	1,00	35	65668,25
Total					87239,32

### Kebutuhan Steam

$$T_{steam} = 394,00 \text{ K}$$

$$H_v = 2708,10 \text{ kJ/kg} = 647,25 \text{ kkal/kg}$$

$$H_L = 509,03 \text{ kJ/kg} = 121,66 \text{ kkal/kg}$$

$$Q_{in} = 647,25 \text{ m kkal/kg}$$

$$Q_{out} = 121,66 \text{ m kkal/kg}$$

$$Q_s = m \times \lambda \\ = 525,59 \text{ m kkal/kg}$$

$$Q_{loss} = 5\% \times Q_s \\ = 26,28 \text{ m kJ/kg}$$

$$H_{in} + Q_{in} = H_{out} + Q_{loss} + Q_{out}$$

$$12462,76 + 647,25 \text{ m} = 87239,32 + 26,28 \text{ m} +$$

$$121,66 \text{ m}$$

$$499,31 \text{ m} = 74776,56$$

$$\text{m} = 149,76 \text{ kg/jam}$$

Sehingga

$$Q_{in} = 96932,07 \text{ kkal}$$

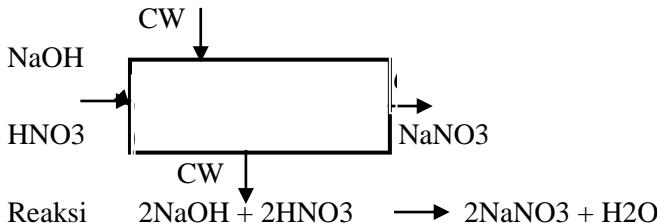
$$Q_{out} = 18219,91 \text{ kkal}$$

$$Q_{loss} = 3935,61 \text{ kkal}$$

Neraca Panas Total			
Hin		Hout	
H in(kkal)	12463	Hout(kkal)	87239
Qin	96932	Q loss	3936
		Qout	18220
	109395		109395

### 3. Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Fungsi: mereaksikan Asam Nitrat dan Sodium Hidroksida menjadi Sodium Nitrat



Komponen	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta H_f^\circ$ (kkal/mol)
NaOH	-425,61	-101,72
HNO <sub>3</sub>	-174,10	-41,61
NaNO <sub>3</sub>	-469,18	-112,14
H <sub>2</sub> O	-285,83	-68,32

Menghitung panas yang dibawa umpan

$$T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_{\text{in}} = 60^\circ\text{C} = 333 \text{ K}$$

Komponen Cp

$$\text{HNO}_3 = 109,87 \text{ KJ/KmolK} = 0,42 \text{ kkal/Kg K}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 75,29 \text{ KJ/KmolK} = 1,00 \text{ kkal/Kg K}$$

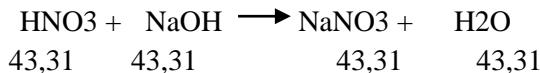
$$\text{NaOH} = 59,54 \text{ KJ/KmolK} = 0,36 \text{ kkal/Kg K}$$

$$\text{NaNO}_3 = 37,20 \text{ kkal/KmolK} = 0,44 \text{ kkal/Kg K}$$

menghitung Panas yang dibawa umpan T ref : 25°C

Aliran 2	m	Cp	$\Delta T$	H (kkal)
HNO <sub>3</sub>	2728,52	0,42	35	39805,40
H <sub>2</sub> O	1975,82	1,00	35	69134,57
Aliran 4				
NaOH	1732,39	0,36	35	21571,07
H <sub>2</sub> O	1876,76	1,00	35	65668,26
Total				196179,31

$$\Delta H_m = \underline{196179} \text{ kkal}$$



Menghitung Panas Reaksi.  $\Delta H$  25°C

Komponen	Koefisien	mol	$\Delta H_f$	$H = n \cdot mol \cdot \Delta H_f$
HNO <sub>3</sub>	1	43,31	-41,61	-1802,16
NaOH	1	43,31	-101,72	-4405,60
H <sub>2</sub> O	1	43,31	-68,32	-2958,71
NaNO <sub>3</sub>	1	43,31	-112,14	-4856,64
Total				-1607,59

$$\text{reaksi} = -1607,586489 \text{ kkal}$$

Menghitung Panas yang dibawa Hasil

Komponen	massa	Cp	$\Delta T$	$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$
HNO <sub>3</sub>	54,57	0,42	35	796,11
NaOH	34,65	0,36	35	431,42
H <sub>2</sub> O	779,58	1,00	35	27277,57
NaNO <sub>3</sub>	3607,71	0,44	35	55261,61
Total				83766,71

$$\Delta h_k = 83766,71$$

neraca energi total

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ bahan masuk} + \Delta H \text{ reaksi} &= \Delta H \text{ Bahan keluar} + Q \text{ serap} \\ 196179 + -1607,59 &= 83766,71 + Q \text{ serap} \\ Q \text{ serap} &= 110805 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Kebutuhan Air Pendingin

$$\text{Suhu air Pendingin Masuk} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

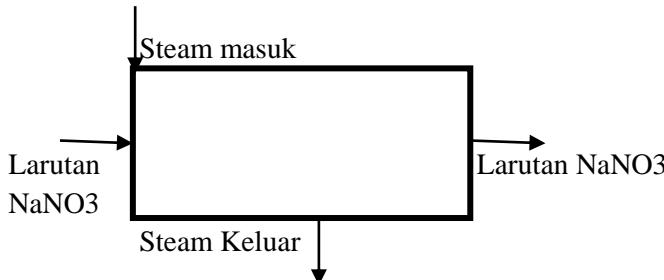
$$\text{Suhu air Pendingin Keluar} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{serap}} &= m \cdot C_p \cdot \Delta T \\
 \text{massa air pendingin} &= Q_{\text{serap}} / C_p \cdot \Delta T \\
 &= 110805,01 / 1(45-30) \\
 &= 7389 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Masuk		Keluar	
H masuk	196179	H keluar	83766,709
$\Delta$ Reaksi	-1608	Q serap	110805,01
	194572		194571,72

#### 4. Evaporator

Fungsi: Memekatkan larutan Sodium Nitrat



Massa NaNO<sub>3</sub> yang masuk = 2939,83 Kg/jam

NaNO<sub>3</sub> + HNO<sub>3</sub> + NaOH = 3012,53 Kg/jam

Air yang terkandung = 3761,92 Kg/jam

Xf = NaNO<sub>3</sub>+HNO<sub>3</sub>+NaOH/feed

$$= 0,44$$

$$86,25 = 0,6 L_3$$

$$L_3 = 144 \text{ kg/jam}$$

Jumlah air yang diuapkan. berdasarkan neraca panas :

V tot = 1753,57 kg/jam

V1=V2=V3 = 584,52 kg/jam

Neraca Massa per Efek Evaporator

<b>Evaporator I</b>			
F = L1 + V1		F x Xf =	(L1 x X1) + (V1 x Y)
6774 = L1 + 717,32		3013 =	6189,93 x X1
L1 = 6189,93 kg		X1 =	0,49

<b>Evaporator II</b>			
L1 = L2 + V2		L1 x X1 =	(L2 x X2) + (V2 x X)
6189,93 = L2 + 717,32		3013 =	5605,41 x X2
L2 = 5605,41 kg		X2 =	0,54

<b>Evaporator III</b>			
L2 = L3 + V3		L2 x X2 =	(L3 x X3) + (V3 x X)
5605,41 = L3 + 717,32		3013 =	5020,89 x X3
L3 = 5020,89 kg		X3 =	0,6

Sehingga. BPR bisa dihitung menjadi:

$$BPR1 = 1.78 (0.49) + 6. 2,34 \text{ } ^\circ\text{C} = 275,34 \text{ K}$$

$$BPR2 = 1.78 (0.54) + 6. 2,75 \text{ } ^\circ\text{C} = 275,75 \text{ K}$$

$$BPR3 = 1.78 (0.6) + 6.2 3,31 \text{ } ^\circ\text{C} = 276,31 \text{ K}$$

$$\Sigma \Delta T = Ts1 - T3 \text{ sat} - (BPR1+BPR2+BPR3)$$

$$= 121.1 - 60 - (2.34 + 2.75 + 3.31)$$

$$= 52,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T =$$

Assumsi

$$U1 = 3200$$

$$U2 = 1950$$

$$U3 = 1100$$

$$\begin{aligned}\Delta T_1 &= 9,50 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &= 282,50 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_2 &= 15,58 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &= 288,58 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T_3 &= 27,62 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &= 300,62 \text{ K}\end{aligned}$$

Suhu estimasi

$$\Delta T_1 = 11,40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 16,00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_3 = 25,30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

menghitung actual boiling point

$$\begin{aligned}T_1 &= T_s = 121,1 - 11,4 \\ &= 109,7 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$T_{s1} = 121,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

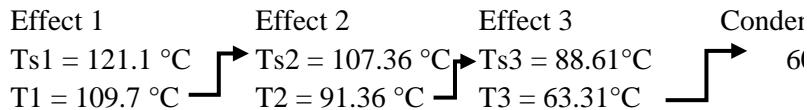
$$\begin{aligned}T_2 &= T_1 - BPR_1 - \Delta T_2 \\ &= 109,7 - 2,34 - 16 \\ &= 91,36 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_{s2} &= T_1 = 109,7 - 2,34 \\ &= 107,36 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_3 &= T_2 - BPR_2 - \Delta T_3 \\ &= 91,36 - 2,75 - 25,3 \\ &= 63,31 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_{s3} &= T_2 - BPR_2 = 91,36 - 2,75 \\ &= 88,61 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$T_{s4} = T_3 - BPR_3 = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Perhitungan heat capacity

Cp. feed (Effect 1)

Komponer	Cp	Fraksi berat	Cp rata-rata
HNO <sub>3</sub>	0,417	0,007	0,003
H <sub>2</sub> O	1	0,555	0,555
NaOH	0,356	0,004	0,001
NaNO <sub>3</sub>	0,438	0,434	0,190
Total		1	0,749

Cp. L1 (Effect 1)

Komponer	Cp	Fraksi berat	Cp rata-rata
HNO <sub>3</sub>	0,417	0,007	0,003
H <sub>2</sub> O	1	0,513	0,513
NaOH	0,356	0,005	0,002
NaNO <sub>3</sub>	0,438	0,475	0,208
Total		1	0,726

Cp. L2 (Effect 2)

Komponer	Cp	Fraksi berat	Cp rata-rata
HNO <sub>3</sub>	0,417	0,008	0,003
H <sub>2</sub> O	1	0,463	0,462
NaOH	0,356	0,005	0,002
NaNO <sub>3</sub>	0,438	0,524	0,230
Total		1	0,697

### Cp. L3 (Effect 3)

Komponen	Cp	Fraksi berat	Cp rata-rata
HNO <sub>3</sub>	0,417	0,009	0,004
H <sub>2</sub> O	1	0,400	0,400
NaOH	0,356	0,006	0,002
NaNO <sub>3</sub>	0,438	0,586	0,256
Total		1	0,662

### Perhitungan pada Effect 1

$$\begin{aligned}
 H1 &= Hs2 (\text{saturation enthalpy at } Ts2) + 1.884 (\text{BPR1}) \\
 &= 2687,43 + 1.884(2.34) \\
 &= 2691,84 \text{ kJ/kg} \quad 643 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda s1 &= Hs1 (\text{vapor saturation enthalpy}) - hs1 (\text{liquid enthalpy at }) \\
 &= 2707,88 - 508 \\
 &= 2199,49 \text{ kJ/kg} \quad 526 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan pada Effect 2

$$\begin{aligned}
 H2 &= Hs3 (\text{saturation enthalpy at } Ts3) + 1.884 (\text{BPR2}) \\
 &= 2657,82 + 1.884(2.753) \\
 &= 2657,82 \text{ kJ/kg} \quad 635 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda s2 &= Hs2 (\text{vapor saturation enthalpy}) - hs2 (\text{liquid enthalpy at }) \\
 &= 2687,43 - 450 \\
 &= 2237,30 \text{ kJ/kg} \quad 535 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan pada Effect 3

$$\begin{aligned}
 H3 &= Hs4 (\text{saturation enthalpy at } Ts4) + 1.884 (\text{BPR3}) \\
 &= 2609,6 + 1.884(3.31) \\
 &= 2614,01 \text{ kJ/kg} \quad 625 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda s3 &= Hs3 (\text{vapor saturation enthalpy}) - hs3 (\text{liquid enthalpy at }) \\
 &= 2657,82 - 371 \\
 &= 2286,75 \text{ kJ/kg} \quad 547 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

$$V1 = 8313 - L1$$

$$V2 = L1 - L2$$

$$V3 = L2 - 6161,55$$

$$L3 = 5020,89$$

$$F = 6774,46 \text{ kg/jam}$$

$$Cp. F = 0,75 \text{ kkal/kg}$$

$$T. F = 60,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda s1 = 525,69 \text{ kkal/kg}$$

$$Cp. L1 = 0,73 \text{ kkal/kg}$$

$$T. L1 = 109,70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H1 = 643,37 \text{ kkal/kg}$$

$$Cp. L2 = 0,70 \text{ kkal/kg}$$

$$T. L2 = 91,36 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda s2 = 534,73 \text{ kkal/kg}$$

$$H2 = 635,23 \text{ kkal/kg}$$

$$Cp. L3 = 0,66 \text{ kkal/kg}$$

$$T. L3 = 63,31 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda s3 = 546,55 \text{ kkal/kg}$$

$$H3 = 624,76 \text{ kkal/kg}$$

Persamaan

$$F.Cp.\Delta T + (S.\lambda s1) = (L1.Cp.\Delta T) + (V1.177662,2 + S(525.691)) = L1(0.726)(109.70-25) + (8313 - L1)(643.36)$$
$$S = 7952,94 - 1,11 L1$$

