



***SHORT TUBE VERTICAL EVAPORATOR DESIGN***  
**PADA PRARANCANG PABRIK NATRIUM NITRAT**  
**DENGAN PROSES SINTESIS**  
**KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

**Skripsi**

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar**

**Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia**

**Oleh**

**Siti Fatimah**

**NIM. 5213415002**

**TEKNIK KIMIA**  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
**2019**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Siti Fatimah  
NIM : 5213415002  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : *Short Tube Vertical Evaporator Design* Pada Prarancang Pabrik Natrium Nitrat dengan Proses Sintesis Kapasitas 40.000 Ton/Tahun.

Skripsi ini telah disetujui untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi program studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 02 Agustus 2019

Pembimbing



Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc.

NIP. 198711112015041003

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "*Short Tube Vertical Evaporator Design* Pada Prarancang Pabrik Natrium Nitrat dengan Proses Sintesis Kapasitas 40.000 ton/tahun" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 12 Agustus 2019.

Oleh:

Nama : Siti Fatimah  
NIM : 5213415002  
Program Studi : Teknik Kimia

Panitia

Ketua

Sekretaris



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.  
NIP. 197405191999032001



Dr. Megawati, S.T., M.T.  
NIP. 197211062006042001

Penguji 2

Penguji I

Pembimbing



Bayu Triwibowo, S.T., M.T.  
NIP. 198811222014041001



Dr. Megawati, S.T., M.T.  
NIP. 197211062006042001



Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc.  
NIP. 198711112015041003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister dan/atau doctor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pegarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik ataupun sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 02 Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



Siti Fatimah

NIM. 5213415002

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

*Hal sederhana yang bisa kita lakukan adalah jujur.*

*Menjadi jujur tidak akan merugikanmu*

### **PERSEMBAHAN**

1. Tuhan Yang Maha Esa.
2. Perkembangan ilmu dan pengetahuan teknologi Bangsa dan Negara Indonesia.
3. Bapak, Ibu, Kakak, Adik dan seluruh keluarga tercinta.
4. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang Angkatan 2015.
6. Almameter Universitas Negeri Semarang.

## SARI

**Fatimah, Siti.** 2019. “*Short Tube Vertical Evaporator Design* Pada Prarancang Pabrik Natrium Nitrat dengan Proses Sintesis Kapasitas 40.000 ton/tahun”. Skripsi. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.  
Pembimbing Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc.

Perkembangan teknologi pada dunia industri semakin cepat. Industri kimia merupakan salah satu industri yang mempunyai peluang besar di masa depan. Perkembangan industri ini berdampak pada kebutuhan pabrik produksi bahan kimia semakin meningkat, baik sebagai bahan baku ataupun bahan penunjang produksi. Akan tetapi, tingginya kebutuhan tidak sebanding dengan ketersediaan bahan baku di Indonesia. Sehingga, untuk tetap melakukan proses produksi banyak industri yang melakukan impor bahan baku. Salah satunya adalah natrium nitrat yang memiliki rumus molekul  $\text{NaNO}_3$ . Natrium nitrat banyak digunakan pada industri pembuatan pupuk ataupun dinamit. Proses pembuatan natrium nitrat dapat dilakukan dengan sintesis dari natrium hidroksida dan asam nitrat. Tingginya kebutuhan dunia akan natrium nitrat menjadi peluang besar untuk mendirikan pabrik natrium nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun. Pada proses ini diperlukan beberapa alat utama antara lain reaktor, evaporator, kristaliser dan *rotary dryer*. Evaporator merupakan alat yang penting pada pembuatan natrium nitrat yang digunakan untuk memekatkan larutan sebelum diproses kristalisasi. Evaporator pada pabrik ini menggunakan jenis *multiple effect short tube evaporator* dengan jumlah tube Evaporator 1 (FE-01) adalah 76 buah dan Evaporator 2 (FE-02) adalah 68 buah.

Kata kunci : Industri, Natrium Nitrat, Evaporator.

## PRAKATA

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi dengan judul “*Short Tube Vertical Evaporator Design* Pada Prarancang Pabrik Natrium Nitrat dengan Proses Sintesis Kapasitas 40.000 ton/tahun”.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
3. Dhoni Hartanto, S.T., M.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan arahan yang membangun dalam penyusunan Skripsi.
4. Dr. Megawati, S.T., M.T., dan Bayu Triwibowo, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi.
5. Kedua Orang tua (Alm. Ibu dan Bapak) serta adik-adikku atas dukungan doa, materi, dan semangat yang senantiasa diberikan tanpa kenal lelah.
6. Keluarga Besar Bapak dan Ibu yang selalu memberi dukungan dan doa.
7. Sahabat-sahabat Teknik Kimia Angkatan 2015 serta semua pihak yang telah memberikan semangat dan dukungan sehingga kami dapat menyelesaikan Skripsi.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu dan pengetahuan di masyarakat.

