



**PRA-RANCANG REAKTOR ALIR TANGKI
BERPENGADUK (RATB) PADA 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

Ilham Yaumika Nahri

NIM. 5213415025

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

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Ilham Yaumika Nabri
NIM : 5213415025
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pra-rancang Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada 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, 05 Agustus 2019

Pembimbing



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

NIP. 198711112015041003

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Pra-rancang Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada 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 16 Agustus 2019.

Oleh:

Nama : Ilham Yaumika Nahri
NIM : 5213415025
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

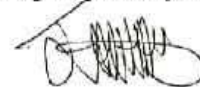
PERNYATAAN KEASLIAN

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, 05 Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



Ilham Yaumika Nahri

NIM. 5213415025

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Yang tersisa dari manusia adalah harapannya, maka jika kau tak mengkhianati penantiannya, kau sedang menjaga harapannya

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.

ABSTRAK

Nahri, Ilham Yaumika. 2019. "Pra-rancang Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada 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.

Pembangunan industri merupakan salah satu cara untuk meningkatkan taraf hidup bangsa, termasuk diantaranya adalah pembangunan industri kimia, baik yang menghasilkan produk jadi maupun produk antara. Salah satu produk antara yang penting yaitu natrium nitrat. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan natrium nitrat di Indonesia terus meningkat sesuai dengan banyaknya industri yang menggunakannya, dalam kurun waktu tahun 2010-2017 mengalami kenaikan dari 6.209-11.043 ton/tahun. Namun di Indonesia belum terdapat pabrik yang memproduksi natrium nitrat (NaNO_3). Oleh karena itu pendirian pabrik ini sangat diperlukan untuk dapat memenuhi sebagian besar kebutuhan natrium nitrat (NaNO_3) dalam negeri dan diharapkan dapat menciptakan kemandirian serta membuka lapangan kerja baru bagi masyarakat Indonesia. Perkembangan proses terbaru yang banyak digunakan pada industri dalam pembuatan natrium nitrat adalah proses sintesis, karena memiliki beberapa kelebihan antara lain yaitu, reaksi berjalan pada kondisi atmosferik, produk samping berupa H_2O , tidak memerlukan katalis, kemurnian produk mencapai 99%, dan bahan baku berupa NaOH dan HNO_3 tersedia di Indonesia. Proses sintesis natrium nitrat dilakukan dengan mereaksikan natrium hidroksida (NaOH) dengan asam nitrat (HNO_3) pada reaktor tipe RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk) dengan suhu 80°C dan tekanan 1 atm. Reaktor merupakan salah satu alat penting yang digunakan pada pembuatan natrium nitrat karena merupakan pusat reaksi kimia. Reaktor sebagai tempat berlangsungnya reaksi antara natrium hidroksida dan asam nitrat untuk menghasilkan natrium nitrat. Reaktor untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun yaitu reaktor jenis RATB dengan lama waktu tinggal reaksi 32,57 menit. Dimensi dari reaktor yaitu, tinggi reaktor 3,4 m; diameter 1,7 m; tebal *shell* 0,1875 in (3/16 in); dan tebal *head* 0,25 in (4/16 in). Jenis pengaduk pada reaktor yaitu *six pithed blade turbine* dengan jumlah pengaduk 2 buah.

Kata kunci : Industri, Natrium Nitrat, Reaktor, RATB.

PRAKATA

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi dengan judul “Pra-rancang Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada 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 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, 05 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	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Natrium Nitrat	7
2.2 Proses Sintesis Natrium Nitrat	10
2.3 Tinjauan Termodinamika	11
2.4 Tinjauan Kinetika Reaksi	15
2.5 Reaktor Alir Tangki Berpengaduk	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Prosedur Kerja	18

