

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di tahun 2021 Indonesia memiliki luas wilayah 1.916.906 Km² untuk wilayah daratan dengan 17.000 pulau yang telah dikutip dari Badan Pusat Statistik sampai saat ini dan memiliki 121 kawasan industri di Indonesia untuk 29.000 sentra industri dengan skala menengah dan besar pada tahun 2022 (BPS, 2022). Kinerja Industri merupakan unsur yang sangat penting dalam menunjang pembangunan untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Perkembangan Industri Kimia di Indonesia meningkat secara signifikan karena dapat menyerap modal yang besar, menciptakan lapangan kerja dan dapat menghasilkan nilai tambah. Meskipun dihadang pandemi dan perekonomian global menurun, Industri Kimia mampu menunjukkan pemulihan dan dibuktikan dengan tingkat digital maturity industri kimia global sebesar 42,2%, berada di atas rata-rata manufaktur keseluruhan yaitu 39%. Kondisi digitalisasi industri kimia saat ini 35% di tahap peluncuran, 30% di tahap pilot project dan 30% lainnya masih di tahap perencanaan. Tahun 2022 diprediksi akan menjadi jalur pemulihan yang lebih kuat lagi untuk sektor industri kimia.

Natrium Benzoat merupakan bahan baku pasaran utama industri kimia pengawetan. Meskipun bahan dasar pembuatan Natrium Benzoat adalah Asam Benzoat yang dimana juga berfungsi sebagai pengawet makanan, tetapi industri yang membutuhkan pengawet lebih banyak menggunakan Natrium Benzoat dalam melakukan pengawetan dalam produk. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.329/MENKES/PER/1976 yang dimaksud bahan tambahan makanan adalah bahan yang ditambahkan dan dicampurkan dalam pengolahan makanan untuk meningkatkan mutu seperti warna, penyedap rasa, aroma, pengawet, dan lain-lain. Karena Natrium Benzoat lebih efektif dalam kelarutan dari pada Asam Benzoat. Sebanyak 0,1% sudah cukup untuk mengawetkan produk yang telah disiapkan dan pH yang digunakan 4,5 atau lebih rendah (Chipley, 1983).

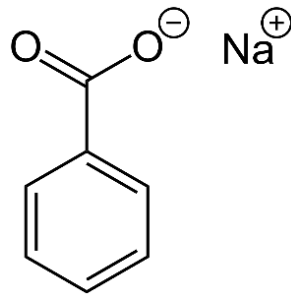
Produksi natrium benzoat digunakan sebagai pengawet dalam makanan seperti saus, acar, sari buah, jus buah, pendingin anggur, sirup dan konsentrat, daging cincang dan isian pai asam lainnya, margarin, bubuk telur, ikan (sebagai saus air garam), minuman berkarbonasi dalam kemasan. Dengan meningkatnya popularitas minuman ringan diet telah menyebabkan peningkatan permintaan untuk Natrium Benzoat.

Aplikasi Natrium Benzoat selain makanan dapat ditemukan dalam persediaan farmasi dan kosmetik, seperti pasta gigi dan bubuk, tembakau, pasta dan lem, serta pati dan lateks. Natrium Benzoat dapat digunakan sebagai penghambat korosi. Dalam hal ini Natrium Benzoat dimasukkan ke dalam bahan pembungkus untuk pencegahan korosi dalam produksi barang-barang yang beragam seperti silet, bagian-bagian mesin, bantalan, dan lainnya. Natrium Benzoat juga digunakan dalam industri automotif sebagai penghambat korosi dalam sistem pendingin, terutama di Eropa dan Jepang. (Kirk-Othmer, 2004)

Pemenuhan kebutuhan natrium benzoat di Indonesia masih impor karena penghasil natrium benzoat belum berproduksi. Maka tujuan pendirian pabrik diharapkan dapat mengurangi pengimporan dan serta tidak mengadakan negara lain untuk ketersediaan natrium benzoat di Indonesia. Dan mendukung ketersediaan bahan baku bagi industri yang membutuhkan natrium benzoat dan Indonesia dapat bersaing dalam perdagangan dunia jika dapat mengeksport bahan baku natrium benzoat granula.