Semarang, 02 Agustus 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
SARI .....	vi
PRAKATA .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	3
1.4 Rumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Natrium Nitrat .....	6
2.2 Proses Pembuatan Natrium Nitrat Natrium Nitrat .....	8
2.3 Kebutuhan Natrium Nitrat di Indonesia.....	10
2.4 Evaporasi .....	10
2.5 Evaporator .....	12
2.6 Klasifikasi Evaporator .....	13
BAB III METODE PENELITIAN .....	20
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	20
3.2 Alat dan Bahan .....	20



3.3	Prosedur Kerja .....	20
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		22
4.1	Pemilihan Proses Pembuatan Natrium Nitrat .....	22
4.2	Kapasitas Produksi Natrium Nitrat .....	25
4.2.1	Kebutuhan Natrium Nitrat .....	25
4.2.2	Kebutuhan Natrium Nitrat di Dunia .....	27
4.3	Hasil Perancangan Evaporator Jensi <i>Short Tube Vertical Evaporator</i> .....	29
4.3.1	Perancangan Evaporator 01 (FE-01) .....	30
4.3.2	Perancangan Evaporator 02 (FE-02) .....	45
4.3.3	Perancangan <i>Barometric Condensers</i> (E-03) .....	59
4.3.4	Perancangan Jet Ejector.....	66
4.3.5	Perancangan <i>Hot Well</i> .....	67
BAB V PENUTUP .....		69
5.1	Kesimpulan .....	69
5.2	Saran .....	69
DAFTAR PUSTAKA .....		70
LAMPIRAN .....		72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Natrium Nitrat .....	6
Tabel 2.2 Kegunaan Natrium Nitrat sebagai Bahan Intermediet .....	7
Tabel 2.3 Data Kebutuhan Natrium Nitrat di Indonesia Berdasarkan Nilai Impor .....	10
Tabel 4.1 Perbandingan Proses Pembuatan Natrium Nitrat .....	22
Tabel 4.2 Kelebihan dan Kelemahan Proses Pembuatan Natrium Nitrat .....	23
Tabel 4.3 Kekurangan dan Kelebihan Pemilihan Bahan Baku Pada Proses Sintesis .....	23
Tabel 4.4 Kebutuhan Natrium Nitrat di Kawasan Asia Berdasarkan Impor .....	27
Tabel 4.5 Spesifikasi <i>Shell and Tube</i> pada Evaporator 1 (FE-01) .....	33
Tabel 4.6 Spesifikasi <i>Shell and Tube</i> pada Evaporator 2 (FE-02) .....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Horizontal Tube Vertical Evaporator</i> .....	14
Gambar 2.2 <i>Short Tube Vertical Evaporator</i> .....	15
Gambar 2.3 <i>LongTube Vertical Evaporator</i> .....	16
Gambar 2.4 <i>Forced Circulation Tubular Evaporator</i> .....	17
Gambar 2.5 <i>Falling Film Evaporator</i> .....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	21
Gambar 4.1 Grafik Data Kebutuhan Natrium Nitrat di Indonesia Berdasarkan Impor Tahun 2010-2017 .....	26
Gambar 4.2 Arus Neraca Panas Evaporator .....	30
Gambar 4.3 Bagian <i>Head</i> Evaporator .....	44

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan ekonomi dunia tercatat 3,7% lebih tinggi dari rata-rata periode pasca *Global Financial Crisis* (GFC) yang hanya sebesar 3,4% (Rasyid, 2018). Hal ini erat kaitannya dengan perkembangan teknologi pada industri mempunyai dampak yang cukup besar untuk kemajuan ekonomi suatu negara. Pemerintah berperan sebagai motor penggerak yang bertugas untuk mengarahkan perekonomian nasional agar berkembang lebih cepat. Keterlibatan industri nasional dalam rantai pasok global berpotensi pada kerentanan terhadap gejolak perekonomian dunia. Sehingga, kemandirian dan ketahanan industri nasional menjadi sangat penting di masa depan (Peraturan Pemerintah No. 14 Tahun 2015). Prospek pertumbuhan ekonomi yang membaik ditopang oleh peran permintaan domestik yang meningkat sebagai sumber pertumbuhan (Bank Indonesia, 2017).

Sektor industri yang berpeluang besar untuk dikembangkan adalah industri kimia. Perkembangan industri ini berdampak pada kebutuhan pabrik produksi bahan kimia semakin meningkat, baik sebagai bahan baku ataupun bahan penunjang produksi. Salah satu upaya untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah melalui pengembangan industri kimia nasional yang mampu memberikan nilai tambah yang optimal disamping untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat dan selama ini masih tergantung dari impor

beberapa negara di dunia (Kementrian Perindustrian, 2019).

Natrium nitrat ( $\text{NaNO}_3$ ) merupakan bahan kimia intermediet yang banyak digunakan pada industri pupuk dan beberapa industrial proses. Selain itu, natrium nitrat dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dinamit, bahan pembuat kaca, bahan pada pembuatan porselen dan juga digunakan pada industri cat. Selama ini kebutuhan akan natrium nitrat dipenuhi dengan cara impor. Kebutuhan natrium nitrat di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri yang semakin pesat. Kebutuhan natrium nitrat dalam kurun waktu 2010-2017 mengalami kenaikan dari 6.209 ton/tahun menjadi 11.043 ton/tahun pada tahun 2017 (Badan Pusat Statistik, 2018).