Persamaan 2 :

$$L1.Cp1.(T1-Tref) + V1.\lambda s2 = L2.Cp2.(T2-Tref) + V2.H2$$
$$L1(0.726)(109.7-25) + (8313 - L1)(534.728) = L2(0.697)(91.36-25)$$
$$(L1-L2)(635.233)$$

$$61,46 L1 + 3622490,9 - 534.728 L1 = 46,26$$
$$L2 + (L1-L2)(635.23)$$

$$588,98 L2 + 3622490,9 = 1108,50 L1$$

$$L1 = 0,53 L2 + 3268$$

Persamaan 3 :

$$L2.Cp2.(T2-Tref) + V2.\lambda s2 = L3.Cp3.(T3-Tref) + V3.H3$$

$$L2(0.697)(91.36-25) + (L1-L2)(534.73) = (6161.55)(0.662)(63.3)$$

$$+ (L2-6161.55)(624.763)$$

$$46,26 \quad L2+(L1-L2)(534.73)= 127294,33 \quad + \quad 624.763 \quad L2-$$

$$\qquad \qquad \qquad 3136863$$

$$534.73 \quad L1= \quad 1113,23 \quad L2 - \quad 3009569$$

$$L1 = \quad 2,08 \quad L2 - \quad 5628$$

Subtitusikan persamaan 2 dan 3 :

$$2,08 \quad L2 - \quad 5628 = 0,53 \quad L2 + \quad 3267,92$$

$$1,55 \quad L2 = 8896$$

$$L2 = 5737,45 \text{ kg/jam}$$

$$L1 = 6316,39 \text{ kg/jam}$$

$$S = 7952,94 - 1,11 \quad L1$$

$$= 961,14 \text{ kg/jam}$$

$$V1 = 458,07$$

$$V2 = 578,94$$

$$V3 = 716,56$$

Neraca panas pada effect I :

Neraca Feed

<b>komponen</b>	<b>massa (kg)</b>	<b>(kkal/kg)</b>	<b><math>\Delta T</math> (°C)</b>	<b>Q (kkal)</b>
HNO <sub>3</sub>	55	0,417	35	796,11
NaOH	35	0,356	35	431,42
H <sub>2</sub> O	4616,57	1	35	161534,87
NaNO <sub>3</sub>	3607,71	0,438	35	55261,61
		$\lambda s1$		
Steam	961,14	525,691		505263,32
<b>Total</b>				<b>525,69</b>

Neraca out

<b>komponen</b>	<b>massa (kg)</b>	<b>Cp(kkal/kg)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>Q (kkal)</b>
HNO <sub>3</sub>	55	0,42	84,70	1926,58
NaOH	35	0,36	84,70	1044,04
H <sub>2</sub> O	4616,57	1,00	84,70	390914,39
NaNO <sub>3</sub>	3607,71	0,44	84,70	133733,11
		H		
Uap H <sub>2</sub> O	-819,27		643,37	-527092,42
<b>Total</b>				<b>525,69</b>

Neraca pada effect II :

Neraca Feed

<b>komponen</b>	<b>massa (kg)</b>	<b>Cp(kkal/kg)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>Q (kkal)</b>
HNO <sub>3</sub>	55	0,417	84,70	1926,58
NaOH	35	0,356	84,70	1044,04
H <sub>2</sub> O	4616,57	1	84,70	390914,39
NaNO <sub>3</sub>	3607,71	0,438	84,70	133733,11
		λs2		
V1	458,07		534,73	244942,51
<b>Total</b>				<b>534,73</b>

Neraca out

<b>komponen</b>	<b>massa (kg)</b>	<b>Cp(kkal/kg)</b>	<b>ΔT (°C)</b>	<b>Q (kkal)</b>
HNO <sub>3</sub>	55	0,42	66,36	1509,42
NaOH	35	0,36	66,36	817,98
H <sub>2</sub> O	4616,57	1,00	66,36	306270,11
NaNO <sub>3</sub>	3607,71	0,44	66,36	104776,02
		H		
Uap H <sub>2</sub> O	-649,90		635,23	-412838,80
<b>Total</b>				<b>534,73</b>

Neraca panas pada effect III :

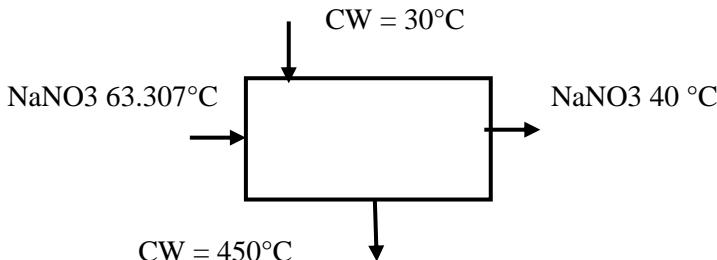
Neraca Feed

komponen	massa (kg)	Cp(kkal/kg)	ΔT (°C)	Q (kkal)
HNO <sub>3</sub>	55	0,42	66,36	1509,42
NaOH	35	0,36	66,36	817,98
H <sub>2</sub> O	4616,57	1,00	66,36	306270,11
NaNO <sub>3</sub>	3607,71	0,44	66,36	104776,02
			λ <sub>s3</sub>	
V2	578,94		546,55	316417,15
<b>Total</b>				546,55

Neraca out

komponen	massa (kg)	Cp(kkal/kg)	ΔT (°C)	Q (kkal)
HNO <sub>3</sub>	55	0,42	66,36	1509,42
NaOH	35	0,36	66,36	817,98
H <sub>2</sub> O	4616,57	1,00	66,36	306270,11
NaNO <sub>3</sub>	3607,71	0,44	66,36	104776,02
			H	
Uap H <sub>2</sub> O	-660,77		624,76	-412826,98
<b>Total</b>				546,55

## 5. Crystallizer



H in

Komponen	massa	Cp	$\Delta T$	$\Delta H$
HNO <sub>3</sub>	76,75	0,42	38,31	1225,47
NaOH	48,73	0,36	38,31	664,10
H <sub>2</sub> O	3466,20	1,00	38,31	132742,70
NaNO <sub>3</sub>	5073,83	0,44	38,31	85062,49
Total				219694,75

H out

Komponen	massa	Cp	$\Delta T$	$\Delta H$
HNO <sub>3</sub>	76,75	0,42	15,00	479,86
NaOH	48,73	0,36	15,00	260,04
H <sub>2</sub> O	3466,20	1,00	15,00	51978,50
NaNO <sub>3</sub>	18,31	0,44	15,00	120,20
Total				52838,61

Panas Crystalisasi. Q crystallization

$$\text{Q crystallization} = \Delta H_s \times \text{mol kristal}$$

$$\Delta H_s \text{ NaNO}_3 = 0,94 \text{ kkal/mol}$$

$$\text{mol kristal} = 125,90$$

$$\text{Q crystallization} = 118,34$$

$$\begin{aligned}
 H_{in} + Q_{crystallizer} &= H_{out} + Q_{serap} \\
 219694,75 + 118,34 &= 52838,61 + Q_{serap} \\
 Q_{serap} &= 166974,49
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{serap} &= m \times C_p \times \Delta T \\
 m_{air \ Pendingin} &= Q_{serap} / (C_p \Delta T) \\
 &= 25435,18
 \end{aligned}$$

Neraca energi total

masuk		Keluar	
H in	219694,75	H out	52838,61
Q crystallizer	118,34	Q serap	166974,49
	219813,10		219813,10

## 6. Flash Dryer

Fungsi : Mengeringkan sampai kadar air 0,2% pada suhu 95°C  
 (Geankoplis. hal 559)

Dasar perhitungan :

- 1.Cp solid = cp sodium nitrat (diasumsikan konstan)
- 2.Dalam 95% panas dipindahkan maka panas hilai
- 3.Udara panas masuk pada suhu 95°C dan relative humidity 2%. da keluar suhu 55°C (Mc.Cabe)

Kisaran waktu yang dibutuhkan adalah 3 sampai 4 detik untuk terjadi perpindahan panas  
 (Mc.Cabe eds. 5 hal. 822)

Berdasarkan perhitungan dari Geankoplis Example 9.10.2 :

$$= 95 \text{ } ^\circ\text{C}$$

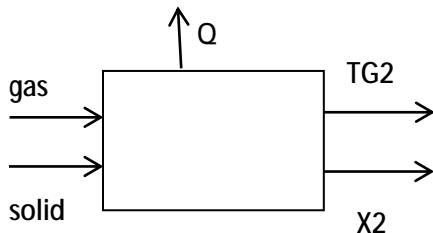
Maka. dari humidity chart geankoplis eds. 4. hal 568 :  
 = 0,07 kg water vapor,

$$\begin{aligned}
 \text{Rate solid masuk (Ls)} &= 5416,51 \text{ kg} \\
 \text{Suhu masuk solid (Ts1)} &= 40,00 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Suhu solid keluar (Ts2)} &= 80,00 \text{ } ^\circ\text{C} \\
\text{Kapasitas panas solid Cps} &= 0,26 \text{ kcal/kg K} \\
\text{Kapasitas udara Cpa} &= 0,24 \text{ kcal/l (geankoplis eds.4 hal. 9)} \\
\text{Suhu referen (T0)} &= 25,00 \text{ } ^\circ\text{C (suhu kamar)} \\
\text{Panas latent} &= 2547,20 \text{ kJ/kg} \\
&= 608,80 \text{ kcal/kg} \\
\text{Kandungan air feed masuk (X1)} &= \frac{\text{H}_2\text{O feed masuk}}{\text{berat kering}} \\
&= \frac{346,62}{5416,51} \\
&= 0,064 \text{ kg/kg berat kerin}
\end{aligned}$$

$$\text{Kandungan air akhir (X2)} = 0,001 \text{ kg air/kg berat kering}$$

Berdasarkan Example 9.10-2 Geankoplis eds.5 hal. 603 secara



$$\begin{aligned}
\text{GH1} + \text{Ls X1} &= \text{GH2} + \text{Ls X2} \\
\text{G}(0,06) + 5090,6(0,005) &= \text{GH2} + 5090,6(0,002) \\
\text{G} + 346,62 &= \text{GH2} - 5,42 \\
\text{GH2} &= 341,20 + 0,066 \text{ G} \dots\dots\dots (1)
\end{aligned}$$

### **Komponen yang masuk :**

Enthalpy gas suhu 95 °C . dengan table A.2-9 Geankoplis adalah λ<sub>c</sub>(25°C) adalah 608.8 kcal/kg

$$\begin{aligned} &= C_s (T_G - T_0) + H_1 \cdot \lambda_0 \\ &= (1.005 + 1.88 H_1) (95 - 25) + (0.066 \times 608.8) \\ &= (1.005 + 1.88(0.066))(70) + (0.066 \times 608.8) \\ &= 122,72 \text{ kcal/kg udara kering} \end{aligned}$$

Feed solid masuk (pers 9.10-25 Geankoplis eds.4 hal 603)

$$\begin{aligned} &= C_{ps} (T_{s1} - T_0) + X_1 C_{pA} (T_{s1} - T_0) \\ &= 0.2616 (40 - 25) + (0.672 \times 0.2412)(40 - 25) \\ &= 4,16 \text{ kcal/kg solid kering} \end{aligned}$$