1.2 Tinjauan Pustaka

Natrium Benzoat ($C_7H_5O_2Na$) merupakan senyawa kimia yang sering digunakan pada jenis industri dari produk kebutuhan yang penting bagi masyarakat. Merupakan garam Natrium benzoat yang menetralkan Asam Benzoat dengan Natrium Hidroksida dapat larut dalam air.



Gambar 1.1 Struktur Senyawa Natrium Benzoat

Pada Natrium benzoat salah satu senyawa kimia yang bermanfaat dan dapat merugikan. Bidang Farmasi Natrium benzoat dapat berfungsi sebagai perawatan gangguan siklus urea. Produk yang dihasilkan dari pengolahan Natrium benzoat dalam industri yaitu berikut, makan dan minuman seperti sirup, saus salad (cuka), selai, jus buah, acar, dan rempah-rempah. Saat ini peneliti sedang mengembangkan pula pengawetan dengan Natrium benzoat dalam obat-obatan dan kosmetik.

Dari guna fungsi yang dimiliki oleh Natrium benzoat, maka keperluan semakin meningkat dari waktu ke waktu di berbagai bidang. Untuk mencukupi keperluan kebutuhan Natrium benzoat nasional, Indonesia masih mengimpor bahan baku dari luar negeri. Mengapa Natrium benzoat begitu banyak digunakan di Indonesia adalah karena memerlukan bahan baku khusus untuk memproduksinya, termasuk garam dan energi. Sedangkan di Indonesia menyimpan banyak sekali sumber daya garam yang berlimpah, namun produksi garam belum bisa memenuhi kapasitas produksi Natrium benzoat.

Namun Natrium benzoat memiliki dampak yang membahayakan bagi kesehatan. Contoh dampak pemakaian yang tidak sesuai dengan KEMENKES atau selalu mengkonsumsi yang berlebihan. Dimana sifat Natrium benzoat pengawetan pada produk ber pH asam sangat bagus untuk menghilangkan mikroorganisme, jamur dan bakteri. Tetapi jika dikonsumsi dengan jumlah besar dapat menyebabkan reaksi alergi atau dapat berkontribusi pada penyakit asma yang diinduksi, peradangan, embrio, dan berpengaruh pada hati dan ginjal.

Limbah yang dihasilkan pada produksi Natrium benzoat hanya air, maka produksi yang dilakukan dapat digunakan kembali dengan ketentuan yang telah ditetapkan untuk dipergunakan kembali.

1.2.1 Tinjauan Termodinamika

Untuk menentukan sifat reaksi apakah berjalan secara eksotermis atau endotermis, maka pembuktian dengan menggunakan tinjauan termodinamika pada tekanan 1 atm dan suhu 298°K dari reaktan dan produk. Diketahui data enthalpi (ΔH°_f) pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm sebagai berikut:

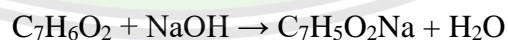
Tabel 1.1 Data (ΔH°_f) pada suhu 25°C

Komponen	ΔH°_f (Kj/mol)
$C_7H_6O_2$	- 385,2
NaOH	- 425,609
$C_7H_5O_2Na$	14,31
H_2O	- 285,830

(Lange's Handbook)

(McGraw-Hill Education, 2018)

Reaksi di reaktor:



$$\Delta H^\circ_f \text{ reaksi} = \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{ reaksi} = [C_7H_5O_2Na + H_2O] - [C_7H_6O_2 + NaOH]$$

$$\Delta H^\circ_f \text{ reaksi} = [14,31 + (-285,830)] - [-385,2 + (-425,609)]$$

$$\Delta H^\circ_f \text{ reaksi} = [-271,52] + [-40,409]$$

$$\Delta H^\circ_f \text{ reaksi} = -311,929 \text{ Kj/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}f \text{ reaksi} = -74,500813 \text{ kkal/mol}$$

Dari perhitungan $\Delta H^{\circ}f$ reaksi diatas bernilai negatif maka dapat disimpulkan bahwa reaksi diatas termasuk reaksi eksotermis, yaitu reaksi yang melepaskan panas.