Proses pembuatan natrium nitrat yang banyak digunakan pada industri saat adalah proses sintesis. Natrium nitrat sintesis diproduksi dengan merekasikan asam nitrat dan *caustic soda ataupun soda ash*. Reaksi berlangsung pada tekanan 1 atm dan menggunakan reaktor tipe RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk). Kadar  $\text{NaNO}_3$  yang dihasilkan dengan menggunakan proses sintesis lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan proses Shank dan Guggenheim yaitu 90-99% (Krik *et al.*, 1995).

Pembuatan natrium nitrat dengan menggunakan proses sintesis membutuhkan beberapa alat utama seperti reaktor, evaporator, kristaliser, *centrifuge*, *rotary dryer* dan *cyclone*. Evaporator merupakan salah satu alat penting yang digunakan pada pembuatan natrium nitrat. Alat ini digunakan untuk memekatkan larutan keluaran reaktor sebelum masuk di kristaliser. Berdasarkan uraian masalah di atas, pada penelitian ini menentukan jenis

proses yang digunakan pada pembuatan natrium nitrat, kapasitas produksi natrium nitrat dan perancangan alat evaporator yang digunakan untuk memekatkan larutan.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang diuraikan di atas maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

- 1.2.1 Natrium nitrat merupakan salah satu bahan baku yang banyak dibutuhkan oleh industri kimia, akan tetapi Indonesia belum terdapat pabrik yang memproduksi bahan tersebut. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri masih dilakukan impor.
- 1.2.2 Natrium nitrat dapat dibuat melalui beberapa proses. Salah satu proses yang masih digunakan sampai saat ini adalah proses sintesis. Proses ini dilakukan dengan netralisasi antara asam nitrat dengan soda ash atau *caustic soda*.
- 1.2.3 Evaporator merupakan alat yang penting untuk pembuatan natrium nitrat yang berfungsi untuk memekatkan larutan sebelum dilakukan kristalisasi.

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah sehingga permasalahan tidak meluas dan dapat dibahas secara mendalam pada penelitian ini, meliputi:

- 1.3.1 Data kebutuhan natrium nitrat yang digunakan pada penentuan kapasitas adalah maksimal data sepuluh tahun yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik dan *UN Data a World of Information*.

- 1.3.2 Natrium nitrat adalah produk yang dihasilkan dari hasil proses sintesis.
- 1.3.3 Evaporator merupakan alat yang digunakan untuk memekatkan larutan dan mengurangi kadar air dalam larutan.
- 1.3.4 *Short tube vertical evaporator* adalah jenis evaporator yang akan digunakan pada penelitian ini.

#### **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut:

- 1.4.1 Bagaimana pemilihan proses pembuatan natrium nitrat dengan proses sintesis?
- 1.4.2 Bagaimana menentukan kapasitas produksi natrium nitrat pada prarancang pabrik natrium nitrat?
- 1.4.3 Bagaimana hasil perancangan evaporator jenis *short tube vertical* evaporator?

#### **1.5 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1.5.1 Mengetahui proses sintesis yang dipilih pada pembuatan natrium nitrat.
- 1.5.2 Mengetahui kapasitas produksi natrium nitrat pada prarancang pabrik natrium nitrat.
- 1.5.3 Mengetahui hasil perancangan evaporator jenis *short tube vertical* evaporator.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk:

### 1.6.1 Lingkungan dan masyarakat

Memberi kontribusi dan wawasan dibidang perancangan alat evaporator pada industri kimia.

### 1.6.2 IPTEK

Memberikan informasi bahwa evaporator jenis *short tube vertical* merupakan jenis evaporator yang umumnya digunakan pada industri garam.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Natrium Nitrat

Natrium nitrat adalah senyawa kimia yang memiliki rumus molekul  $\text{NaNO}_3$  dan termasuk bahan kimia *inorganic*. Senyawa ini berupa kristal bening, tidak berwarna dan berbau. Natrium nitrat dapat dimurnikan dari garam alami dimana kandungan garam alami tersebut meliputi *Natrium Chloride* ( $\text{NaCl}$ ), *Natrium Sulfate* ( $\text{NaSO}_3$ ), *Potassium Chloride* ( $\text{KCl}$ ), *Potassium Nitrate* ( $\text{KNO}_3$ ), *Magnesium Chloride* ( $\text{MgCl}$ ), dan garam lainnya dan banyak ditemukan di Chile, Amerika Selatan (Krik *et al.*, 1995).

Tabel 2.1 Sifat Fisik Natrium Nitrat

Parameter	Sifat Fisik
Wujud	Padat atau serbuk padat
Warna	Putih
Berat molekul	84,99 g/mol
Titik didih	380°C
Titik lebur	308°C
Densitas	2,257 g/mL
Viskositas	2,85 cp pada 317°C

Sumber : Patnaik, 2003

Selain sifat fisik pada Tabel 2.1, natrium nitrat memiliki sifat kimia antara lain mudah larut dalam air, gliserol, dan alkohol. Apabila terkena asam dan reduktor natrium nitrat bersifat reaktif. Natrium nitrat memiliki peranan penting pada industri kimia, pembuatan cat, plastik, pelapis dan banyak digunakan pada bidang perawatan dan kesehatan (Future Markets Insight, 2018) . Pada pertengahan tahun 1990, natrium nitrat mulai digunakan sebagai

bahan pembuatan pupuk dan bahan peledak (Krik *et al.*, 1995).