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Tinjauan Termodinamika	21
4.2 Menentukan Tipe Reaktor	23
4.3 Menentukan Bahan Konstruksi	24
4.4 Perhitungan Dimensi Reaktor	24
4.5 Perancangan Pengaduk pada Reaktor	32
4.6 Perancangan Jacket Pendingin	34
BAB V PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kegunaan Natrium Nitrat sebagai Bahan Intermediet	6
Tabel 2.2 Korosifitas Natrium Nitrat terhadap Logam dan <i>Alloys</i> Intermediet	8
Tabel 2.3 Harga Pembentukan Masing-masing Komponen Kondisi Standar.....	10
Tabel 2.4 Tabel Data Antoine Masing-Masing Komponen	10
Tabel 2.5 Data Kebutuhan Panas Fase Cair	11
Tabel 4.1 Neraca Massa Reaktor	19
Tabel 4.2 Nilai ΔH°_f dan ΔG°_f Masing-masing Komponen	19
Tabel 4.3 Komposisi Masuk Reaktor	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Reaktor	18
Gambar 4.2 <i>Torispherical Dishead Head</i>	28
Gambar 4.3 Dimensi Reaktor beserta <i>Impeller</i> dan <i>Baffle</i>	30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan industri sebagai bagian dari usaha pembangunan ekonomi jangka panjang diarahkan untuk menciptakan struktur ekonomi yang lebih kokoh dan seimbang. Pembangunan industri merupakan salah satu cara untuk meningkatkan taraf hidup bangsa, termasuk diantaranya adalah pembangunan industri kimia, baik yang menghasilkan produk jadi maupun produk antara. Pembangunan industri kimia yang menghasilkan produk antara ini sangat penting, karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri, dengan demikian dapat mengurangi devisa untuk mengimpor bahan tersebut. Salah satu produk antara yang penting yaitu natrium nitrat. Natrium nitrat memiliki rumus kimia (NaNO_3), merupakan bahan kimia *intermediate*, berupa kristal bening tidak berwarna dan tidak berbau. Bahan kimia ini mempunyai sifat-sifat di antaranya mudah larut dalam air, gliserol, dan alkohol. Mempunyai titik lebur pada temperature 308 °C, dan tidak termasuk bahan mudah meledak (Kirk et al., 1995).

Kebutuhan natrium nitrat di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat sesuai dengan banyaknya industri yang menggunakannya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan natrium nitrat dalam kurun waktu tahun 2010-2017 mengalami kenaikan dari 6.209-11.043 ton/tahun. Data tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan Indonesia akan natrium nitrat

relatif meningkat setiap tahunnya. Sedangkan di Indonesia belum terdapat pabrik yang memproduksi natrium nitrat (NaNO_3). Oleh karena itu pendirian pabrik ini sangat diperlukan untuk dapat memenuhi sebagian besar kebutuhan natrium nitrat (NaNO_3) dalam negeri dan diharapkan dapat menciptakan kemandirian serta membuka lapangan kerja baru bagi masyarakat Indonesia.

Perkembangan proses terbaru yang banyak digunakan pada industri dalam pembuatan natrium nitrat adalah proses sintesis. Kelebihan proses sintesis antara lain, reaksi berjalan pada kondisi atmosferik yaitu pada reaktor RATB suhu 80°C dan tekanan 1 atm, produk samping berupa H_2O , tidak memerlukan katalis, kemurnian produk mencapai 99%, bahan baku berupa NaOH dan HNO_3 tersedia di Indonesia. Proses sintesis natrium nitrat yaitu dengan mereaksikan *caustic soda* (NaOH) dengan asam nitrat (HNO_3). Reaksi berlangsung pada suhu 80°C tekanan 1 atm dan menggunakan reaktor tipe RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk). Kadar 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, salah satunya yaitu reaktor. Reaktor merupakan salah satu alat penting yang digunakan pada pembuatan natrium nitrat karena merupakan pusat reaksi kimia. Reaktor sebagai tempat berlangsungnya reaksi antara natrium hidroksida dan asam nitrat menghasilkan natrium nitrat. Dalam proses pembuatan natrium nitrat

digunakan Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) atau dikenal sebagai *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) karena reaksi berlangsung pada fase cair, proses berlangsung secara kontinyu, serta reaksi yang terjadi di dalamnya berlangsung secara isothermal (Sumarni & Purwanti, 2009).

Pendekatan teoritis pada pra-rancang reaktor kimia telah dikembangkan secara sistematis dengan mengedepankan seluruh pengetahuan dalam ilmu dasar dan teknik dalam bidang reaksi kimia. Bagian utama reaktor alir tangki berpengaduk adalah tangki dan pengaduk. Waktu tinggal reaksi, dimensi reaktor dan jenis pengaduk Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dipengaruhi oleh massa bahan yang masuk. Berdasarkan uraian masalah di atas, pada penelitian ini akan dipelajari lebih lanjut pra-rancang Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat.