Untuk menentukan apakah reaksi yang digunakan bersifat Reversible (bolak-balik) atau irreversible (searah), dapat ditentukan dengan menghitung energi gibbs ($\Delta G^{\circ}f$). Diketahui data gibbs ($\Delta G^{\circ}f$) pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm sebagai berikut:

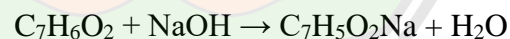
Tabel 1.2 Data ($\Delta G^{\circ}f$) pada suhu 25°C

Komponen	$\Delta G^{\circ}f$ (Kj/mol)
$C_7H_6O_2$	- 245,3
NaOH	- 379,494
$C_7H_5O_2Na$	- 1,534
H_2O	- 237,124

(Lange's Handbook)

(McGraw-Hill Education, 2018)

Reaksi di Reaktor :



$$\Delta G^{\circ}f \text{ reaktor} = \Delta G^{\circ}f \text{ produk} - \Delta G^{\circ}f \text{ reaktan}$$

$$\Delta G^{\circ}f \text{ reaktor} = [C_7H_5O_2Na + H_2O] - [C_7H_6O_2 + NaOH]$$

$$\Delta G^{\circ}f \text{ reaktor} = [(-1,534) + (-237,129)] - [-245,3 + (-379,494)]$$

$$\Delta G^{\circ}f \text{ reaktor} = [-238,668] + [-134,194]$$

$$\Delta G^{\circ}f \text{ reaktor} = -372,862 \text{ Kj/mol}$$

$$\Delta G^{\circ}f \text{ reaktor} = -89,05656 \text{ kkal/mol}$$

Dari perhitungan di atas, hasil dari perhitungan AG bernilai negatif, maka reaksi pembuatan Natrium benzoat pasti terjadi. Untuk perhitungan harga konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu referensi yaitu 298 K (30°C), dapat ditinjau dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$K = e \left[-\frac{\Delta G}{RT} \right]$$

(Levenspiel, 1999)

Keterangan:

K_{298} = Konstanta kesetimbangan pada 298 K (25°C)

ΔG = Energi bebas Gibbs standar

R = Tetapan Gas Ideal (1,987 kkal/mol.K)

T = Suhu pada 298 K (25°C)

Dari persamaan harga konstanta kesetimbangan diatas dapat dihitung sebagai berikut:

$$K_{298} = \exp \left[-\frac{\Delta G^{\circ}f_{298}}{RT} \right]$$

$$K_{298} = \exp \left[\frac{-89,05656 \text{ kkal/mol}}{-1,987 \text{ kkal/mol} \cdot \text{K} \cdot 298 \text{ K}} \right]$$

$$K_{298} = \exp \left[\frac{-89,05656}{-592,126} \right]$$

$$K_{298} = \exp[-0,15040136727656]$$

$$K_{298} = e^{0,15040136727656}$$

$$K_{298} = 1,16230065856987$$

Reaksi di reaktor dapat dijalankan pada suhu 98°C (371 K), maka harga konstanta kesetimbangan dapat dihitung menggunakan persamaan *Van Hoff* sebagai berikut:

$$\frac{k_{\text{operasi}}}{K_{298}} = \exp - \frac{\Delta H^{\circ}f_{298}}{R} \left[\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

(Levenspiel, 1999)

Keterangan:

K_{371} = Konstanta kesetimbangan pada 371 K (98°C)

K_{298} = Konstanta kesetimbangan pada 298 K (25°C)

$\Delta H^{\circ}f$ = Enthalpi reaksi

R = Tetapan Gas Ideal (1,987 kkal/mol.K)

T_{371} = Suhu pada 371 K (98°C)

T_{298} = Suhu pada 298 K (25°C)

Dari persamaan harga konstanta kesetimbangan dengan suhu reaktor 98°C (371 K) dapat dihitung sebagai berikut:

$k_{371} \rightarrow k_{\text{operasi}}$ dan $T_{371} \rightarrow T_{\text{operasi}}$

$$\frac{k_{\text{operasi}}}{K_{298}} = \exp - \frac{\Delta H^{\circ}f_{298}}{R} \left[\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\frac{k_{\text{operasi}}}{K_{298}} = \exp - \frac{-74,500813}{1,987} \left[\frac{1}{371} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\frac{k_{\text{operasi}}}{K_{298}} = \exp(37,4941)[0,00269541778976 - 0,003355704698]$$

$$\frac{k_{\text{operasi}}}{K_{298}} = \exp(37,4941)[-0,00066028690824]$$

$$\frac{k_{\text{operasi}}}{K_{298}} = \exp(-0,02475686336624)$$

$$\frac{k_{\text{operasi}}}{K_{298}} = e^{0,02475686336624}$$

$$\frac{k_{\text{operasi}}}{K_{298}} = 1,0250$$

$$k_{\text{operasi}} = 1,0250 \times 1,1623$$

$$k_{\text{operasi}} = 1,1913$$

$$K > 1$$

Nilai harga K pada suhu 371°K sebesar 1,1913 menunjukkan bahwa reaksi bersifat irreversible (searah).

$$\Delta G_{\text{operasi}} = -RT \ln K_{\text{operasi}}$$

$$\Delta G_{371} = -R \cdot T \ln K_{371}$$

$$\Delta G_{371} = -(1,987 \times 10^{-3} \text{ kkal/mol} \cdot \text{K})(371\text{K})(1,1913)$$

$$\Delta G_{371} = -0,8781989601 \text{ kkal/mol}$$

Hasil perhitungan diatas didapat ΔG_{371} bernilai negatif, maka reaksi pada proses produksi Natrium benzoat dapat berlangsung dan memiliki sifat spontan.

1.2.2 Tinjauan Kinetika Reaksi

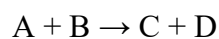
Data yang didapat dari literatur untuk tinjauan kinetika sebagai berikut:

- Kondisi Operasi = 98°C (CN1887845A)
- Waktu reaksi = 40 menit (CN1887845A)
- Konversi = 99,5% (CN1887845A)
- Reaktor = RATB (Kralj, 2012)

Reaksi :



Secara kinetika persamaan reaksi tersebut dapat ditulis sebagai berikut:



Dalam jurnal “Determining The Characteristic Of Sodium Bezoate (E211) Production Using Mathematical Method” mengikuti penelitian yang dilakukan oleh Kralj (2012), meng kaji penentuan kinetika bahan kimia mengenai produksi Natrium benzoat dari Asam benzoat dan Natrium hidroksida dengan menggunakan

metode ekstrapolasi linear ganda (double-linear extrapolation method) pada temperature reaktor yang bervariasi, tekanan atmosfer dan rasio molar yang masuk juga bervariasi.

1.2.3 Kapasitas Produksi

Untuk menentukan kapasitas pabrik Natrium Benzoat ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Kebutuhan/pemasaran produk di Indonesia

a. Data Impor

Tabel 1.3 Data Impor

Tahun	Data Impor Kg/Tahun	Kenaikan (%)
2017	7.416.635,00	-
2018	7.721.382,00	4,108965858506
2019	7.047.195,00	-8,731429166437
2020	8.188.066,00	16,189008534601
2021	8.859.137,00	8,195720454623
Total		19,762265681293

(Badan Pusat Statistik, 2022)

b. Data Ekspor

Tabel 1.4 Data Ekspor

Tahun	Data Ekspor Kg/Tahun	Kenaikan (%)
2017	160.200,70	-
2018	202.644,30	26,494016567968

Tahun	Data Ekspor Kg/Tahun	Kenaikan (%)
2019	22.460,25	-88,91641659795
2020	6.466,00	-71,211362295611
2021	25.454,00	293,659140117538
Total		160,025377791945

(Badan Pusat Statistik, 2022)

Berdasarkan data impor dan ekspor Natrium Benzoat di Indonesia dilakukan beberapa pendekatan untuk menentukan kapasitas produksi pabrik Natrium Benzoat, salah satunya pendekatan dengan menghitung kenaikan pertumbuhan produk setiap tahunnya. Dari data di atas dapat dihitung kenaikan pertumbuhan rata-rata setiap tahun produk pabrik dengan persamaan sebagai berikut:

$$i = \frac{\sum_n^i}{n}$$

(Kusnarjo, 2010)