Tabel 2.2 Kegunaan Natrium Nitrat sebagai Bahan Intermediet

No	Kegunaan Produk	Keterangan
1.	Pembuatan pupuk yang mengandung senyawa nitrogen (NPK)	Pada proses pembuatan pupuk NPK, natrium nitrat merupakan bahan baku yang menyediakan sumber unsur nitrogen pada pupuk, yang umumnya kurang dalam kandungan tanah. Kandungan nitrogen pada nitrat ( $\text{NO}_3$ ) berbeda dengan nitrogen pada ammonium ( $\text{NH}_4$ ), nitrogen pada nitrat bereaksi lebih cepat dan memiliki efek penetral pada tanah, tidak menguap ke udara dalam bentuk ammonia, serta tidak mengganggu penyerapan <i>potassium</i> , magnesium, dan kalsium oleh tanaman.
2.	Salah satu bahan pada industri kaca	Digunakan pada industri pembuatan kaca dengan kualitas tinggi dan menengah seperti <i>artistic glass</i> , televisi, layar komputer, dan <i>fiberglass</i> . Rata-rata penambahan natrium nitrat pada industri kaca kurang lebih mencapai 2 wt% dari total bahan baku.
3.	Bahan baku pada industri pembuatan dinamit	<i>Slurry</i> dan emulsi natrium nitrat, dapat meningkatkan stabilitas dan selektifitas serta keseimbangan energi karena natrium nitrat dapat menggantikan air sehingga lebih banyak bahan bakar yang dapat ditambahkan ke formulasi. Natrium nitrat mampu mengurangi ukuran <i>slurry</i> sehingga dapat meningkatkan kecepatan detonasi. Dalam dinamit, natrium nitrat dapat digunakan sebagai <i>modifier</i> energi. Kandungan natrium nitrat dalam dinamit mencapai 20-50 % berat dinamit, 5-30% berat <i>slurry</i> , dan 5-15% berat emulsi. Natrium nitrat juga dapat digunakan pada industri penambangan batu bara.
4.	Bahan pada produksi batu arang	Penggunaan natrium nitrat pada pembuatan batu arang, bergantung pada tipe dan jumlah kayu dan arang yang digunakan. Jumlah natrium nitrat pada produksi batu arang hampir 3% berat.
5.	Bahan pada pembuatan enamel atau porselen	Pada industri porselen, natrium nitrat digunakan untuk pelapisan metal. Jumlah natrium nitrat

No	Kegunaan Produk	Keterangan
		yang digunakan kurang lebih 3,8-7,8% berat enamel.
6.	Digunakan untuk formulasi dalam proses perpindahan panas pada campuran metal, dan digunakan dalam industri petrokimia	Campuran natrium nitrat dan <i>potassium nitrate</i> digunakan untuk menyerap energi solar dan merubahnya dalam energi listrik. Potensi natrium nitrat pada bidang energi bergantung pada perkembangan proses secara umum.
7.	Pengawet daging olahan tertentu	Natrium nitrat semakin banyak digunakan sebagai pengawet daging olahan tertentu seperti, daging bacon dan dendeng.

Sumber : Krik *et al.*, 1995

## 2.2 Proses Pembuatan Natrium Nitrat

Natrium nitrat dapat dibuat dengan beberapa proses yaitu:

### 2.2.1 Proses Shank

Bahan baku pada proses Shank adalah garam hasil pertambangan yang mengandung  $\text{NaNO}_3$ . Garam hasil penambangan atau garam alami banyak di temukan di Chile. Tahapan proses pembuatan natrium nitrat dimulai dari *loading, leaching, washing, dan unloading* (Krik, *et al.*, 1995). Prinsip utama proses shank adalah pemurnian garam hasil penambangan dimana zat-zat selain  $\text{NaNO}_3$  dikurangi kadar pengotornya sehingga  $\text{NaNO}_3$  yang dihasilkan memiliki kadar 65-80% (Booth., 2000).

### 2.2.2 Proses Guggenheim

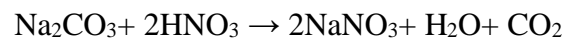
Proses Guggenheim merupakan penyempurnaan dari proses sebelumnya yaitu shank. Penyempurnaan dilakukan dengan penambahan beberapa alat melalui proses *crushing, leaching, filtering, cristalising, dan grainning*.

Dari hasil pembaruan proses ini, kadar  $\text{NaNO}_3$  yang dihasilkan mencapai 90% (Booth., 2000).

### 2.2.3 Sintesis

Natrium nitrat sistesis dapat diproduksi dengan proses netralisasi asam nitrat menggunakan soda abu atau soda api. Proses sintesis dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

- a. Reaksi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan  $\text{HNO}_3$



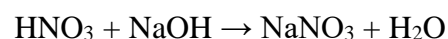
Reaksi ini berlangsung pada suhu 305-350°C dan *yield* yang dihasilkan sebesar 97-98% (Kirk *et al.*, 1995).

- b. Mereaksikan  $\text{NaCl}$  dengan  $\text{HNO}_3$



Reaksi ini berlangsung pada suhu 60°C dengan menghasilkan *yield* sebesar 90-99% (Kirk *et al.*, 1995).

- c. Mereaksikan *caustic soda* ( $\text{NaOH}$ ) dengan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ )



Reaksi ini berlangsung pada suhu 80°C dengan *yield* sebesar 90-99% (Kirk *et al.*, 1995).