1.2 Identifikasi Masalah

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

- 1.2.1 Natrium nitrat merupakan bahan baku antara 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 Perkembangan proses terbaru yang banyak digunakan pada industri dalam pembuatan natrium nitrat adalah proses sintesis. Proses ini

dilakukan dengan mereaksikan natrium hidroksida (NaOH) dengan asam nitrat (HNO_3).

- 1.2.3 Reaktor merupakan salah satu alat penting yang digunakan pada pembuatan natrium nitrat karena merupakan pusat reaksi kimia. Reaktor sebagai tempat berlangsungnya reaksi antara natrium hidroksida dan asam nitrat untuk menghasilkan natrium nitrat.

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 Kapasitas pabrik natrium nitrat adalah 40.000 ton/tahun.
- 1.3.2 Pembuatan natrium nitrat dengan menggunakan proses sintesis, yaitu dengan mereaksikan natrium hidroksida (NaOH) dan asam nitrat (HNO_3) pada reaktor RATB suhu 80°C dan tekanan 1 atm.
- 1.3.3 Jenis reaktor yang digunakan adalah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB).

1.4 Rumusan Masalah

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

- 1.4.1 Berapa lama waktu tinggal reaksi pada reaktor RATB untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ?

1.4.2 Bagaimana dimensi reaktor RATB untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ?

1.4.3 Bagaimana jenis dan jumlah pengaduk yang digunakan pada reaktor RATB untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun ?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1.5.1 Menentukan lama waktu tinggal reaksi pada reaktor RATB untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun.

1.5.2 Menentukan dimensi reaktor RATB untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun.

1.5.3 Menentukan jenis dan jumlah pengaduk yang digunakan pada reaktor RATB untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk:

1.6.1 Lingkungan dan masyarakat

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

1.6.2 IPTEK

Memberikan informasi bahwa proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat menggunakan reaktor jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Natrium Nitrat

Natrium nitrat memiliki rumus kimia NaNO_3 , merupakan bahan kimia *intermediate*, berupa kristal bening tidak berwarna dan tidak berbau. Bahan kimia ini mempunyai sifat-sifat di antaranya mudah larut dalam air, gliserol, dan alkohol. Mempunyai titik lebur pada temperature $308\text{ }^\circ\text{C}$, dan tidak termasuk bahan yang mudah meledak (Kirk et al., 1995).

Kegunaan dari NaNO_3 digunakan sebagai bahan kimia *intermediate* (bahan antara) ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 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.
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

No	Kegunaan Produk	Keterangan
		nitrat dapat digunakan sebagai modifier 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 yang digunakan kurang lebih 3,8-7,8% berat enamel.
6.	Pengawet daging olahan tertentu	Natrium nitrat semakin banyak digunakan sebagai pengawet daging olahan tertentu seperti, daging bacon dan dendeng.

(Kirk et al., 1995)

Natrium nitrat adalah senyawa kimia dengan rumus molekul NaNO_3 . Garam ini merupakan padatan putih yang sangat larut dalam air dan beberapa senyawa lainnya seperti etanol, methanol, dan senyawa amoniak. Pada industri, sebagian besar natrium nitrat digunakan sebagai agen pengoksidasi. Selain itu, natrium nitrat sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk, pembuatan kaca, dan pembuatan bahan peledak (Kirk *et al.*, 1995).

1. Sifat Fisik

Wujud : Padat atau serbuk padat

Warna : Putih

Kemurnian NaNO_3 : minimum 98%

Rumus molekul : NaNO_3

Berat molekul : 84,99 *g/mol*

pH	: 5,5 – 8 (5% larutan)
Titik didih	: 380°C
Titik lebur	: 308°C
Densitas	: 2,257 gr/mL
<i>Refractive index</i>	: 1,587 (trigonal) dan 1,336 (rhombo-hedral)
<i>Specific conductance</i>	: 95 µmhos/cm pada 300°C
<i>Viscosity</i>	: 2,85 cp pada 317°C
Kelarutan	: 92,1 g/100 mL air pada 25°C
	: 180 g/100 mL air pada 100°C
Korosifitas	: Rendah

(Patnaik, 2003)