Maka, dari data impor dan ekspor Natrium Benzoat dapat dihitung pertumbuhan produksi setiap tahunnya sebagai berikut:

a. Data Impor

$$\begin{aligned} \text{Pertumbuhan 2017 - 2018} &= \frac{7.721.382,00 - 7.416.635,00}{7.416.635,00} \times 100 \\ &= 4,11\% \end{aligned}$$

$$\text{Pertumbuhan 2018 - 2019} = \frac{7.047.195,00 - 7.721.382,00}{7.721.382,00} \times 100\% = -8,73\%$$

$$\text{Pertumbuhan 2019 - 2020} = \frac{8.188.066,00 - 7.047.195,00}{7.047.195,00} \times 100\% = 16,19\%$$

$$\text{Pertumbuhan 2020 - 2021} = \frac{8.859.137,00 - 8.188.066,00}{8.188.066,00} \times 100\% = 8,19\%$$

Jumlah Kenaikan pertumbuhan impor setiap tahunnya:

$$\frac{19,762265681293}{4} = 4,94056642032325 \approx 4,94$$

b. Data Ekspor

$$\text{Pertumbuhan 2017} - 2018 = \frac{202.644,30 - 160.200,70}{160.200,70} \times 100\% = 26,49\%$$

$$\text{Pertumbuhan 2018} - 2019 = \frac{22.460,25 - 202.644,30}{202.644,30} \times 100\% = -88,92\%$$

$$\text{Pertumbuhan 2019} - 2020 = \frac{6.466,00 - 22.460,25}{22.460,25} \times 100\% = -71,21\%$$

$$\text{Pertumbuhan 2020} - 2021 = \frac{25.454,00 - 6.466,00}{6.466,00} \times 100\% = 293,7\%$$

Jumlah Kenaikan pertumbuhan ekspor setiap tahunnya:

$$\frac{160,025377791945}{4} = 40,0063444479863 \approx 40,01\%$$

Dan perkiraan impor dan ekspor Natrium Benzoat dapat dihitung secara discounted dengan persamaan sebagai berikut:

$$m = P(1 - i)^n$$

(Kusnarjo, 2010)

Dimana:

m : jumlah produk pada tahun 2026 (ton)

P : data besarnya impor/ekspor tahun 2022 (ton)

i : pertumbuhan rata-rata pertahun (%)

n : selisih tahun yang diperhitungkan

Maka, dari data impor dan ekspor dihitung secara discounted untuk pertumbuhan rata-rata setiap tahun produk pabrik sebagai berikut:

a. Data Impor

$$m_5 = P(1 + i)^n$$

$$m_5 = 8.859.137(1 + 0.04940566420323)^n$$

$$m_5 = 11274789,3795377 \text{ kg/tahun}$$

b. Data Ekspor

$$m_4 = P(1 + i)^n$$

$$m_4 = 25454(1 + 0.6)^n$$

$$m_4 = 266904,53504 \text{ kg/tahun}$$

Jika telah dihitung pertumbuhan rata-rata secara discounted, selanjutnya menghitung kapasitas optimal reaktor neraca massa peluang kapasitas dengan persamaan sebagai berikut:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

(Kusnarjo, 2010)

Maka dapat dihitung dengan data impor dan ekspor dari hasil pertumbuhan rata-rata secara discounted untuk prarancangan pabrik Natrium Benzoat pada tahun 2026 sebagai berikut:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$m_3 = (11274789,3795377 + 266904,53504) - (0 + 0)$$

$$m_3 = 11541693,9145777 \text{ kg/tahun}$$

$$m_3 = 11541,6939145777 \text{ ton/tahun} \approx 12.000 \text{ ton/tahun}$$

Untuk Kapasitas Pabrik Natrium Benzoat yang akan kami dirikan pada tahun 2026 adalah 15.000 ton/tahun. Digunakan untuk memenuhi kebutuhan Natrium Benzoat di Indonesia, karena Impor produk Natrium Benzoat setiap tahunnya mengalami kenaikan cukup besar.