### **Komponen yang keluar**

Entalpi udara keluar :

$$\begin{aligned} &= C_s (T_G - T_0) + H_2 \cdot \lambda_0 \\ &= (1.005 + 1.88 H_2) (T_G - T_0) + (H_2 \times 608.8) \\ &= (1.005 + 1.88 H_2) (55 - 25) + 608.8 H_2 \\ &= ((1.005 + 1.88 H_2) \times 30) + 608.8 H_2 \\ &= 30,2 + 56,4 H_2 + 608,80 H_2 \\ &= 30,2 + 665 H_2 \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

Entalpi produk keluar :

$$\begin{aligned} &= C_{ps} (T_{s2} - T_0) + X_2 C_{pA} (T_{s2} - T_0) \\ &= 0.2616 (80 - 25) + (0.005 \times 0.2412)(80 - 25) \\ &= 14,4 + 0,01 \\ &= 14,40 \text{ kcal/kg solid kering} \end{aligned}$$

Neraca Panas Flash Dryer

$$\begin{aligned}
 G. HG1 + Ls Hs1 &= G. HG2 + Ls Hs2 + Q \text{ loss} \\
 G. HG1 + Ls Hs1 &= G. HG2 + Ls Hs2 + (5\%(G. HG1 + \\
 &\quad Ls Hs1)) \\
 122.72 G + (6161.5 \times 3.49) &= G. HG2 + (6161.5 \times 14.42) + \\
 &\quad (5\%(122.72 G + (6161.5 \times 3.94))) \\
 122.72 G + 22511,88 &= G. HG2 + 73140,70 + \\
 &\quad 6.14 G + 1125,59 \\
 116,58 G &= 51754,41 + (30.15 + 665 H2) G \\
 86,43 G &= 51754,41 + 665 G.H2 \\
 665 G.H2 &= 86.43 G - 54181 \quad \dots\dots\dots(3)
 \end{aligned}$$

Subtitusi persamman 1 dan 3

$$\begin{aligned}
 665 G.H2 &= 86.43 G - 54181 \\
 665 (15.27 + 0.06 G) &= 86.43 G - 54182 \\
 1772,95 + 43,9 G &= 86.43 G - 54183 \\
 55954 &= 42,54 G \\
 G &= 1315,20 \text{ kg udara panas/jam}
 \end{aligned}$$

Subtitusi nilai G ke persamaan 1

$$\begin{aligned}
 GH2 &= 341,20 + 0.06 G \\
 315.20 H2 &= 341,20 + 86,80 \\
 H2 &= 0,33 \text{ kkal/kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Subtitusi nilai G ke persamaan 2

$$\begin{aligned}
 H'G2 &= 30,15 + 665,00 H2 \\
 &= 246,56 \text{ kkal/kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Entalphi masuk

$$\begin{aligned}
 \text{entalphi bahan} &= Ls Hs1 \\
 &= 5416,51 \times 4,16 \\
 &= 22511,88 \text{ kkal} \\
 \text{entalphi udara} &= G HG1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1315,20 \times 122,72 \\
 &= 161396,84 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Entalphi keluar

$$\begin{aligned}
 \text{entalphi bahan} &= \text{Ls Hs2} \\
 &= 5416,51 \times 14,40 \\
 &= 78016,82 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

entalphi udara = G HG2

$$\begin{aligned}
 &= 1315,20 \times 246,56 \\
 &= 324277,87 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{G. HG1+Ls Hs1} &= \text{G . HG2} + \text{Ls Hs2} + \text{Q loss} \\
 161396,84 + 22511,88 &= 324277,87 + 78016,82 \\
 &\quad + \text{Q loss} \\
 &= -218385,96 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

masuk		keluar	
Q bahan	22511,88	Q bahan	78016,82
Q udara	161396,84	Q udara	324277,87
		Q loss	-218385,96
total	183908,72	total	183908,72

## APPENDIX C

### SPESIFIKASI ALAT

#### 1. Heater (E-243)

Fungsi : Untuk memanaskan udara dari suhu  $30^{\circ}\text{C}$  sampai  $95^{\circ}\text{C}$  ( $86$  ke  $203^{\circ}\text{F}$ )

Bahan : Carbon Steel SA 212 Grade A

Tipe : Shell and tube heat exchanger

Jumlah : 1 buah

1. Dari appendix neraca massa diketahui :

Udara :

$$W_{\text{udara}} = 7108,80 \text{ kg/jam}$$

$$= 15672,23 \text{ lb/jam}$$

$$C_p_{\text{udara } 86^{\circ}\text{F}} = 0,24 \text{ btu/lb } ^{\circ}\text{F} \text{ (geankoplis)}$$

$$C_p_{\text{udara } 203^{\circ}\text{F}} = 0,2411 \text{ btu/lb } ^{\circ}\text{F} \text{ (geankoplis)}$$

$$Q = W \cdot C_p \cdot \Delta t$$

$$Q = 7108,80 \times 0,24 \times (203-86)$$

$$Q = 440076,14 \text{ Btu/jam}$$

Steam :

$$W = \frac{Q}{\lambda}$$

$$W = \frac{440076,14}{945,5} \text{ lb/jam}$$

$$W = 465,44 \text{ lb/jam}$$
$$= 211,121 \text{ kg/jam}$$

Direncanakan menggunakan 1 in OD 1 1/4 in square pitch, 16 BWG, 16'0" long

## 2. LMTD ( $\Delta t$ )

<b>Hot fluid (°F)</b>		<b>Cold fluid (°F)</b>	<b>Diff</b>
249,8	Higher temp	203	46,8
249,8	lower temp	86	163,8
0	Difference	117	117

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \Delta t_1 / \Delta t_2} \\ &= \frac{163,8 - 46,8}{\ln (163,8 / 46,8)} \\ &= 93 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

## 3. R dan S

$$\begin{aligned} R &= \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} & S &= \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \\ &= \frac{249,8 - 249,8}{203 - 86} & &= \frac{203 - 86}{249,8 - 86} \\ &= 0 & &= 0,71 \end{aligned}$$

Dari (Fig. 18, Kern) diperoleh nilai FT = 1

Trial :

Asumsikan nilai  $U_D = 10$  (dari table 8, Kern) dengan heater : steam (hot fluid) dan gasses (cold fluid) nilai  $U_D$  yaitu antara 5-50

$$UD = \frac{Q}{A \Delta t}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Q}{UD \Delta t} \\
 &= \frac{440076,1}{933,94} \\
 &= 471,21 \text{ ft}^2 \\
 a'' &= 0,2618 \quad (\text{Tabel 10. Kern}) \\
 Nt &= \frac{471,21}{0,2618 \times 16} \\
 &= 112
 \end{aligned}$$

Direncanakan 1 passes dari (Table 9, Kern) tube counts: 112 tubes didapatkan 1 in OD on 1 1/4 in square pitch.

$$\begin{aligned}
 Nt &= 112 \\
 ID \text{ Shell} &= 17,25 \\
 \text{Tube Passes} &= 1
 \end{aligned}$$

Tube, udara (fluida dingin)                      Shell, steam (fluida panas)

<b>4. Flow area</b>	<b>4'. Flow area</b>
$a't = 0,594 \text{ in}^2$	$as = ID \times C'B / 144PT$
$at = \frac{Nt \times at}{144 n}$	$= 0,048 \text{ ft}^2$
$= \frac{112 \times 0,594}{144 \times 1}$	
$= 0,464 \text{ ft}^2$	

<b>5. Gt (Mass Velocity)</b>	<b>5'. Gt (Mass Velocity)</b>
$Gt = W/at$	$Gs = W/as$
$= \frac{15672,23 \text{ lb/jam}}{0,464 \text{ ft}^2}$	$= \frac{465,44 \text{ lb/jam}}{0,048 \text{ ft}^2}$
$= 33774 \text{ lb/jam ft}^2$	$= 9713,6 \text{ lb/jam ft}^2$

**6. Menghitung bilangan Ret**

$$tc = 144,5^{\circ}\text{F}$$

$$\mu = 0,02 \text{ Cp}$$

$$= 0,05 \text{ lb/ft jam}$$

$$D = \frac{0,87}{12}$$

$$= 0,073 \text{ ft}$$

$$Ret = \frac{D Gt}{\mu}$$

$$= 50090,7$$

**6'. Menghitung bilangan Res**

$$Tc = 249,8^{\circ}\text{C}$$

$$\mu = 0,033 \text{ lb/ft.jam}$$

$$D = \frac{0,99}{12}$$

$$= 0,0825 \text{ ft}$$

$$Res = \frac{D Gs}{\mu}$$

$$= 24043,34$$

**7. Menentukan jH**

$$jH = 140 \text{ fig.24,Kern) } \quad jH = 92 \text{ (fig.28,Kern)}$$

**8.**

$$tc = 144,5^{\circ}\text{F}$$

$$k = 0,0167$$

$$\text{Btu/(jam)(ft}^2\text{)}(^{\circ}\text{F})$$

$$Cp = 0,241 \text{ Btu/lb. } ^{\circ}\text{F}$$

**8'.**

$$Tc = 249,8$$

$$k = 0,0156$$

$$\text{Btu/(jam)(ft}^2\text{)}(^{\circ}\text{F})$$

$$Cp = 0,453 \text{ Btu/lb. } ^{\circ}\text{F}$$

$$\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} = 0,89$$

$$\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3} = 0,99$$

$$9. \quad \frac{hi}{\varphi t} = jH \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3}$$

$$hi = 140 \times \frac{0,0167}{0,073} \times 0,89$$

$$= 28,70 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)}(^{\circ}\text{F})$$

$$hio = \frac{hi \times ID}{OD}$$

$$9'. \quad \frac{ho}{\varphi s} = jH \times \frac{k}{De} \times \left(\frac{c\mu}{k}\right)^{1/3}$$

$$ho = 92 \times \frac{0,0156}{0,0825} \times 0,99$$

$$= 17,22 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)}(^{\circ}\text{F})$$

$$h_{io} = \frac{28,70 \times 0,87}{1}$$

$$h_{io} = 24,97 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^{\circ}\text{F)}$$

#### 10. Tube Wall Temperature

$$tw = tc + \frac{h_{io}}{h_{io} + ho} (T_c - tc)$$

$$= 206,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

**11.**  $tw = 206,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

 $\mu = 0,05 \text{ lb/ft.jam}$ 
 $\phi_t = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$ 
 $= 0,99$

**11'.**  $tw = 206,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

 $\mu = 0,033 \text{ lb/ft.jam}$ 
 $\phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$ 
 $= 1$

#### 12. Mengkoreksi $h_{io}$

$$h_{io} = h_{io} \times \phi_t$$

$$= 24,97 \times 0,99$$

$$= 24,72 (\text{Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^{\circ}\text{F)})$$

#### 12' Mengkoreksi $h_o$

$$h_o = h_o \times \phi_s$$

$$= 17,22 \times 1$$

$$= 17,24 (\text{Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^{\circ}\text{F)})$$

#### 13'. Clean overall coefficient, $U_c$ :

$$U_c = \frac{h_{io} h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$= 10,16 (\text{Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^{\circ}\text{F)})$$

#### 14'. Design overall coefficient, $U_D = 10 (\text{Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^{\circ}\text{F)})$

**15'. Dirt factor**

$$\begin{aligned} Rd &= \frac{U_c - U_D}{U_c U_D} \\ &= \frac{10,16 - 10}{10,16 \times 10} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Karena nilai  $Rd = 0,002$ , maka heat exchanger sudah sesuai standard yaitu nilai  $Rd = 0,002$  (Table.12, Kern)

#### **Pressure Drop**

1. Ret = 50090,66	1. Res = 24043,34
f = 0,00017 ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>	f = 0,0016 ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>
$\rho$ = 0,05968	2. N + 1 = 12L/B
s = 0,001	= (12x16)/2
	= 96
	Ds = 1,438
	$\rho$ = 0,037
	s = 0,001
2. $\Delta Pt = \frac{f \ln Gt^2}{5,22 D s \phi t 10^{10}}$	3. $\Delta Ps = \frac{f Ds (N+1) Gs^2}{5,22 Des \phi s 10^{10}}$
= 0,866 psi	= 8,055 psi

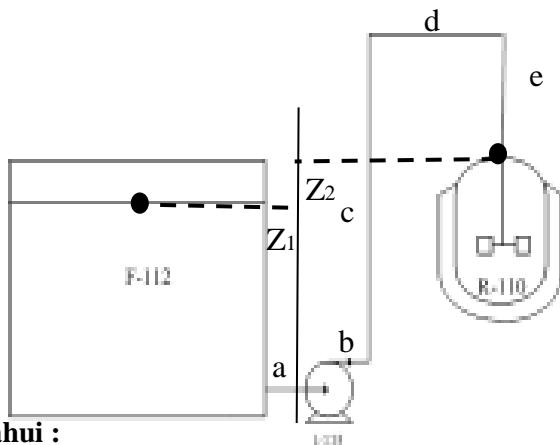
$\Delta Pt$  dan  $\Delta Ps$  yang diizinkan tidak lebih dari 10 psi