Tabel 2.2 Korosifitas Natrium Nitrat terhadap Logam dan *Alloys*

Bahan	<i>Corrosion rate</i> mm/yr (mils/yr)
<i>Aluminum bronze</i>	<i>Good</i>
<i>Nickel-silver</i>	<i>Resistant</i>
<i>Titanium</i>	<i>Resistant</i>
<i>Silver</i>	0,05
<i>Platinum</i>	0,05
<i>Stainless steel</i>	<i>Resistant</i>

(Roberge, 2000)

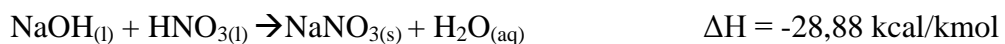
2. Sifat Kimia

- Natrium nitrat sangat reaktif dengan bahan yang mudah terbakar, dan bahan organik. Sedangkan apabila terkena asam dan reduktor natrium nitrat bersifat reaktif.
- Apabila natrium nitrat bereaksi dengan asam dapat mengeluarkan racun uap nitrogen dioksida.

2.2 Proses Sintesis Natrium Nitrat

Metode penting dalam pembuatan natrium nitrat sintetis adalah dengan mereaksikan cairan NaOH. Pada dasarnya, proses pembuatan natrium nitrat diawali dengan proses netralisasi asam nitrat dengan NaOH atau kaustik soda. Pembuatan natrium nitrat dapat dengan mereaksikan asam kuat HNO₃ dengan basa kuat NaOH. Asam adalah zat yang menambah konsentrasi H⁺ dalam larutan air. Basa kuat (NaOH) akan terionisasi sempurna menjadi H₃O⁺. NaOH merupakan basa kuat, yaitu zat yang menambah konsentrasi OH⁻ dan terionisasi sempurna dalam air (Svante August Arrhenius, 1984).

Proses pembentukan natrium nitrat yaitu dengan mereaksikan asam nitrat (HNO₃) dengan Natrium Hidroksida (NaOH) dengan reaksi utama sebagai berikut:



(Kirk et al., 1995)

Proses pembuatan natrium nitrat yang dipilih adalah proses sistesis dengan bahan baku NaOH dan HNO₃ dikarenakan:

1. Kemurnian tinggi mencapai 99%.
2. Bahan baku NaOH dan HNO₃ yang tersedia di Indonesia.
3. Reaksi pada kondisi atmosferik.
4. Tidak memerlukan katalis.
5. Produk samping berupa H₂O.

2.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk mengetahui arah reaksi *reversible* atau *irreversible* dan mengetahui reaksi tersebut berjalan secara eksotermis atau endotermis serta untuk menentukan sifat dan arah reaksi yang dapat dihitung dengan perhitungan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f°) dan energi bebas Gibbs (ΔG°) pada tekanan 1 atm dan suhu 25°C . ΔH_f° adalah jumlah panas yang dibutuhkan pada suatu reaksi. Sedangkan ΔH_f° adalah jumlah panas pembentukan suatu zat pada kondisi standar $T=25^\circ\text{C}$ dan $P=1\text{ atm}$. Sedangkan ΔG_f° adalah jumlah energi maksimum yang dibebaskan atau diperlukan oleh suatu proses pada suhu dan tekanan tetap untuk melibatkan kerja suatu reaksi (Smith, *et al.*, 2004). Harga pembentukan masing-masing komponen ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Harga Pembentukan Masing-masing Komponen Kondisi Standar

Komponen	ΔH_f° (kcal/mol)
HNO ₃	-49,56
NaOH	-101,7
H ₂ O	-68,32
NaNO ₃	-111,82
Na ₂ CO ₃	-270,2

(Pantaink, 2003)

Tabel 2.4 Tabel Data Antoine Masing-Masing Komponen

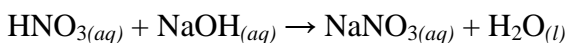
Komponen Cair	A	B	C	D
HNO ₃	214,478	$-7,6762 \times 10^{-1}$	$1,497 \times 10^{-3}$	$-3,0208 \times 10^{-7}$
NaOH	87,639	$-4,8368 \times 10^{-4}$	$-4,523 \times 10^{-6}$	$1,19 \times 10^{-9}$
H ₂ O	92,053	$-3,9953 \times 10^{-2}$	$-2,1103 \times 10^{-4}$	$5,3469 \times 10^{-7}$
NaNO ₃	124,8556	$-5,21 \times 10^{-3}$	$-1,2765 \times 10^{-6}$	$2,31 \times 10^{-8}$
Na ₂ CO ₃	132,785	-9×10^{-4}	-6×10^{-6}	$1,23 \times 10^{-8}$