Kadar  $\text{NaNO}_3$  yang dihasilkan lebih tinggi daripada proses Shank dan Guggenheim, hal ini dikarenakan pada proses sintesis menggunakan evaporator untuk mengurangi kadar air dan dilanjutkan proses kristalisasi, kemudian dilakukan pemisahan lanjutan sehingga didapatkan natrium nitrat dengan kemurnian yang tinggi.

### 2.3 Kebutuhan Natrium Nitrat di Indonesia

Kebutuhan natrium nitrat diperkirakan akan meningkat setiap tahun. Hal ini selaras dengan pertumbuhan industri kimia yang semakin pesat, akan tetapi tidak diimbangi dengan ketersediaan bahan baku. Kebutuhan natrium nitrat di Indonesia selama delapan tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Data Kebutuhan Natrium Nitrat di Indonesia Berdasarkan Nilai Impor

No	Tahun ke-n	Kapasitas (ton)
1	1 (2010)	6.209,147
2	2 (2011)	7.161,591
3	3 (2012)	7.986,723
4	4 (2013)	7.460,585
5	5 (2014)	8.081,978
6	6 (2015)	8.521,005
7	7 (2016)	8.425,686
8	8 (2017)	11.043,11

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2018

Berdasarkan Tabel 2.3 di atas, diketahui bahwa data natrium natrium nitrat di Indonesia selama 7 tahun terakhir cukup banyak. Impor natrium nitrat tertinggi terjadi pada tahun 2017 yaitu 11.043,11 ton, sedangkan terendah terjadi pada tahun 2010 yaitu sekitar 6.209,147 ton. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan natrium nitrat di Indonesia cenderung mengalami peningkatan setiap tahun.

### 2.4 Evaporasi

Evaporasi merupakan proses pemekatan dari suatu larutan yang dilakukan dengan mengubah zat pelarutnya menjadi uap (Daryoko., 2007). Tujuan evaporasi adalah untuk meningkatkan konsentrasi suatu zat dalam larutan tertentu (Soetedjo dan Suharto 2009). Evaporasi terjadi ketika larutan diberikan energi pemanas sehingga terjadi perubahan suhu yang merupakan daya dorong

dalam proses evaporasi (Muflihat., 2018). Pada evaporasi sisa penguapan adalah zat cair yang memiliki viskositas tinggi dan bukan zat padat (Setyawan *et al.*, 2017). Proses evaporasi dipengaruhi beberapa faktor yaitu (Geankoplis, 1993):

a. Konsentrasi zat terlarut

Larutan yang masuk ke evaporator relatif dilute, memiliki viskositas rendah dan memiliki koefisien perpindahan panas yang tinggi. Setelah melewati proses evaporasi larutan memiliki konsentrasi tinggi dan viskositasnya meningkat. Hal ini berakibat pada koefisien perpindahan panas keluar evaporator mengalami penurunan.

b. Kelarutan

Apabila larutan dipanaskan dan konsentrasi zat terlarut meningkat, batas kelarutan suatu zat akan tercapai sebelum terbentuk kristal. Kondisi ini merupakan batas maksimum konsentrasi zat terlarut dalam larutan yang bisa dicapai melalui proses evaporasi.

c. *Foaming*

Merupakan larutnya fasa gas ke dalam fasa padat atau cair yang ditandai timbulnya buih atau busa pada cairan.

d. Tekanan dan Temperatur

Titik didih suatu larutan berbanding lurus dengan tekanan pada sistem. Apabila tekanan operasi pada evaporator tinggi, maka titik didih larutan semakin tinggi.

e. Sensitivitas suhu dari suatu zat

Produk pangan atau produk biologi lainnya sangat sensitive terhadap suhu dan mudah terdegradasi pada suhu tinggi.

Evaporasi banyak digunakan pada industri seperti industri kimia ataupun industri makanan. Proses evaporasi pada prarancang pabrik natrium nitrat dilakukan untuk memperoleh larutan pekat sebelum masuk kristaliser. Proses pemekatan ini dilakukan dengan mengurangi kadar air dan asam nitrat yang ada pada larutan. Sehingga, kristal natrium nitrat yang dihasilkan memiliki kemurnian yang lebih tinggi.

## 2.5 Evaporator

Evaporator adalah alat yang berfungsi untuk memisahkan dua fasa antara liquid gas dan liquid cair dengan menggunakan media pemanas. Pemisahan dilakukan dengan memanaskan pada suhu tertentu sampai salah satu komponen menguap (Faputri., 2016). Prinsip kerja evaporator didasarkan pada perbedaan titik didih yang sangat besar antara zat terlarut dengan pelarutnya. Titik didih larutan bergantung pada tekanan dan kadar zat. Pada tekanan yang sama, semakin tinggi kadar zat pada larutan maka titik didih larutannya tinggi. Perbedaan antara titik didih larutan dengan titik didih pelarut murni disebut kenaikan titik didih (*Boiling Point Rise (BPR)*). Evaporator memiliki dua sistem operasi:

a. Evaporator Efek Tunggal

Pada evaporator tunggal atau *single effect*, evaporator yang digunakan hanya terdapat satu buah ruang penguapan dan panas diberikan oleh satu

luas permukaan perpindahan panas (Muflihat., 2018). Evaporator ini digunakan pada operasi dengan kebutuhan kapasitas yang relatif rendah dan harga *steam* yang digunakan tidak terlalu mahal (Geankoplis., 1993).