#### **Resume Spesifikasi Heat Exchanger Shell and Tube**

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat =	<b>E-243</b>
Fungsi =	Memanaskan udara suhu 30°C sampai 95°C
Jenis =	Shell and Tube
Jumlah =	1
Bahan Konstruksi =	Carbon Steel SA 212 Grade A
T1;T2 =	121 °C ; 121 °C
t1;t2 =	30 °C ; 95 °C

ID shell =	10 in
ID tube =	0,87 in
OD tube =	1 in
Jumlah tube =	112
Fouling factor =	0,002
$\Delta P$ shell =	8,055 psi
$\Delta P$ tube =	0,87 psi

## 2. Pump HNO<sub>3</sub> (L-113)



Diketahui :

Asumsi tinggi reaktor di lantai 2 sama dengan tinggi tangki penyimpanan.

$$Z_1 = 7,89 \text{ m} = 25,90 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 9,14 \text{ m} = 30 \text{ ft}$$

$$a = 4 \text{ m} = 13,12 \text{ ft}$$

$$b = 3 \text{ m} = 9,84 \text{ ft}$$

$$c = 10,64 \text{ m} = 34,92 \text{ ft}$$

$$d = 5 \text{ m} = 16,40 \text{ ft}$$

$$e = 1,5 \text{ m} = 4,92 \text{ ft}$$

$$\text{Total} = 24 \text{ m} = 79,21 \text{ ft}$$

Untuk memompa HNO<sub>3</sub> dari tangki penyimpanan ke CSTR (continuous stirred-tank reactor)

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{larutan}} &= 1343 \quad \text{kg/m}^3 = 83,8 \quad \text{lb/ft}^3 \\
 \mu_{\text{larutan}} &= 2 \quad \text{cp} = 0,0013 \quad \text{lb/ft.det} \\
 \text{Rate mass} &= 151225,50 \quad \text{kg/hari} = 3,86 \quad \text{lb/detik} \\
 &\qquad\qquad\qquad = 1,75 \quad \text{kg/detik} \\
 &\qquad\qquad\qquad = 27,56 \quad \text{gpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rate Volumetrik} &= \frac{\text{m}}{\rho} \\
 &= 0,05 \text{ ft}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen ( $Nre > 2100$ ) dengan menggunakan centrifugal pump :

$$\begin{aligned}
 D_{\text{inside Optimum}} &= 3.9 \times (Q)^{0.45} \times (\rho)^{0.13} \\
 &= 3.9 \times (0,03)^{0.45} \times (83,84)^{0.13} \\
 &= 1,74 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan menggunakan pipa 2 in sch 40

$$\begin{aligned}
 \text{Inside diameter} &= 2,067 \text{ in} \\
 &= 0,05 \text{ m} \\
 &= 0,17 \text{ ft} \\
 \text{Luas area} &= \pi \cdot r^2 \\
 &= \pi / 4 \cdot D^2 \\
 &= \pi / 4 \cdot 0,17^2 \\
 &= 0,023 \text{ ft} \\
 \text{Kecepatan alir} &= Q/A \\
 &= \frac{0,03}{0,023} \\
 &= 1,98 \text{ ft/detik} \\
 &= 0,6 \text{ m/s} \\
 NRe &= \frac{\rho \times D \times v}{\mu} \\
 &= \frac{83,84 \times 0,17 \times 1,48}{0,0013} \\
 &= 22004,51
 \end{aligned}$$

Perhitungan friksi :

### 1. Friksi karena pipa lurus

Diperkirakan pipa lurus 24 m dengan menggunakan commercial steel pipe, dan equivalent roughness adalah  $4,6 \times 10^{-5}$  m dari fig. 2.10-3 Geankoplis

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0,000046}{0,05}$$
$$= 0,00087616$$

Maka untuk Nre 22004,51 dari fig 2.10-3 didapatkan nilai  $f = 0,006$

$$Ff = \frac{4f \times \Delta L \times v^2}{2D}$$
$$= \frac{4 \times 0,006 \times 24 \times 0,6}{2 \times 0,05}$$
$$= 3,91 \text{ J/kg}$$
$$= 1,30842 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

### 2. Sudden Enlargement losses

$$hex = \frac{Kex \times v^2}{2 \alpha}$$

$Kex = (1 - (A_1/A_2))^2$ ,  $A_1/A_2$  dianggap 0 karena  $A_2$  tak terhingga  
Karena luas permukaan tangki sangat jauh lebih besar dari luas permukaan pipa, maka :

$$hex = \frac{1 \times 0,6^2}{2 \times 1}$$
$$= 0,101 \text{ J/kg}$$
$$= 0,034 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

### 3. Sudden Contraction losses

$$hc = \frac{Kc \times v^2}{2 \alpha}$$

$$Kc = 0,55$$

Karena luas permukaan tangki sangat jauh lebih besar dari luas permukaan pipa, maka :

$$\begin{aligned} hc &= \frac{0,55 \times 0,6^2}{2 \times 1} \\ &= 0,1 \text{ J/kg} \\ &= 0,033 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

### 4. Friksi karena belokan dan valve

Menggunakan 3 elbow 90°, Kf = 0,75

Globe valve half open, Kf = 9,5

$$\begin{aligned} hf &= \frac{(3 \times Kf \times v^2) + (Kf \times v^2)}{2} \\ &= \frac{(3 \times 0,75 \times 0,6^2) + (9,5 \times 0,6^2)}{2} \\ &= 2,14 \text{ J/kg} \\ &= 0,715 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Jadi total keseluruhan friksi pada pipa adalah :

$$\begin{aligned} \Sigma F_s &= hc + F_f + h_{ex} + hf \\ &= 0,1 + 3,91 + 0,1 + 0,715 \\ &= 6,243 \text{ J/kg} \\ &= 2,09 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

### Hukum Bernoulli

Maka diketahui :

$$\begin{array}{ll} \text{Kecepatan gravitasi (g)} & = 9,81 \text{ m/s}^2 \\ \text{Massa jenis HNO}_3 \text{ di tangki penyimpan} & = 1343 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Massa jenis HNO}_3 \text{ di reaktor} & = 1343 \text{ kg/m}^3 \end{array}$$

Karena tangki terlalu besar,  $v_1 = 0$   
 $P_1$  dan  $P_2$  adalah 1 atm,  $(P_1-P_2)/\rho = 0$

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) = 0,182$$

$$(z_2 - z_1)g = (9,14 - 7,89) \times 9,806$$

$$= 12 \text{ J/kg}$$

$$\alpha = 1, \text{ turbulen}$$

$$(z_2 - z_1)g + \frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\begin{aligned} -W_s &= 12 + 0,182 + 0 + 6,243 \\ &= 18,68 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_p &= \frac{-W_s}{\eta} \\ &= \frac{18,68}{60\%} \\ &= 31,13 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pump kW pump} &= \frac{W_p \times m}{1000} \\ &= 0,05 \text{ kW} \\ &= 0,073 \text{ hp} \end{aligned}$$

### Resume spesifikasi pump HNO<sub>3</sub>

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat =	L-112
Fungsi =	Memompa bahan baku HNO <sub>3</sub> ke
Tipe pompa =	Centrifugal pump
Total head =	6,243 J/kg
Power pompa =	0,05 kW
Ukuran pipa	
D nominal =	2 in

ID =	2,067 in
OD =	2,38 in
Schedule No =	40
Bahan =	Commercial steel

### **3. Tangki Penyimpanan Larutan Asam Nitrat 58% (F-111)**

Menentukan tipe tangki penyimpanan :

Tipe Tangki yang dipilih yaitu berbentuk silinder tegak dengan dasar rata dan atap berbentuk conical dengan pertimbangan bahan baku yang berwujud liquid

Menentukan bahan konstruksi :

Bahan konstruksi yang dipilih adalah Carbon Steel SA-283 Grade D dengan pertimbangan :

- a. Bahan baku berwujud cairan korosif
- b. Cocok untuk tangki dengan ketebalan < 1.25 in
- c. Harga relatif lebih murah
- d. Maximum allowable stress cukup besar yaitu 12650 psi

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas} &= 151225,5 \text{ kg/hari} \\
 \rho \text{ HNO}_3 &= 1,34 \text{ kg/l} \\
 \rho \text{ H}_2\text{O} &= 0,96 \text{ kg/l} \\
 \rho \text{ campuran} &= \frac{1}{(X_1/\rho_1) + (X_2/\rho_2)} \\
 &= \frac{1}{((0,58/1,34) + (0,42/0,96))} \\
 &= 1,15 \text{ kg/l} \\
 &= 71,75 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{Kecepatan volumetrik} &= \frac{151225,50}{1,15} \\
 &= 131583 \text{ liter/hari} \\
 \text{Kapasitas HNO}_3 58\%, 7 \text{ hari} &= 921078 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{liq}} &= 32527,4 \text{ ft}^3 \\
 &= 5793,39 \text{ bbl} \\
 &= \frac{V_{\text{liq}} \times 4}{\pi \times D^2} \\
 &= \frac{32527,4 \times 4}{\pi \times 40^2} \\
 &= \frac{130109,6}{5024} \\
 &= 25,90 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Safety factor 10%

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas tangki} &= 110\% \times 5793,39 \\
 &= 6372,73 \text{ bbl}
 \end{aligned}$$

Dari Apendix E (Process Equipment Design, Brownell & Young), kapasitas tangki yang mendekati adalah 6372,73 bbl dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter (D)} &= 40 \text{ ft} \\
 &= 480 \text{ in} \\
 \text{Tinggi tangki (H)} &= 30 \text{ ft} \\
 &= 360 \text{ in} \\
 \text{Jumlah course} &= 5 \\
 \text{Allowable welded joint} &= 5/32 \\
 \text{Butt welded courses} &= 72 \text{ in} \\
 &= 6 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal dan panjang shell course dengan menggunakan persamaan 3.16 dan 3.17 hal. 45 (Brownell & Young)

Berdasarkan circumferential stress :

$$t = \frac{P \times d}{2 \times f \times E} + C$$

Dimana :

$t$  = Thickness of shell

$P$  = Internal pressure

$d$  = Inside diameter

$f$  = Allowable stress

E = Joint efficiency

C = corrosion allowance

$$\begin{aligned} P_{op} &= P_{hidro} = \frac{\rho x H}{144} \\ &= 14,95 \text{ psi} \\ P_{design} &= 1,05 \times P_{op} \\ &= 1,05 \times 15,95 \\ &= 15,69 \text{ psi} \end{aligned}$$

Untuk pengelasan digunakan double welded butt joint, dengan spesifikasi sebagai berikut

$$E = 80\%$$

$$c = 0,167$$

$$f = 12650$$

### Perhitungan course I

Course I ini adalah plate terbawah yang menanggung beban terbesar yaitu tinggi liquid total.

$$H_1 = 30 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} ts_1 &= \frac{P \times d}{2 \times f \times E} + C \\ &= \frac{15,69 \times 480}{2 \times 12650 \times 0,8} + 0,167 \\ &= 0,54 \text{ in} \end{aligned}$$

Standar ukuran tebal  $\frac{1}{2}$  in

$$OD = 480 + 2(1/2)$$

$$= 481 \text{ in}$$

Sedangkan panjang shell courses dihitung menggunakan persamaan, dengan 10 sambungan

$L_1$  = Panjang masing-masing plate dalam course I

$$L_1 = \frac{\pi \times D \times \text{Panjang las}}{12 n}$$

$$= \frac{\pi \times (40 \times 12 + 1/2) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10}$$

$$= 12,55 \text{ ft}$$

## Perhitungan course II

$$H_2 = 30 - 6$$

$$= 24 \text{ ft}$$

$$P_{\text{op}} = P_{\text{hidro}} = \frac{\rho x H}{144}$$

$$= 11,96 \text{ psi}$$

$$P_{\text{design}} = 1,05 \times P_{\text{op}}$$

$$= 1,05 \times 11,96$$

$$= 12,56 \text{ psi}$$

$$ts_2 = \frac{P \times d}{2 \times f \times E} + C$$

$$= \frac{12,56 \times 480}{2 \times 12650 \times 0,8} + 0,167$$

$$= 0,19 \text{ in}$$

Standar ukuran tebal 3/16 in

$$OD = 480 + 2(3/16)$$

$$= 480,38 \text{ in}$$

Sedangkan panjang shell coursed dihitung menggunakan persamaan, dengan 10 sambungan