Tabel 2.5 Data Kebutuhan Panas Fase Cair

Komponen	$\Delta H_f^\circ (kJ/mol)$	$\Delta H \int_{25^\circ C}^{80^\circ C} kJ/mol$	$\Delta G_f^\circ (kcal/mol)$
HNO ₃	-207,35904	6221,989294	-26,61
NaOH	-425,5128	4787,307532	-90,7
H ₂ O	-285,85088	4136,371246	-56,69
NaNO ₃	-467,85488	6810,397271	-87,73
Na ₂ CO ₃	-1130,5168	7276,656631	-249,6

(Pantaink, 2003), (Yaws, 1999)

Reaksi :



Persamaan umum untuk panas reaksi dimana berlangsung pada suhu yang berbeda dengan suhu *reference* :

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{rxn}}(T) &= \sum_i^{\text{reaktan}} n_i \left[\hat{H}_i(25^\circ C) - \hat{H}_i(T) \right] + \Delta H_{\text{rxn}}(25^\circ C) \\ &+ \sum_i^{\text{produk}} n_i \left[\hat{H}_i(T) - \hat{H}_i(25^\circ C) \right] + \Delta H_{\text{rxn}}(25^\circ C) \dots \dots \dots \end{aligned}$$

(2.1)

$$= [\text{H}(T) - \text{H}(25^\circ C)]_{\text{produk}} - [\text{H}(T) - \text{H}(25^\circ C)]_{\text{reaktan}} + \Delta H_{\text{rxn}}(25^\circ C)$$

$$\Delta H^\circ f = [(1 \cdot (-467,85)) + (1 \cdot (-285,85))] - [(1 \cdot (-425,5)) + (1 \cdot (-207,19))]$$

$$= -120,8339 \text{ kJ/kmol}$$

$$\sum \Delta H_{25}^{80} = \sum \Delta H_{25}^{80} \text{ produk} - \sum \Delta H_{25}^{80} \text{ reaktan}$$

$$= (6810,397271 + 4136,371246) - (6221,989294 + 4787,307532) \text{ kJ/kmol}$$

$$= -62,528309 \text{ kJ/kmol}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{rx}(80^{\circ}C) &= -62,528309 \text{ kJ/kmol} + (-120,8339 \text{ kJ/kmol}) \\ &= -183,3623 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

$$\text{Total } \Delta G^{\circ}_f = \Delta G^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta G^{\circ}_f \text{ reaktan} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$= [-87,73 + (-56,69)] - [-90,7 + (-26,61)] \text{ kcal/mol}$$

$$= -27,11 \text{ kcal/mol}$$

$$= -113,0435 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai ΔH°_f negatif, dengan demikian reaksi tersebut berjalan secara eksotermis atau melepaskan panas. Reaksi pembentukan natrium nitrat menghasilkan nilai ΔG°_f bernilai negatif, menunjukkan bahwa reaksi tersebut berjalan secara spontan atau berlangsung hampir sempurna pada saat kesetimbangan tercapai. Jika ΔG°_f bernilai positif, maka energi bebas minimum akan mendekati reaktan sehingga tidak terjadi reaksi dan jika $\Delta G^{\circ}_f = 0$ maka, kesetimbangan dicapai pada sekitar separuh antara reaksi dan hasil-reaksi (Smith et al., 2004). Arah reaksi *reversible* atau *irreversible* dapat diketahui dari harga konstanta kesetimbangan menurut persamaan *Van't Hoff* yang ditunjukkan pada persamaan 2.3.

$$\frac{d \ln K_o}{dT} = \frac{\Delta H^{\circ}_f}{RT} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\Delta G^{\circ}_f_{298,15 \text{ K}} = -RT \ln K_o \dots\dots\dots (2.4)$$

(Smith et al., 2004)

Keterangan :

ΔH°_f = Jumlah panas pembentukan suatu zat pada kondisi standar
T=25 °C dan P 1 atm (kcal/mol)

ΔG°_f = Energi Gibbs pada keadaan standart (T=298,15 K) dan (P=1 atm)
(kcal/mol)

K = Konstanta kesetimbangan

R = Tetapan gas ideal (R = 8,314 J/mol.K atau 1,985766 x10⁻³ kcal/mol.K)