b. Evaporator Efek Majemuk (*Multiple-Effect* Evaporator)

Jenis operasi yang digunakan pada *multiple-effect* evaporator menggunakan lebih dari satu ruang penguapan. *Steam* yang digunakan pada proses sebelumnya akan digunakan kembali oleh proses selanjutnya (Soetedjo dan Suharto 2009). Keuntungan dari sistem ini adalah biaya investasi lebih tinggi dan dapat menghemat panas secara keseluruhan sehingga dapat mengurangi biaya produksi. Apabila menggunakan efek majemuk tekanan pada evaporator 1  $(P-1) > (P-2) > (P-3)$  dan seterusnya. Suhu evaporator setiap efek berbanding lurus dengan tekanan pada evaporator. Pada efek terakhir, *vapor line* dihubungkan dengan sistem vakum yang berupa kondensor dengan pompa vakum atau jet ejector.

## 2.6 Klasifikasi Evaporator

Pada proses evaporasi, panas ditambahkan ke dalam larutan untuk menguapkan pelarutnya (Geankoplis., 1993). Berikut adalah tipe evaporator secara umum :

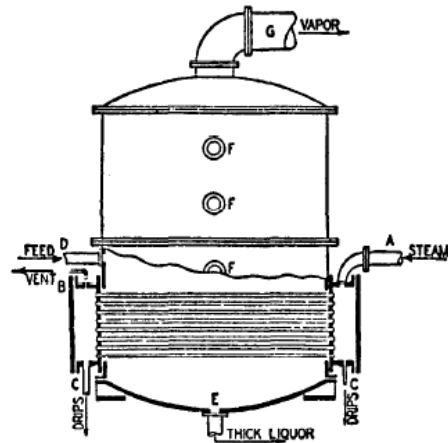
a. Panci Ketel Terbuka

Evaporator jenis ini adalah jenis paling sederhana yang terdiri dari bejana terbuka yang terbuat dari besi dimana larutan akan dididihkan. Panas diperoleh dari *steam* yang ada pada jaket atau koil pemanas. Evaporator



jenis ini murah dan mudah dioperasikan tetapi efisiensi panas yang dihasilkan rendah (Geankoplis., 1993).

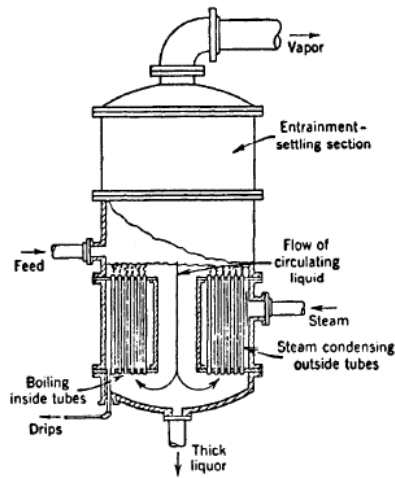
b. *Horizontal Tube Evaporator*



Gambar 2.1 *Horizontal Tube Evaporator* (Minton., 1986)

*Horizontal Tube Evaporator* ini merupakan tipe evaporator tertua yang digunakan pada evaporator kimia (Glover., 2004). Pada evaporator ini media pemanas masuk ke dalam *tube* dan terjadi kondensasi. *Steam* meninggalkan *tube* dan menuju ujung *tube* lainnya (Geankoplis., 1993). *Tube* memiliki ukuran diameter 7/8 in – 1,5 in dan panjang tubenya 4-16 ft. Luas area maksimum 5.000 sq.ft. Keuntungan jenis evaporator ini tidak membutuhkan banyak ruang (Glover., 2004), biaya operasi rendah, dan memiliki perpindahan panas yang baik. Sedangkan kerugian *horizontal tube evaporator* adalah penggunaan pada industri garam dan aplikasi secara umum terbatas, selain itu harga *bent-tube* relatif tinggi (Minton., 1986).

c. *Short Tube Vertical Evaporator*

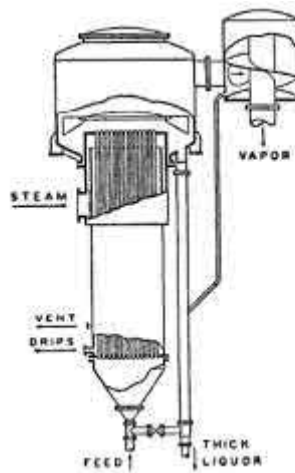


Gambar 2.2 *Short Tube Vertical Evaporator* (Minton., 1986)

*Short Tube* atau biasa disebut Calandria merupakan jenis evaporator yang banyak digunakan. Pada evaporator tipe ini larutan masuk ke dalam *tube* dan *steam* berada di luar *tube* (Glover., 2004). Larutan mendidih dan densitas larutan berkurang, sedangkan cairan naik pada *tube* dan terjadi proses sirkulasi secara alami. Kemudian mengalir ke bawah melalui downcomer (Geankoplis., 1993). Kerak dan endapan terbentuk di dalam pipa, sehingga lebih mudah untuk dibersihkan. Daerah aliran pada downcomer umumnya seperti daerah aliran tubular. Panjang tube evaporator 4-10 ft dan diameter 2-3 in. *Tube* ini terletak di dalam *cylindrical shell* (Minton., 1986). Evaporator jenis ini banyak digunakan pada industri gula, garam, dan *caustic soda* (Geankoplis., 1993). Keuntungan penggunaan evaporator ini adalah koefisien perpindahan panas cukup tinggi dan harga alat relatif murah (Glover., 2004).