$L_2$  = Panjang masing-masing plate dalam course II

$$L_2 = \frac{\pi \times D \times \text{Panjang las}}{12 n}$$

$$= \frac{\pi \times (40 \times 12 + 3/16) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10}$$

$$= 12,54 \text{ ft}$$

### **Perhitungan course III**

$$\begin{aligned} H_3 &= 24 - 6 \\ &= 18 \text{ ft} \\ P_{\text{op}} &= P_{\text{hidro}} = \frac{\rho x H}{144} \\ &= 8,97 \text{ psi} \\ P_{\text{design}} &= 1,05 \times P_{\text{op}} \\ &= 1,05 \times 11,96 \\ &= 9,42 \text{ psi} \\ ts_3 &= \frac{P \times d}{2 \times f \times E} + C \\ &= \frac{9,42 \times 480}{2 \times 12650 \times 0,8} + 0,167 \\ &= 0,185 \text{ in} \end{aligned}$$

Standar ukuran tebal 3/16 in

$$\begin{aligned} OD &= 480 + 2(3/16) \\ &= 480,38 \text{ in} \end{aligned}$$

Sedangkan panjang shell courses dihitung menggunakan persamaan, dengan 10 sambungan

$$\begin{aligned} L_3 &= \text{Panjang masing-masing plate dalam course II} \\ L_3 &= \frac{\pi x D x \text{Panjang las}}{12 n} \\ &= \frac{\pi x (40 \times 12 + 3/16) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10} \\ &= 12,54 \text{ ft} \end{aligned}$$

### **Perhitungan course IV**

$$\begin{aligned} H_4 &= 18 - 6 \\ &= 12 \text{ ft} \\ P_{\text{op}} &= P_{\text{hidro}} = \frac{\rho x H}{144} \\ &= 5,98 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{design}} &= 1,05 \times \text{Pop} \\
 &= 1,05 \times 5,98 \\
 &= 6,28 \text{ psi} \\
 ts_4 &= \frac{P \times d}{2 \times f \times E} + C \\
 &= \frac{6,28 \times 480}{2 \times 12650 \times 0,8} + 0,167 \\
 &= 0,179 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Standar ukuran tebal 3/16 in

$$\begin{aligned}
 OD &= 480 + 2(3/16) \\
 &= 480,38 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Sedangkan panjang shell coursed dihitung menggunakan persamaan, dengan 10 sambungan

$L_4$  = Panjang masing-masing plate dalam course II

$$\begin{aligned}
 L_4 &= \frac{\pi \times D \times \text{Panjang las}}{12 \text{ n}} \\
 &= \frac{\pi \times (40 \times 12 + 3/16) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10} \\
 &= 12,54 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

### Perhitungan course V

$$\begin{aligned}
 H_5 &= 12 - 6 \\
 &= 6 \text{ ft} \\
 P_{\text{op}} &= P_{\text{hidro}} = \frac{\rho \times H}{144} \\
 &= 2,99 \text{ psi} \\
 P_{\text{design}} &= 1,05 \times \text{Pop} \\
 &= 1,05 \times 2,99 \\
 &= 3,14 \text{ psi} \\
 ts_5 &= \frac{P \times d}{2 \times f \times E} + C \\
 &= \frac{3,14 \times 480}{2 \times 12650 \times 0,8} + 0,167 \\
 &= 0,173 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Standar ukuran tebal 3/16 in

$$\begin{aligned} OD &= 480 + 2(3/16) \\ &= 480,38 \text{ in} \end{aligned}$$

Sedangkan panjang shell courses dihitung menggunakan persamaan, dengan 10 sambungan

$L_5 = \text{Panjang masing-masing plate dalam course II}$

$$\begin{aligned} L_5 &= \frac{\pi \times D \times \text{Panjang las}}{12 \text{ n}} \\ &= \frac{\pi \times (40 \times 12 + 3/16) - (10 \times 0,15625)}{12 \times 10} \\ &= 12,54 \text{ ft} \end{aligned}$$

Menghitung head tangki :

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \frac{D}{430 \times t} \\ &= \frac{40}{430} \\ &= 0,093 \\ \theta &= \text{ArcSin } 0,093 \\ &= 5,336^\circ \end{aligned}$$

Tinggi head dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta &= \frac{H}{0,5 \times D} \\ 0,093 &= \frac{40}{0,5 \times 40} \\ H &= 1,86 \text{ ft} \\ \alpha &= 90 - \theta \\ &= 84,66^\circ \end{aligned}$$

Menghitung tebal cone tangki :

$$\begin{aligned} th &= \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (SE - 0,6P)} \\ &= \frac{3,14 \times 480}{+ 0,167} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 2 \times 0,093x(12650 \times 0,8 - 0,6x3,14) \\
 = & \frac{1506,69}{1881,97} \\
 = & 0,968 \text{ in}
 \end{aligned}$$

### Resume Spesifikasi Tangki Penyimpanan HNO<sub>3</sub>

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat =	<b>F-111</b>
Fungsi =	Menyimpan larutan HNO <sub>3</sub>
Tipe tangki =	Cylindrical,Conical Roof and Flat Bottom Tank
Bahan konstruksi =	1
Kapasitas tangki =	Carbon Steel SA 283 Grade D
Tinggi tangki =	30 ft ; 9,15
Diameter tangki =	40 ft ; 12,2 m
Tebal shell tiap course	
Course I =	0,539 in
Course II =	0,191 in
Course III =	0,185 in
Course IV =	0,179 in
Course V =	0,173 in
Tinggi head tangki =	1,86 ft
Tebal head tangki =	0,968

#### 4. Blower (E-242)

Perhitungan rate udara

$$\begin{aligned}
 \text{Massa udara yang masuk} &= 7108,80 \text{ kg/jam} \\
 &= 15672,23 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat molekul udara} &= 28,97 \\
 \rho \text{ udara, T } 30^{\circ}\text{C} &= 0,08104 \text{ lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{m}{\rho}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{15672,23}{0,08104} \\
 &= 193388,79 \text{ ft}^3/\text{jam} \\
 &= 3223,15 \text{ ft}^3/\text{menit} \\
 P_1 &= 14,7 \text{ psi} \\
 &= 2116,8 \text{ lb/ft}^2 \\
 P_2 &= 50 \text{ psi} \\
 &= 7200 \text{ lb/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hp} &= 3,03 \times 10^{-5} \times P_1 \times q_{\text{fm1}} \times \ln(P_2 - P_1) \\
 &= 3,03 \times 10^{-5} \times 2116,8 \times 3223,15 \times \ln(7200 - 2116,8) \\
 &= 253,07 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$P_1$  = Tekanan yang masuk ( $\text{lb/ft}^2$ )

$q_{\text{fm1}}$  = Gas yang masuk ( $\text{ft}^3/\text{menit}$ )

$P_2$  = Tekanan keluar ( $\text{lb/ft}^2$ )

Efisiensi motor = 70%

$$\begin{aligned}
 \text{Hp} &= 361,533 \\
 &= 270,27 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

### Resume Spesifikasi blower

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat =	<b>E-242</b>
Fungsi =	Untuk menaikkan atau memperbesar tekanan gas yang masuk ke flash dryer
Rate volumetrik =	322,146 $\text{ft}^3/\text{menit}$
Power =	361,533 hp

## 5. Belt conveyor (J-244)

Menurut GG Brown, power yang dibutuhkan oleh belt conveyor :

- Untuk belt yang kosong (nilai minimum)

$$hp = \frac{F(L + Lo)(0,03 WS)}{990}$$

- Untuk bahan (tidak termasuk belt) dalam pemindahan secara horizontal :

$$hp = \frac{F(L + Lo)T}{990}$$

- Untuk pengangkatan bahan (tidak termasuk belt) :

$$hp = \frac{T \Delta Z}{990}$$

- Total hp yang dibutuhkan :

$$hp = \frac{F(L + Lo)(T + 0,03 WS) + T\Delta Z}{990}$$

Dimana :

hp = Power yang dibutuhkan

F = friction factor yang ada, 0,05 untuk tanah yang datar

L = panjang conveyor diantara pulley (ft)

Lo = 100 untuk tanah yang datar

S = kecepatan belt (rpm)

T = material (ton)

$\Delta Z$  = Tinggi belt conveyor (ft)

W = Banyaknya partikel yang berpindah

Rate mass = 5050,51 kg/jam

= 5,05 ton/jam

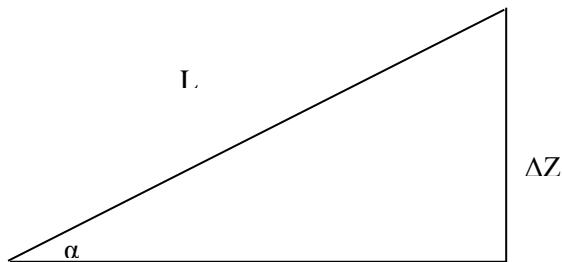
L = 100 ft

Lo = 100

$\Delta Z$  = 10 ft

$$\begin{aligned}
 S &= 200 \text{ rpm (GG Brown table 16 A, hal 58)} \\
 F &= 0,05 \\
 W &= 100 \text{ lb/in (GG Brown table 16 A, hal 58)}
 \end{aligned}$$

Menentukan kemiringan :



$$\begin{aligned}
 \sin \alpha &= \frac{\Delta Z}{L} \\
 &= 0,1 \\
 \alpha &= 5,739^{\circ}
 \end{aligned}$$

Menentukan power yang dibutuhkan :

$$hp = \frac{F(L + Lo)(T + 0,03 WS) + T\Delta Z}{990}$$

$$hp = \frac{0,05 (100 + 100) (5,05 + (100 \times 200)) + (5,05 \times 10)}{990}$$

$$hp = \frac{6101,01}{990}$$

$$hp = 6,16$$

## Resume Spesifikasi belt conveyor

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat =	<b>J-244</b>
Fungsi =	Untuk memindahkan dry produk ke penyimpanan
Rate mass =	5,051 ton/jam
Power =	6,163 hp
sudut kemiringan =	5,739 °
Panjang belt conveyor =	100 ft
Tinggi belt conveyor =	10 ft
kecepatan belt conveyor =	200 rpm

## 6.Flash Dryer (B-240)

Kandungan air pada feed ( $X_1$ )	=	<u><math>H_2O</math> masuk</u>
		Feed masuk
	=	<u>346,62</u>
		5416,5
	=	0,064 kg air/ kg feed masuk
Kandungan air akhir ( $X_2$ )	=	0,001 kg air/ kg feed masuk
Suhu udara yang masuk ( $TG_1$ )	=	95 °C
	=	203 °F
Suhu udara yang keluar ( $TG_2$ )	=	55 °C
	=	131 °F
Suhu solid masuk ( $Ts_1$ )	=	40 °C
	=	104 °F
Suhu solid keluar ( $Ts_2$ )	=	60 °C
	=	140 °F
Spacific gravity solid	=	2,257
air mass velocity (G)	=	9,60 kg/m <sup>2</sup> .s
	=	7076,819 lb/ft <sup>2</sup> .jam
Densitas gas	=	0,960 kg/m <sup>3</sup>
air velocity	=	10 m/s (Stanley M. Walas)
Udara yang masuk	=	7108,80 kg/jam

$$\begin{aligned}
 \text{Heat transfer (Q)} &= 186033,3 \text{ kcal/jam} \\
 &= 737007,9 \text{ BTU/jam} \\
 \text{Waktu tinggal} &= 3 \text{ detik (Stanley M. Walas)} \\
 \text{solid velocity} &= 8 \text{ m/s (Perry's eds 7 hal. 1232)}
 \end{aligned}$$

Log mean temperature Difference, (LMTD)

<b>Hot fluid (°F)</b>		<b>Cold fluid (°F)</b>	<b>Diff</b>
203	Higher temp	140	63
131	lower temp	104	27
72	Difference	36	-36

$$\begin{aligned}
 \text{LMTD} &= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \Delta t_2 / \Delta t_1} \\
 &= \frac{63 - 27}{\ln (63/27)} \\
 &= 42 \text{ °F} \\
 &= 315 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Menentukan tinggi vessel :

$$\begin{aligned}
 H &= \bar{U}_a \times \theta \\
 &= 10 \times 3 \\
 &= 30 \\
 &= 98,43 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 \bar{U}_a &= \text{Air velocity (m/s)} \\
 \theta &= \text{Waktu tinggal (s)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_t &= (0,5 G^{0,67}/D) V \Delta t \\
 &= (0,4 LDG^{0,67}/D \Delta t)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 737807,9 &= 0,4 \times 98,43 \times D \times 7076,819^{0,67} \times 42 \\
 D &= 1,16 \text{ ft} \\
 &= 0,35 \text{ m} \\
 &= 13,94 \text{ in} \\
 r_i &= 6,971 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal shell

$$\begin{aligned}
 P_{op} &= 50 \text{ psi} \\
 P_{des} &= 1,05 \times P_{op} \\
 &= 52,50 \text{ psi} \\
 C &= 0,125 \\
 f &= 17500 \\
 E &= 80\%
 \end{aligned}$$