T = Suhu standar (298,15 K)

$$\ln K_o = \frac{\Delta G^o f}{RT}$$

$$\ln K_o = \frac{27,11 \text{ kcal/mol}}{1,985766 \times 10^{-3} \text{ kcal/mol.K} \times 298,15 \text{ K}}$$

$$= 45,7895$$

$$K_o = e^{45,7895}$$

$$= 7,6935 \times 10^{19}$$

Dari persamaan :

$$\ln \frac{K}{K_o} = -\frac{\Delta H^o f}{R} \times \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right] \dots\dots\dots$$

(2.5)

Keterangan:

K = Konstanta kesetimbangan reaksi

K_o = Konstanta kesetimbangan pada kondisi standar (25°C)

T = Suhu (K)

ΔH_f^o = Panas pembentukan standar pada 298,15 K dan tekanan 1 atm

Apabila reaksi dijalankan pada suhu 80°C (353,15 K), maka konstanta

kesetimbangan reaksinya menjadi:

$$\ln \frac{K}{7,6935 \times 10^{19}} = \frac{28,88 \text{ kcal/mol}}{1,985766 \times 10^{-3} \text{ kcal/mol.K}} \times \left[\frac{1}{353,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$\ln \frac{K}{7,6935 \times 10^{19}} = 7,59624$$

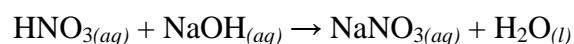
$$K = 5,844 \times 10^{20}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai K yang didapatkan sebesar 5,844 x 10²⁰. Apabila nilai K > 1 maka reaksi pembentukan natrium nitrat bersifat searah (*irreversible*), reaksi akan mendekati produk dan jumlah

produk akan bertambah. Nilai 1 menunjukkan perbandingan kesetimbangan pada suatu reaksi antara produk dan reaktan. Konstanta kesetimbangan reaksi memiliki nilai lebih dari 1, diartikan bahwa reaksi akan berjalan kekanan, dan reaksi mendekati produk sehingga produk dari reaksi tersebut akan terbentuk. Sedangkan, apabila nilai konstanta kesetimbangan reaksi kurang dari 1, kesetimbangan akan bergeser ke kiri sehingga reaktan bertambah dan menyebabkan tidak terbentuknya produk.

2.4 Tinjauan Kinetika Reaksi

Kajian kinetika reaksi berpengaruh terhadap kondisi operasi baik suhu, tekanan, serta *design* alat yang digunakan sehingga perlu dipertimbangkan. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan meliputi nilai konstanta kecepatan reaksi (k), dan kecepatan reaksi ($-r_a$) yaitu kecepatan suatu zat untuk bereaksi menjadi produk. Proses reaksi pembentukan natrium nitrat dari asam nitrat dan natrium hidroksida dengan reaksi sebagai berikut :



Reaksi pembentukan natrium nitrat dari natrium hidroksida merupakan reaksi orde dua, dan bersifat *irreversible*. Konstanta kecepatan reaksi pembentukan natrium nitrat yaitu sebesar $k=1,3 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{mol.s}$ (Koiranen *et al.*, 2017).

Sehingga kecepatan reaksi dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$(-r_a) = k \cdot C_A \cdot C_B \dots\dots\dots (2.6)$$

$$= k [C_{A0}(1 - X_A) \cdot (C_{B0} - (C_{A0} \cdot X_A))] \dots\dots\dots (2.7)$$

(Levenspiel, 1998)

Keterangan:

 $(-r_a)$ = kecepatan reaksi zat A (NaNO_3) k = konstanta kecepatan reaksi, L/mol.jam C_A = konsentrasi NaOH pada waktu t , mol/L C_B = konsentrasi HNO_3 pada waktu t , mol/L C_{A0} = konsentrasi NaOH mula-mula (sebelum bereaksi), mol/L C_{B0} = konsentrasi HNO_3 mula-mula (sebelum bereaksi), mol/L

(Levenspiel, 1998)

2.5 Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Reaktor kimia dirancang untuk mereaksikan bahan-bahan kimia, atau juga sering disebut sebagai tempat untuk mengonversi bahan baku menjadi produk, ada juga yang menyebutkan bahwa reaktor kimia merupakan jantungnya proses kimia. Desain reaktor kimia dengan kandungan bahan kimia yang cukup banyak akan disintesis pada skala komersial tergantung pada beberapa aspek kimia. Karena hal tersebut sangat vital mencakup secara keseluruhan desain untuk proses, desainer harus memastikan bahwa proses reaksi dengan efisiensi tinggi pada produk keluaran yang diinginkan, menghasilkan *yield* tinggi dengan biaya yang paling efektif (Levenspiel, 1999).