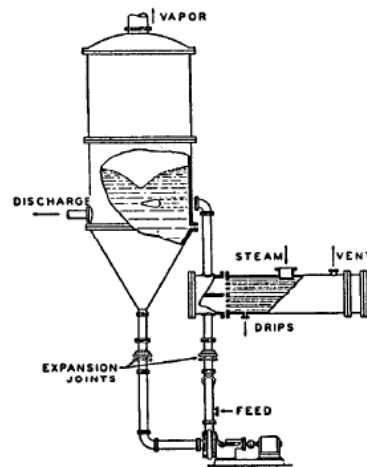
d. *Long Tube Vertical Evaporator*

Pada evaporator jenis ini umpan masuk dari bawah, dan *steam* berada pada *shell*. Koefisien perpindahan panas pada *steam* sangat tinggi dibandingkan dengan cairan yang diuapkan (Geankoplis., 1993). Umpan masuk dari bawah dan pemanasan larutan menyebabkan terbentuknya gelembung yang semakin ke atas semakin banyak. Sehingga bagian atas aliran larutan akan membentuk lapisan tipis yang mengalir ke atas secara alami bersama *steam* dan selanjutnya membentur sekat pemisah uap. Akibatnya, larutan uap terpisah dan uap mengalir ke atas, sedangkan konsentrat terkumpul di bawah menuju pipa keluaran dan menjadi produk (Soetedjo dan Suharto 2009). Panjang *tube* evaporator adalah 12-30 ft dan diameter 1-2 in (Minton., 1986). Evaporator jenis ini biasanya digunakan pada produksi susu (Geankoplis., 1993).



Gambar 2.3 *Long Tube Vertical Evaporator* (Minton., 1986)

e. *Forced Circulation Tubular Evaporator*



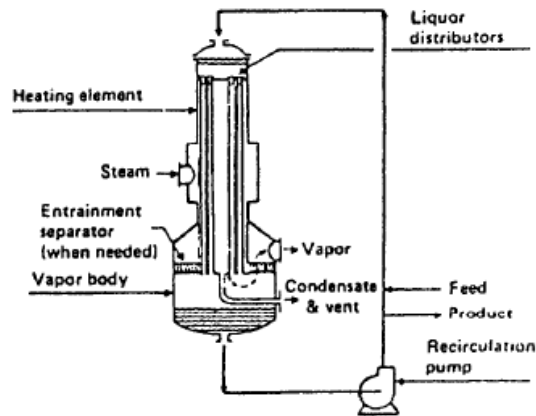
Gambar 2.4 *Forced Circulation Tubular Evaporator* (Minton., 1986)

Pada perncangan evaporator tubular, perlu dilakukan niali resirkulasi mekanik. Penambahan pompa dan sistem control akan menambah biaya pemasangan, operasi, dan pemeliharaan, Akan tetapi dapat diminimalisir dengan meningkatkan transfer panas yang cukup untuk memungkinkan ukuran evaporator berkurang, sehingga total biaya yang dikeluarkan rendah (Glover., 2004). Koefisien perpindahan panas dapat ditingkatkan dengan memompa untuk mendorong sirkulasi gaya cairan di dalam *tube*. Evaporator tipe ini digunakan untuk cairan yang memiliki viskositas tinggi (Geankoplis., 1993). Kecepatan aliran pada *tube* biasanya sekitar 5-15 ft/s (Minton., 1986).

f. *Falling Film Evaporator*

*Falling Film Evaporator* merupakan jenis evaporator *long-tube* dimana dimasukkan ke bagian atas *tube* dan mengalir ke dinding sebagai film tipis.

Pemisahan antara uap dan cairan terjadi pada bagian bawah (Geankoplis., 1993).



Gambar 2.5 *Falling Film Evaporator* (Minton., 1986)

Luas permukaan pemanas jauh lebih besar dibandingkan dengan volume cairan dalam evaporator. Masalah utama pada evaporator ini adalah kebutuhan untuk dapat mendistribusikan cairan secara merata ke semua *tube*. Semua *tube* harus dibasahi secara seragam dan hal tersebut membutuhkan sirkulasi ulang (Minton., 1986). Kekurangan *falling film evaporator* adalah membutuhkan ruang yang cukup besar. Kelebihan evaporator jenis ini adalah (Glover., 2004) :

1. Harga relatif murah.
2. Memiliki permukaan pemanas yang besar.
3. Memiliki koefisien perpindahan panas yang baik.

g. *Agitated Film Evaporator*

Evaporator jenis ini merupakan modifikasi dari *falling film evaporator*. Evaporator jenis ini memiliki pemanas di luar tabung. Kendala utama pada evaporator ini adalah perpindahan panas pada sisi cair. Salah satu cara untuk

meningkatkan daya hantar panas konveksi cairan film dengan memperbesar turbulensi dengan bantuan pengadukan (Soetedjo dan Suharto 2009). *Agitated film evaporator* dirancang untuk larutan yang sangat kental atau untuk memproduksi padatan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah :

- 5.1.1 Proses yang dipilih untuk pembuatan natrium nitrat adalah proses sintesis dengan menggunakan natrium nitrat dan natrium hidroksida.
- 5.1.2 Kapasitas produksi pada prarancang pabrik natrium nitrat adalah 40.000 ton/tahun.
- 5.1.3 Evaporator yang digunakan adalah *multiple effect short tube vertical evaporator* dengan jumlah tube pada Evaporator 1 (FE-01) adalah 76 buah dan tube pada Evaporator 2 (FE-02) adalah 68 buah.