**(Brownell & Young, pers. 13.1 hal.254)**

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P_{ri}}{f \cdot E \times 0,8 - 0,6 \times P} \\
 &= \frac{52,50 \times 6,971}{17500 \times 0,8 - 0,6 \times 52,50} \\
 &= 0,026199 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 t &= \text{tebal minimum yang diinginkan (in)} \\
 P &= \text{tekanan design (psi)} \\
 E &= \text{Welded joint eff. (Table 13.2)} \\
 F &= \text{Allowable stress (psi) (Table 13.1 or Appendix D)} \\
 r_i &= \text{Jari-jari dalam (in)} \\
 r_o &= \text{Jari-jari luar (in)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal standar} &= 1/16 \text{ in} \\
 OD &= 13,94 + 2(1/16) \\
 &= 14,07 \text{ in}
 \end{aligned}$$

## Resume Spesifikasi flash dryer

Spesifikasi	Keterangan
Kode alat =	<b>B-240</b>
Fungsi =	Mengeringkan sodium nitrat sampai kadar air 0,1 %
Tekanan operasi =	50 psi
Bahan konstruksi =	Carbon stell 212 Grade B
ID=	13,94 in
OD=	14,07 in
Tinggi =	30 m
Tebal minimum =	0,03 in

## 7. Reaktor (R-110)

Fungsi = untuk mereaksikan NaOH dengan HNO<sub>3</sub>

Tipe = Reaktor tangki berpengaduk

Jumlah = 1

Reaksi:



menghitung densitas campuran

komponen	massa(kg/h)	kmol	xi	$\rho$ (kg/l)	$\mu$
HNO <sub>3</sub>	3654,620	58,010	0,3282	1,510	1,20
NaOH	2320,390	58,010	0,2084	2,130	15,00
H <sub>2</sub> O	5160,210	286,678	0,4634	1	
NaNO <sub>3</sub>					
total	11135	402,698	1		

$$\begin{aligned}\rho_{\text{campuran}} &= \frac{1}{x/\rho + x/\rho} \\ &= \frac{1}{0,315} = 3,173 \text{ kg/L} \\ &= 3173 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{campuran}} &= \frac{1}{x/\mu + x/\mu} \\ &= \frac{1}{0,287} = 3,480 \text{ Cp} \\ &= 0,003 \text{ kg/ms}\end{aligned}$$

Menghitung Kecepatan reaksi

$$-ra = \frac{X_a F_{A0}}{V}$$

$$T = \frac{X_a C_{A0}}{-ra}$$

$$X_a = 98\%$$

$$F_{A0} = \underline{\text{mol masuk}} = 402,698 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{--- waktu} \\
 V &= \frac{\text{massa}}{\rho} = \frac{11135,220}{3,173} = 3510 \text{ L} \\
 -\text{ra} &= \frac{0,98 \times 402,698}{3509,663} \\
 &= 0,112 \text{ kmol/L jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{A0} &= \frac{\text{mol masuk}}{V} = 0,115 \text{ kmol/L} \\
 T &= \frac{0,98 \times 0,115}{0,112} \\
 &= 1 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

### Kondisi Operasi

Temperatur : 60 °C

Tekanan operasi : 1 atm

rate massa : 11135 kg/jam

Waktu tinggal pada reaktor = 1 jam

untuk perancangan diberikan faktor kelonggaran 20% maka:

$$\begin{aligned}
 \text{volume reaktor: } 1.2 \times 3509,663 &= 4211,6 \text{ L} \\
 &= 148,73 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Perencanaan:

A. Menghitung dimensi tangki

menentukan ukuran tangki dan ketebalannya

Asumsi di H/D = 1.25

$$\text{Volume tangki} = 1/4 \times \pi \times D^2 \times H$$

$$149 = 0,981 D^3$$

$$D = 5,332 \text{ ft} = 63,982 \text{ in}$$

$$H = 6,665 \text{ ft} = 79,977 \text{ in}$$

Menentukan tebal shell

**Tebal minimum shell :**

$$ts = \frac{P_{des} \times r}{f \times E - 0.6P_{des}}$$

Bahan konstru carbon steel SA-283 grade C

$$f = 12650 \text{ psi}$$

$$E = 0,8$$

$$C = 0,125$$

$$P \text{ operasi} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} P_{des} &= 1,1 \times P_{op} = 1,1 \times 14,7 \\ &= 16,170 \text{ psi} \end{aligned}$$

sehingga ts

$$\begin{aligned} ts &= \frac{16,170 \times 31,99}{12650 \times 0,8 - 0,6 \times 16,17} + 0,125 \\ &= 0,176 \text{ in} \\ &= \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

menentukan diameter luar tangki

$$\begin{aligned} OD &= ID + 2ts \\ &= 64,357 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel brownell and young, OD yang sesuai 72 in

Menentukan tebal dan volume head

$$th = \frac{0.855 \times p \times r}{f \times E - 0.1P} + C$$

dari tabel 5.7 brownell-young:

$$icr = 4 \frac{3}{8}$$

$$r = 72$$

$$\begin{aligned}
 th &= \frac{0,855 \times 16,170 \times 31,991}{12650 \times 0,8 - 0,1 \times 16,170} + 0,125 \\
 &= 0,169 \text{ in} \\
 &= \frac{3}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

$icr/OD = 0,061 \text{ in}$

untuk rasio  $icr/OD$  sama dengan 6% maka dapat dihitung

$$icr = \frac{4}{3}/8 \text{ in} \quad (\text{brownell and young tabel 5.7})$$

$$t = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$r = 72 \text{ in}$$

$$sf = 2 \text{ in} \quad (\text{brownell and young tabel 5.6})$$

$$\begin{aligned}
 \text{diameter} &= OD + OD/42 + 2sf + \frac{2}{3}icr \\
 &= 80,631 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Perhitungan sistem pengaduk

Jenis pengaduk yang dipakai adalah propeller

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3} ; \frac{L}{Da} = \frac{1}{4} ; \frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5} ; \frac{H}{Dt} = 1$$

Dimana :

$Da$  = diameter pengaduk

$Dt$  = diameter tangki

$W$  = lebar pengaduk

$H$  = tinggi larutan

$L$  = tinggi pengaduk

$C$  = tinggi pengaduk dari dasar tangki

$J$  = lebar baffle

$$Da = \frac{1}{3} x Dt = \frac{1}{3} x 5,332 = 1,777 \text{ ft}$$

$$= 0,542 \text{ m}$$

$$W = \frac{1}{5} x Da = \frac{1}{5} x 1,777 = 0,355 \text{ ft}$$

$$= 4,265 \text{ in}$$

$$H = Dt = 5,332 \text{ ft} = 63,982 \text{ in}$$

$$L = \frac{1}{4} x Da = \frac{1}{4} x 1,777 = 0,444 \text{ ft}$$

$$= 5,332 \text{ in}$$

$$J = \frac{1}{12} x Dt = \frac{1}{12} x 5,332 = 0,444 \text{ ft}$$

$$= 5,332 \text{ in}$$

Kebutuhan power pengaduk

$$N^2 = \frac{WELH}{2 \cdot Da} \left( \frac{600}{\pi \cdot Da} \right)^2$$

$$WELH = \text{water equivalen liquid height}$$

$$= \text{tinggi cairan} \times \text{specific gravity}$$

$$= 11,559 \text{ ft}$$

$$N^2 = \frac{11,559}{2 \times 2} \left( \frac{600}{\pi \cdot 2.855} \right)^2$$

$$= 888,64 \text{ rpm}$$

$$N = 29,81 \text{ rpm} = 0,50 \text{ rps}$$

Bilangan reynold untuk pegadukan

$$Nre = \frac{Da^2 N \rho}{\mu} = \frac{0,54^2 \times 0,50 \times 3172,73}{0,003}$$

$$= 132924$$

$$P = Np \cdot N^3 \cdot Da^5 \cdot \rho = 1053,92 \text{ kg m/s}$$

$$= 16,84 \text{ hp}$$

Effisiensi motor 80%

Tenaga motor untuk pengaduk = 21,050 hp

### Menghitung tebal jaket

kebutuhan air pendingin = 7389,1 kg/h

Diameter luar reaktor = 72 in = 1,83 m

jari-jari reaktor = 31,99 in = 0,81 m

Tinggi reaktor = 79,98 ft = 24,38 m

volume jaket 110% dari volume kebutuhan air 7389,1 kg/h

### Resume Spesifikasi Reaktor (R-110)

Kode Alat	=	R-110
Fungsi	=	Mereaksikan NaOH dengan HNO <sub>3</sub>
Bahan	=	Carbon Steel SA 283 Grade C
Tipe	=	Reaktor tangki berpengaduk
Kapasitas	=	148,731 ft <sup>3</sup>
Diameter	=	5,332 ft
Tinggi	=	6,665 ft
Tebal tutup bawah	=	3/16 in
Tebal tutup atas	=	3/16 in
Kecepatan Putar	=	29,81 rpm
Daya motor	=	21,05 hp

### 8. Evaporator (V-210)

Fungsi = Memengatkan larutan NaNO<sub>3</sub> keluaran reaktor

Type = Short tube evaporator

Jenis = Triple effect evaporator

### evaporator efect 1

kondisi operasi

$$Q = 11135,21 \text{ kkal/jam} = 44159 \text{ btu/jam}$$

$$T_{in} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C} = 140 \text{ F}$$

$$T_{out} = 109,7 \text{ }^{\circ}\text{C} = 229,460 \text{ F}$$

$$\Delta T = 49,7 \text{ }^{\circ}\text{C} = 89,460 \text{ F}$$

UD = 200 (dari tabel 8 kern)

sehingga luas permukaan yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} A &= Q/(UD\Delta T) \\ &= 2,468 \text{ ft}^2 = 0,229 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

kondisi tube calandria:

$$\text{ukuran tube} = 4 \text{ in}$$

$$\text{panjang tube} = 12 \text{ ft}$$

Dipilih: pipa standar dengan ukuran 4 in IPS schedule 40, sehingga diperoleh

$$OD = 5 \text{ in} = 0,375 \text{ ft}$$

$$ID = 4 \text{ in} = 0,335 \text{ ft}$$

$$a't(\text{flow area per pipe}) = 13 \text{ in}^2 = 0,088 \text{ ft}^2$$

(kern, table 11)

$$\begin{aligned} \text{jumlah tube, Nt} &= \frac{A}{a't \times L} = \frac{225.870}{0,088 \times 12} \\ &= 2,332 \text{ buah} \end{aligned}$$

### Dimensi Evaporator

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang: } A &= Nt \times a't \\ &= 0,2057 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Evaporator : D evap} &= \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} = \sqrt{4 \times \frac{0.206}{\pi}} \\ &= 0,512 \text{ ft} = 6,142 \text{ in} \end{aligned}$$

Tinggi evaporator:

$$\text{Asumsi di H/D} = 1,5$$

$$\begin{aligned}
 H &= 1,5 \times D \\
 &= 1,5 \times 0,512 \\
 &= 0,768 \text{ ft} = 9,214 \text{ in}
 \end{aligned}$$

**Diameter Centerwall:**

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi } D_{cw} &= 1 \times D_{\text{evap}} \\
 &= 1 \times 0,512 \\
 &= 0,5119 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

**Tebal minimum shell :**  $ts = \frac{P_{des} \times r}{f \times E - 0.6P_{des}}$

Bahan konstruksi shell adalah: carbon steel SA-203 grade C

$$f = 18750 \text{ psi}$$

$$E = 0,8$$

$$C = 0,1$$

$$P_{\text{operasi}} = 141,923 \text{ kpa} = 34,771 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{des}} &= 1.1 \times P_{\text{op}} = 1.1 \times 34.771 \\
 &= 38,248 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

sehingga  $ts$

$$ts = \frac{38.248 \times 3.071}{18750 \times 0.8 - (0.6 \times 38.248)} + C = 0,133 \text{ in} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