Reaktor Tangki Alir Berpengaduk atau *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) merupakan jenis reaktor dengan model berupa tangki berpengaduk dan diasumsikan pengaduk yang bekerja dalam tangki sangat sempurna

sehingga konsentrasi tiap komponen dalam reaktor seragam sebesar konsentrasi aliran yang keluar dari reaktor. Reaktor jenis ini merupakan reaktor yang umum digunakan dalam suatu industry. Keuntungan dari reaktor RATB yaitu suhu dan komposisi campuran dalam reaktor sama, volume reaktor besar, maka waktu tinggal juga besar, sehingga zat pereaksi lebih lama bereaksi di reactor

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah :

- 5.1.1 Lama waktu tinggal reaksi pada reaktor RATB untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun yaitu 32,57 menit.
- 5.1.2 Dimensi reaktor RATB untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun yaitu tinggi reaktor 3,4 m; diameter 1,7 m; tebal *shell* 0,1875 in (3/16 in); dan tebal *head* 0,25 in (4/16 in).
- 5.1.3 Jenis pengaduk yang digunakan pada reaktor RATB untuk proses sintesis natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas 40.000 ton/tahun yaitu *six pithed blade turbine*, jumlah pengaduk 2 buah.

5.2 Saran

- 5.2.1 Dapat dilakukan penelitian tentang proses sintesis 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 reaktor agar diperoleh optimasi untuk mendapat hasil reaksi yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- ASME Guidelines for Water Quality in Modern Industrial Water Tube for Reliable Continuous Operation. 1994. <http://waterracorp.com>. Diakses pada 20 Mei 2019.
- ASME Water Quality Standard for Cooling water, Cold water, Hot water, Makeup water (JRA GL02-1994). 1994. <http://www.mech.co.jp/> Diakses pada 20 Mei 2019.
- Badan Pusat Statistik, <https://www.bps.go.id>. Diakses pada 10 November 2018.
- 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.
- CN103041612A., 2012. *Method For Controlling Sodium Nitrate Quality in Vacuum Cooling Crystallization Technology*.
- CN101343072A., 2008. *Method For Preparing Sodium Nitrate With Soda Niter*.
- Coulson, J.M dan J.F. Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design*. Pergamon Press. New York.
- Geankoplis, Christine J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed. Prentice-Hall International, Inc. USA.
- 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>.
- Koironen, T., Woldemariam, M., dan Salminen, A. (2017). *Chemical Engineering & Process Technology Reactor Performance and Design Concept in Additively Manufactured Milli-Scale Reactors*, 8(5). <https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000363>.
- Kindari, Noor Anis., Marjanto, Djoko., dan W, Ardhani Dyah. (2009). Evaluasi Unjuk Kerja Reaktor Alir Tangki Berpengaduk Menggunakan Perunut Radioisotop. JFN
- Levenspiel, O. (1998). *Fluid-Particle Reactions: Kinetics. Chemical Reaction Engineering*. [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(80\)80132-1](https://doi.org/10.1016/0009-2509(80)80132-1).
- McCabe, W. L., J. C. Smith, P. Harriott. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th ed*. Singapore: McGraw-Hill Book.co
- 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*, 4th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. Singapore.
- Peters, M. S. *et al.* 2004. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. Singapore.
- Perry, Robert H, Green, Don W. 1997. *Perry's Chemical Engineers'*, 7th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Roberge, P. R. (2000). *Handbook of corrosion*. New York (Vol. 9). [https://doi.org/10.1016/S0026-0576\(00\)83445-5](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(00)83445-5).
- Smith, J.M, Van Ness, H.C, Abbott, M.M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- Sumarni & Purwanti, Ani. (2009). Pemanfaatan Metoda Newton-Raphson dalam Perancangan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk. *Jurnal Teknologi*
- Walas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Butterworth-Heinemann. Washington. ASME Guidelines for Water Quality in Modern Industrial Water Tube for Reliable Continuous Operation. 1994. <http://waterracorp.com>. Diakses pada 20 Mei 2019.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.