#### **5.2 Saran**

- 5.2.1 Dapat dilakukan penelitian tentang proses evaporasi pada pembuatan natrium nitrat menggunakan asam nitrat dan natrium hidroksida dari hasil perhitungan untuk mengetahui kevalidan hasil perhitungan.
- 5.2.2 Dapat dilakukan proses simulasi evaporator agar diperoleh optimasi untuk mendapat larutan yang lebih pekat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, <https://www.bps.go.id>. Diakses pada 10 November 2018.
- Bank Indonesia., 2017. *Laporan Perekonomian Indonesia 2017 : Prospek, Tantangan, dan Arah Kebijakan Perekonomian*. Bank Indonesia. Jakarta.
- Booth, G. (2000). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Vol.23. [https://doi.org/10.1002/14356007.a17\\_009](https://doi.org/10.1002/14356007.a17_009).
- Brown, George G. 1950. *Unit Operation*. CBS Publisher. New Delhi.
- Brownell, Lloyd E, Young, Edwin H. 1959. *Process Equipment Design: Process Vessel Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Coulson, J.M dan J.F. Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design*. Pergamon Press. New York.
- Daryoko, M., 2007. *Prarancangan Evaporator untuk Pengolahan Limbah Radioaktif Cair PLTN PWR, 1000 MW*. Pustek Akselerator dan Proses Bahan-Batan. Yogyakarta.
- Faputri, A.F., 2016. *Desain Evaporator dan Pengujian Kondisi Operasi Optimal Pada Desain Peralatan*. Jurnal Teknik Patra Akademika. Jurusan Teknik Kimia, Pliteknik Akamigas Palembang. Palembang.
- Future Markets Insights, <https://www.futuremarketinsights.com/reports/sodium-nitrate-market>. Diakses pada 30 Oktober 2018.
- Geankoplis, Christine J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations, 3<sup>rd</sup> ed*. Prentice-Hall International, Inc. USA.
- Glover B.W., 2004. *Selecting Evaporator For Process Application : Evaluate Product Characteristics and Process Requirements to Select among the Various Evaporator Design*. Chemical Engineering Progress (AIChE).
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. <http://www.kemenperin.go.id/>. Diakses pada 02 Januari 2019.
- Kern, Donald Q. 1983. *Process Heat Transfer*. The McGraw-Hill Companies, Inc. Tokyo.
- Kirk, R. E., Kroschwitz, J. I., dan Othmer, D. F. (1995). *Encyclopedia Of Chemical Technology*. New York : John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1096/fj.09-153924>.
- Minton E. Paul., 1986. *Handbook of Evaporation Technology*. Noyes Publications. United States.



- Muflihat, S. 2018. *Perancangan dan Uji Coba Evaporator Nira Spray-Cyclone sebagai Terobosan Baru Industri Gula*. Progam Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Patnaik, P. (2003). *Handbook of Inorganic Chemicals*. Eboook. <https://doi.org/10.2166/wst.2011.571>.
- Peters, Max. S, Timmerhaus, Klaus D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4<sup>th</sup> ed.* The McGraw-Hill Companies, Inc. Singapore.
- Peters, M. S. *et al.* 2004. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 5<sup>th</sup> ed.* The McGraw-Hill Companies, Inc. Singapore.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2015 Tentang Rencana Induk Pembangunan Industrial Nasional Tahun 2015-2035.
- Perry, Robert H, Green, Don W. 1997. *Perry's Chemical Engineers', 7<sup>th</sup> ed.* The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- PT. Asahimas Chemical, <https://www.asc.co.id/> Diakses pada 10 November 2018.
- PT. Multi Nitrotama Kimia, <http://mnk.co.id/> Diakses pada 09 November 2018.
- Rasyid A., 2018. *Inflasi Global New Normal dan Implikasi Pada Kebijakan Moneter Negara Maju*. Bank Indonesia. Jakarta.
- Setyawan, A., dan Sujati, NM., 2017. *Evaluasi Hasil Analisis Efisiensi Kinerja Evaporator IPLR Tahun 2014-2017*. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-Badan Tenaga Nuklir Nasional. Serpong.
- Soetedjo, J.N., dan Suharto., 2009. *Perancangan dan Uji Coba Alat Evaporator Nira Aren*. Laporan Penelitian LPPM. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Univeristas Katolik Paraahyangan. Bandung.
- UN Data a World of Information, <http://data.un.org/> Diakses pada 10 November 2018.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1999 Tentang Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat. 1999.
- Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Butterworth-Heinemann. Washington.