Dipakai tebal shell standard,  $t = 3/16$

$$\begin{aligned}
 OD &= ID + 2t \\
 &= 6,142 + 2(3/16) \\
 &= 6,517 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari tabel brownell and young, OD yang sesuai 60 in

**Tebal colonical dishead (bawah)**

sudut conis yang dipakai  $30^\circ$

$$\begin{aligned}\text{tebal colonical} &= \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (f.E - 0.6 P)} + C \\ &= \frac{38.248 \times 58.76}{2 \cos \alpha (18750 \times 0.8 - 0.6 \times 38.248)} + C \\ &= 0 \quad \text{in} = \frac{5}{8} \quad \text{in}\end{aligned}$$

### evaporator efect 2

kondisi operasi

$$Q = 10382 \text{ kkal/jam} = 41173 \text{ btu/jam}$$

$$T_{\text{in}} = 109,7 \text{ }^\circ\text{C} = 229,460 \text{ F}$$

$$T_{\text{out}} = 91,360 \text{ }^\circ\text{C} = 196,448 \text{ F}$$

$$\Delta T = 33,012 \text{ F}$$

$$UD = 200 \text{ (dari tabel 8 kern)}$$

sehingga luas permukaan yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned}A &= Q/(UD \times \Delta T) \\ &= 6,236 \text{ ft}^2 = 0,5793 \text{ m}^2\end{aligned}$$

kondisi tube calandria:

$$\text{ukuran tube} = 4 \text{ in}$$

$$\text{panjang tube} = 12 \text{ ft}$$

Dipilih: pipa standar dengan ukuran 4 in IPS schedule 40, sehingga diperoleh

$$OD = 4,50 \text{ in} = 0,37 \text{ ft}$$

$$ID = 4,026 \text{ in} = 0,34 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}a't(\text{flow area per pipe}) &= 13 \text{ in}^2 = 0,088 \text{ ft}^2 \\ &\quad (\text{kern, table 11})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{jumlah tube, Nt} &= \frac{A}{a't \times L} = \frac{510.829}{0.088 \times 12} \\ &= 5,90 \quad \text{buah}\end{aligned}$$

## Dimensi Evaporator

$$\begin{aligned}\text{Luas Penampang: } A &= Nt \times a't \\ &= 0,5197 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter Evaporator : } D_{\text{evap}} &= \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} = \sqrt{4 \times \frac{42.569}{\pi}} \\ &= 0,814 \text{ ft} = 9,7636 \text{ in}\end{aligned}$$

Tinggi evaporator:

$$\begin{aligned}\text{Asumsi di H/D} &= 1,5 \\ H &= 1,5 \times D \\ &= 1,5 \times 0,8136 \\ &= 1,2204 \text{ ft} = 14,645 \text{ in}\end{aligned}$$

Diameter Centerwall:

$$\begin{aligned}\text{Asumsi Dcw} &= 1 \times D_{\text{evap}} \\ &= 1 \times 0,8136 \\ &= 0,8136 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\text{Tebal min ts} = \frac{P_{\text{des}} \times r}{f \times E - 0.6P}$$

Bahan konstruksi shell adalah: carbon steel SA-203 grade C

f = 18750 psi

E = 0,8

C = 0,125

P operasi = 74,06 kpa = 18,145 psi

$$P_{\text{des}} = 1.1 \times P_{\text{op}} = 1.1 \times 34.771 = 19,959 \text{ psi}$$

sehingga ts

$$ts = \frac{19.959 \times 23.728}{18750 \times 0.8 - (0.6 \times 19.959)} + 0.125 = 0.132 \text{ in}$$
$$= \frac{3}{16} \text{ in}$$

Dipakai tebal shell standard,  $t = 3/16$

$$\begin{aligned} OD &= ID + 2t \\ &= 9,764 + 2(3/16) \\ &= 10,139 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel brownell and young, OD yang sesuai 90 in

Tebal colonial dishead (bawah)

sudut conis yang dipakai  $30^\circ$

$$\begin{aligned} \text{tebal colonial} &= \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (f.E - 0.6 P)} + C \\ &= \frac{19.959 \times 36.087}{2 \cos \alpha (18750 \times 0.8 - 0.6 \times 19.959)} + C \\ &= 0,167 \text{ in} = \frac{5}{8} \text{ in} \end{aligned}$$

### evaporator efect 3

kondisi operasi

$$Q = 9431 \text{ kkal/jam} = 37399 \text{ btu/jam}$$

$$T_{in} = 91,360 \text{ }^\circ\text{C} = 196,448 \text{ F}$$

$$T_{out} = 63,307 \text{ }^\circ\text{C} = 145,953 \text{ F}$$

$$\Delta T = 50,5 \text{ F} = 28,053 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$UD = 200 \text{ (dari tabel 8 kern)}$$

sehingga luas permukaan yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} A &= Q/(UD \times \Delta T) \\ &= 3,703 \text{ ft}^2 = 0,344 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

kondisi tube calandria:

$$\text{ukuran tube} = 4 \text{ in}$$

$$\text{panjang tube} = 12 \text{ ft}$$

Dipilih: pipa standar dengan ukuran 4 in IPS schedule 40, sehingga diperoleh

$$\begin{aligned}
 OD &= 4,5 \text{ in} = 0,375 \text{ ft} \\
 ID &= 4,026 \text{ in} = 0,335 \text{ ft} \\
 a't(\text{flow area per pipe}) &= 12,7 \text{ in}^2 = 0,088 \text{ ft}^2 \\
 &\quad (\text{kern, table 11})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{jumlah tube, Nt} &= \frac{A}{a't \times L} = \frac{301.331}{0,088 \times 12} \\
 &= 3,5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

### Dimensi Evaporator

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Penampang: } A &= Nt \times a't \\
 &= 0,3086 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter Evaporator : D evap} &:= \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} = \sqrt{4 \times \frac{25.11}{\pi}} \\
 &= 0,627 \text{ ft} = 7,524 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Tinggi evaporator:

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi di H/D} &= 1,5 \\
 H &= 1,5 \times D \\
 &= 1,5 \times 0,627 \\
 &= 0,940 \text{ ft} = 11,286 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Diameter Centerwall:

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi Dcw} &= 1 \times D \text{ evap} \\
 &= 1 \times 0,627 \\
 &= 0,627 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tebal min ts} = \frac{P_{des} \times r}{f \times E - 0.6P}$$

Bahan konstru carbon steel SA-203 grade C

$$f = 18750 \text{ psi}$$

$$E = 0,8$$

$$C = 0,125$$

$$P \text{ operasi} = 23,3 \text{ kpa} = 5,709 \text{ psi}$$

$$P \text{ des} = 1.1 \times P \text{ operasi} = 1.1 \times 5.709 = 6,279 \text{ psi}$$

sehingga ts

$$ts = \frac{6.279 \times 33.935}{18750 \times 0.8 - (0.6 \times 6.279)} + 0.125 = 0,127 \text{ in}$$

$$= \frac{3}{16} \text{ in}$$

Dipakai tebal shell standard,  $t = 3/16$

$$OD = ID + 2t$$

$$= 7,524 + 2(3/16)$$

$$= 7,899 \text{ in}$$

Dari tabel brownell and young, OD yang sesuai 72 in

Tebal colonial dishead (bawah)

sudut conis yang dipakai  $30^\circ$

$$\text{tebal colonial} = \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (f.E - 0.6 P)} + C$$

$$= \frac{6.279 \times 67.870}{2 \cos \alpha (18750 \times 0.8 - 0.6 \times 6.279)} + C$$

$$= 0,135 \text{ in} = \frac{3}{8} \text{ in}$$

### Resume spesifikasi evaporator (V-210)

Fungsi	= Untuk memekatkan larutan $\text{NaNO}_3$ dengan larutannya
Tipe	= Short effect evaporator
Bahan konstruksi	= Carbon steel tipe 304 grade c
Kapasitas evap 1	= 8314 kg/jam
Kapasitas evap 2	= 6789 kg/jam
Kapasitas evap 3	= 6072 kg/jam
OD evap 1	= 60 in
OD evap 2	= 90 in
OD evap 3	= 72 in
Jumlah	= 1 buah

## 9. Barometric Condenser (E-212)

Fungsi = Mengkondensasikan uap dari evaporator effect III  
 Tipe = Counter current  
 Jumlah = 1

Suhu operasi = 60 °C = 600 rankine

Tekanan operasi = 23,3 kPa = 0,196 atm

Rate massa uap, Vm = 990,144 kg/h = 2182,9 lb

BM H<sub>2</sub>O = 18

Suhu bahan std = 492 rankine

$$\rho = \frac{492}{600} \times \frac{0,196}{1} \times \frac{18}{359}$$

$$= 0,008 \text{ lb/cuft} \quad (\text{himmelblau}, 249)$$

$$\text{rate volumetrik uap, Vv} = \frac{Vm}{\rho} = \frac{2183}{0,008} = 270882 \text{ cuft/jam}$$

$$= 4514,7 \text{ cuft/min}$$

Dari tabel 40.1 Hugot diperoleh data sebagai berikut:

untuk rate uap = 990,144 kg/jam

maka H = 2,4 m = 7,874 ft

Luas penampang condensor:

Kecepatan superficial = 6000 fpm (Table 2.4, Ludwig Vol.1)

$$A = \frac{Vv}{Vs} = \frac{4515}{6000} = 0,752 \text{ ft}^2$$

$$Di = = \sqrt{4 \frac{A}{\pi}} = \sqrt{4 \frac{1.3613}{\pi}} = 3,007 \text{ ft}$$

Diameter pipa cooling water (Dcw)

$$Dcw = \sqrt{\frac{4 Q}{\pi v}}$$

$$v = \alpha \sqrt{2gh} = 34 \text{ dm/s}$$

Dimana:

- $\alpha$  = Koefisien panjang pipa (0.5)  
 $g$  = 98 dm/s<sup>2</sup>  
 $h$  = Panjang kondenser (dm)  
 $v$  = Velocitas air dalam pipa (dm/s)  
 $Q_1$  = Laju air masuk kondenser (kg/s)

$$D_{cw} = \sqrt{\frac{4 \times 990.144}{\pi \times 34.293}} = 0,101 \text{ dm}$$
$$= 0,010 \text{ m}$$

Bagian bawah berbentuk kerucut dengan sudut  $60^\circ$  terhadap garis horizontal.

Perhitungan kebutuhan air pendingin dapat dihitung dengan rumus perhitungan:

$$W = \frac{607 + 0.3 \times tv - t2}{t2 - t1} \quad (\text{Hugot pers. 40.5})$$

Dimana:

- $W$  = Berat air pendingin yang dibutuhkan per berat uap yang dikondensasikan  
 $t_v$  = Suhu uap yang di kondenser ( $^{\circ}\text{C}$  atau F)  
 $t_1$  = Suhu air pendingin yang sesuai ( $^{\circ}\text{C}$  atau F)  
 $t_2$  = Suhu air hangat yang diijinkan ( $^{\circ}\text{C}$  atau F)

$$tv - t2 = (0.1 + 0.02 a) (tv - t1)$$

(Hugot pers. 40.8)

- $a$  = Perbandingan udara dalam uap  
% berat udara - campuran uap  
6 - 8 gr per kg uap yang terkondensasi  
(Hugot Table 40.16, page 875)

Ditetapkan bahwa  $a = 6$  gr per kg uap yang terkondensasi

Sehingga nilai a dalam % berat:

$$a = \frac{6 \text{ gr}}{1000 \text{ kg uap}} \times 100\% \\ = 0,006$$

Sehingga:

$$tv - t2 = (0.1 + 0.02 a) (tv - t1) \\ 60 - t2 = (0.1 + 0.02 \times 0.006) (60 - 30) \\ t2 = 57^{\circ}\text{C}$$

Kebutuhan air pendingin:

$$W = \frac{607 + 0.3 \times 60 - 57}{57 - 30} \\ = 21,040$$

### Resume spesifikasi barometric condenser (E-212)

Fungsi	= Mengkondensasikan uap dari evaporator effect III
Tipe	= counter current
Luas penampang kondensor	= 0,752 ft <sup>2</sup>
Kebutuhan air	= 21,040 kg air pendingin/kg uap yang terkondensasi
Pendingin	
Jumlah	= 1 buah

### 10. Jet Ejector(E-213)

Fungsi =

Tipe = single-stage steam ejector

Tekanan uap = 23,3 kPa = 174,764 mmHg

Tekanan operasi suction: 75 mmHg (ludwig tabel 6.1)

Pressure drop pada kondensor = Poperasi - Psuction  
= 174,764 - 75 = 99,764 mmHg

Perhitungan kebutuhan steam

$$W_v = \frac{W_n \times M_v \times P_v}{M_n \times P_n} \quad (\text{Ludwig, page 362})$$

Keterangan:

$W_v$  = Berat vapor, lb/jam

$W_n$  = Berat non-condensable gas, lb/jam

$M_v$  = Molecular weight vapor

$P_v$  = Tekanan vapor, mmHg

$M_n$  = Molecular weight non-condensable gas

$P_n$  = Tekanan non-condensable gas, mmHg

Berdasarkan perhitungan neraca massa dan panas:

$$M_v = 18 \text{ kg/mol} = 39,683 \text{ lb/mol}$$

$$M_n = (21\% \times 32) + (79\% \times 28) = 28,840 \text{ kg/mol} \\ = 63,581 \text{ lb/mol}$$

$$P_v = 75 \text{ mmHg}$$

$$P_n = 174,8 \text{ mmHg}$$

kebocoran udara = 15 lb/jam

$$Wv = \frac{15 \times 39.683 \times 75}{63.581 \times 174.8} = 4,017 \text{ lb/jam}$$

untuk faktor keamanan, berat campuran dilebihkan 20%

$$Wv = 120\% \times 4,0169 = 4,820 \text{ lb/jam}$$

Berdasarkan ludwig fig 6-25:

$$\text{kebutuhan steam} = 11 \text{ lb steam/lbmixture} \\ = 15 \times 11 = 165 \text{ lb/jam}$$

Dimensi ejector:

Diameter pemasukan (suction) :

$$D_1 = 2 \left( Wv_1 / P_1 \right)^{0.48}$$

Dimana:

$Wv_1 =$  Kapasitas desain ejector, lb/jam

$P_1 =$  Tekanan bagian masuk, mmHg

$$D_1 = \frac{2(4,017 \times 75)^{0.48}}{30,969} \text{ in}$$

### Resume spesifikasi barometric condenser (E-212)

---

Fungsi	= Mengkondensasikan uap dari evaporator effect III
Tipe	= singel stage steam ejector
Kapasitas Desain	= 4,820 lb/jam
Diameter masuk	= 30,969 in
Jumlah	= 1 buah

---

### 11.Crystallizer (X-220)

volume bahan masuk

komponen	massa(kg/h)	kmol	xi	$\rho$ (kg/l)	$\mu$
HNO <sub>3</sub>	73,090	1,160	0,009	1,510	1,2
NaOH	46,410	1,160	0,006	2,130	15
H <sub>2</sub> O	3301,140	183,397	0,4	1	
NaNO <sub>3</sub>	4832,21		0,586	2,26	
total	8253	185,717	1		

$$\begin{aligned}\rho \text{ campuran} &= \frac{1}{\frac{x/\rho}{x/\rho + x/\rho} + \frac{x/\rho}{x/\rho + x/\rho}} \\ &= \frac{1}{0,668} = 1,498 \text{ kg/L} \\ &= 1498 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu \text{ campuran} &= \frac{1}{\frac{x/\mu}{x/\mu + x/\mu}} \\ &= \frac{1}{0,408} = 2,452 \text{ Cp} \\ &= 0,003 \text{ kg/ms}\end{aligned}$$

$$V \text{ (laju alir volumetrik)} = \frac{\text{rate massa}}{\text{densitas campuran}} = \frac{5,509 \text{ m}^3/\text{h}}{194,565 \text{ ft}^3/\text{h}}$$

Berdasarkan Hugot hal 731-732, kapasitas crystallizer dinaikkan 15-20% dari volume sebenarnya, sehingga:

$$\begin{aligned} V \text{ crystallizer} &= 194,565 \times 120\% \\ &= 233,478 \text{ ft}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Menghitung besarnya diameter crystallizer (Hugot, eq. 34.7 hal. 733)

$$P_{op} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\text{asumsi} = H/D = 1,2$$

$$V \text{ silinder} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}$$

$$D^2 = \frac{233,48 \times 4}{\pi \times 1.2D}$$

$$D^3 = 247,85 \text{ ft}$$

$$D = 6,28 \text{ ft} = 75,38 \text{ in}$$

$$H = 7,538 \text{ ft} = 90,45 \text{ in}$$

### **menentukan tebal shell**

konstruksi = Carbon steel SA 299

$$f = 18750$$

$$c = 0,13 \text{ in}$$

$$E = 0,8$$

$$ts = \frac{P_{des} \times r}{f \times E - 0,6P} + C$$

$$= \frac{14,7 \times 34,192}{18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,7} + 0,125 = 0,162 \text{ in}$$

$$= \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\begin{aligned} OD = ID + 2t &= 65,694 + 2(3/16) \\ &= 75,753 \text{ in} \end{aligned}$$

dari tabel 5.7 brownell-Young, OD yang sesuai = 72 in

Menentukan tebal dan volume head

$$th = \frac{0.855 \times p \times r}{f \times E - 0.1P} + C$$

dari tabel 5.7 brownell-young:

$$icr = 4 \frac{3}{8}$$

$$r = 72$$

$$\frac{0.855 \times}{+ 0,125}$$

$$th = 18750 \times 0.8 - 0.1 \times 14.7$$

$$= 0,185 \text{ in}$$

$$= \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$icr/OD = 0,06 \text{ in}$$

untuk rasio icr/OD sama dengan 6% maka dapat dihitung

$$V = 5E-05 D^3$$

$$= 20,986 \text{ in}$$

$$icr = 4 \frac{3}{8} \text{ in } (\text{brownell and young tabel 5.7})$$

$$t = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$r = 70 \text{ in}$$

$$sf = 2 \text{ in } (\text{brownell and young tabel 5.6})$$

$$\text{diameter} = OD + \frac{OD}{42} + 2Sf + \frac{2}{3}icr$$

$$= 80,631 \text{ in}$$

Perancangan bottom tangki

Menentukan tebal konis

$$t = \frac{p.d}{2 \cos \alpha (f.E - 0.6p)}$$

$$\begin{aligned}
 p &= 14,7 \text{ psi} \\
 d &= 75,378 \text{ in} \\
 f &= 18750 \\
 E &= 0,8 \\
 \alpha &= 60^\circ
 \end{aligned}$$

$$t = \frac{14,7 \times 65,694}{2 \cos 60(18750 \times 0,8 - 0,6 \times 14,7)} = 0,074 \text{ in} = \frac{2}{16} \text{ in}$$

Perhitungan sistem pengaduk

Jenis pengaduk yang dipakai adalah propeller

$$\begin{aligned}
 \frac{Da}{Dt} &= \frac{1}{3} & L &= \frac{1}{4} & \frac{J}{Dt} &= \frac{1}{12} \\
 \frac{W}{Da} &= \frac{1}{5} & H &= 1
 \end{aligned}$$

Dimana :

$Da$  = diameter pengaduk

$Dt$  = diameter tangki

$W$  = lebar pengaduk

$H$  = tinggi larutan

$L$  = tinggi pengaduk

$C$  = tinggi pengaduk dari dasar tangki

$J$  = lebar baffle

$$Da = \frac{1}{3} \times Dt = \frac{1}{3} \times 6,282 = 2,0938 \text{ ft} = 0,6382 \text{ m}$$

$$W = \frac{1}{5} \times Da = \frac{1}{5} \times 2,0938 = 0,4188 \text{ ft} = 5,0252 \text{ in}$$

$$H = Dt = 6,282 \text{ ft} = 75,378 \text{ in}$$

$$L = \frac{1}{4} \times Da = \frac{1}{4} \times 2,0938 = 0,5235 \text{ ft} = 6,2815 \text{ in}$$

$$J = \frac{1}{12} x D_t = \frac{1}{12} x 6,2815 = 0,5235 \text{ ft}$$

$$= 6,2815 \text{ in}$$

Kebutuhan power pengaduk

$$N^2 = \frac{WELH}{2 \cdot Da} \left( \frac{600}{\pi \cdot Da} \right)^2$$

WELH = water equivalen liquid height  
 = tinggi cairan x specific gravity  
 = 13,62 ft

$$N^2 = \frac{13,618}{2 \times 2,094} \left( \frac{600}{\pi \cdot 2,855} \right)^2$$

$$= 640,2 \text{ rpm}$$

$$N = 25,3 \text{ rpm} = 0,4217 \text{ rps}$$

Bilangan reynold untuk pegadukan

$$Nre = \frac{Da^2 N \rho}{\mu} = \frac{0,6382^2 \times 0,422 \times 1498}{0,003}$$

$$= 73936$$

$$P = Np \cdot N^3 \cdot Da^5 \cdot \rho = 358,5 \text{ kg m/s}$$

$$= 5,728 \text{ hp}$$

Effisiensi motor 80%

Tenaga motor untuk pengaduk = 7,160 hp

---

### Resume Spesifikasi Crystallizer (X-220)

Kode Alat	=	X-220
Fungsi	=	Mereaksikan NaOH dengan HNO <sub>3</sub>
Bahan	=	Carbon Steel SA 299
Kapasitas	=	233,478 ft <sup>3</sup> /h
Diameter	=	6,282 ft
Tinggi	=	7,538 ft
Tebal tutup bawah	=	3/16 in
Tebal tutup atas	=	3/16 in
Kecepatan Putar	=	25,303 rpm
Daya motor	=	7,160 hp

---

### 12. Centrifuge (G-230)

komponen	Massa	xi	sg	fraksi sg
HNO <sub>3</sub>	76,75	0,009	1,502	0,013
NaOH	48,730	0,006	2,130	0,012
H <sub>2</sub> O	3466,200	0,400	1	0,400
NaNO <sub>3</sub>	18,31	0,002	2,168	0,005
kristal NaNO <sub>3</sub>	5055,520	0,5834	2,168	1,265
total	8665,510	1		1,6947

densitas campuran:  $\Sigma$  (fraksi berat x s.g) x pair pada 90°C

$$= 1689,604 \text{ kg/m}^3$$

$$= 105,479 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} V (\text{laju alir volumetrik}) &= \frac{\text{rate massa}}{\text{densitas campuran}} = 5,129 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 1354,865 \text{ gal/h} \\ &= 22,581 \text{ gal/min} \end{aligned}$$

Pada Perry edisi 7 tabel 18-12 halaman 18-112, dengan laju alir 5-50 gal/min menggunakan disk centrifuge. Sehingga didapatkan:

diameter = 13 in  
kecepatan putar = 7500 rpm  
gaya sentrifugal maks = 10400  
daya = 6 hp

#### Resume spesifikasi centrifuge (H-216)

Fungsi	Untuk memisahkan kristal NaNO <sub>3</sub> dengan larutannya
Tipe	Disk bowl
Bahan konstruksi	Stainless steel tipe 304 grade c
Kapasitas	8665,510 kg/jam
Diameter	13,000 in
Kecepatan putar	7500 rpm
Daya	6 hp
Gaya centrifugal maks	10400
Jumlah	1 buah

## **BIODATA PENULIS**

### **PENULIS I**



Sholikhatu Ina Imama, penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 15 Januari 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Bustanul Alfa 2003, lulus dari SDN Bedahan pada tahun 2009, lulus dari SMP Negeri 1 Babat pada tahun 2012 dan lulus dari SMA Negeri 1 Babat pada tahun 2015. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS dengan Nomor Registrasi 10411500000062. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Departemen komunikasi dan Informasi Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS (2016-2018), staff Madia Kreatif di Lembaga Dakwah Kampus (JMMI)- ITS (2015-2016). Staff Publikasi dan Informasi di Badan Kooordinasi Kegiatan Mahasiswa Teknik Kimia Indonesia (BKKMTKI) (2017-2018). Dan mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) dan luar ITS. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG. Pesantren Baru, Kediri.

Email : Sholikhatuimana@gmail.com

## **PENULIS II**



Faiza Amalia Firdaus, penulis dilahirkan di Lamongan pada tanggal 11 April 1999. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Aisyiyah Bustanul Athfal Waru pada tahun 2005, lulus dari SD Muhammadiyah 1 Waru pada tahun 2011, lulus dari MTs Amanatul Ummah Surabaya pada tahun 2013 dan lulus dari MAN Lamongan pada tahun 2015. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS dengan Nomor Registrasi 10411500000078. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Departemen Kewirausahaan Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS (2017-2018), staff Syiar di Lembaga Dakwah Kampus (JMMI)- ITS (2015-2016). Staff Dana dan Usaha di Badan Koordinasi Kegiatan Mahasiswa Teknik Kimia Indonesia (BKKMTKI) (2017-2018). Dan mengikuti beberapa pelatihan, seminar, dan kepanitiaan yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) dan luar ITS. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG. Pesantren Baru, Kediri.

Email : faizaamalia77@gmail.com