



PRARANCANGAN PABRIK SODIUM NITRAT MELALUI PROSES SINTESIS DENGAN KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

Puput Suryaningrum^{1*}, Dita Meisya Widowati¹, Muhammad Iqbal Dwi Setyono¹, Meta Fitri Rizkiana¹, Zuhriah Mumtazah¹, Boy Arief Fachri¹, Helda Wika Amini¹

¹Program Studi S1 Teknik Kimia, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37, Sumbersari, Jember 68121 Indonesia

*Corresponding Author: pupuutsn14@gmail.com

Abstrak

Pabrik sodium nitrat didirikan untuk memenuhi kebutuhan sodium nitrat dalam negeri karena belum tersedianya pabrik sodium nitrat yang beroperasi di Indonesia. Pabrik sodium nitrat dari sodium karbonat dan asam nitrat dirancang dengan kapasitas produksi 25.000 ton/tahun. Pabrik ini direncanakan beroperasi pada tahun 2028 di Kawasan Industri Krakatau Steel di kota Cilegon dengan luas lahan 4,3 hektar. Proses ini membutuhkan sodium karbonat sebanyak 2.010,5 kg/jam dan asam nitrat sebanyak 2.377,9 kg/jam. Sodium nitrat diproduksi melalui proses sintesis dengan mereaksikan 53% sodium karbonat dan 53% asam nitrat di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm dengan konversi reaksi sebesar 98%. Reaksi yang terjadi bersifat eksotermis sehingga suhu reaksi dijaga pada suhu 60°C dengan menggunakan jaket pendingin. Larutan sodium nitrat dipisahkan hingga konsentrasi 60% kemudian dibentuk menjadi kristal dan dipisahkan dari pengotornya. Kristal yang disimpan di dalam storage adalah kristal sodium nitrat murni dengan kadar 98%. Utilitas yang mendukung proses antara lain kebutuhan air sebanyak 125.527,36 kg/jam, kebutuhan steam sebanyak 5.768,5633 kg/jam, kebutuhan bahan bakar sebanyak 27.538,610 kg/jam, dan kebutuhan listrik sebanyak 364,62 kWh. Perusahaan ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi garis dan staf. Jumlah karyawan pada pabrik ini sebanyak 154 karyawan dengan sistem kerja yang dibagi menjadi karyawan shift dan non shift. Berdasarkan analisis ekonomi, pabrik sodium nitrat layak untuk didirikan dengan pertimbangan dari berbagai aspek antara lain Annual Cash Flow (ACF) sebesar Rp 237.297.512.349, Pay Out Time (POT) selama 3,49 tahun, dan Break Event Point (BEP) sebesar 45,83%.

Kata kunci: kristal, sodium nitrat, reaktor alir tangki berpengaduk.

1. Pendahuluan

Perkembangan industri di Indonesia terus menunjukkan peningkatan yang signifikan, kemajuan ini mempengaruhi kebutuhan bahan kimia, karena banyak industri yang mengandalkan bahan kimia sebagai bahan baku produksi. Salah satu bahan kimia yang sangat diperlukan yakni sodium nitrat. Sodium nitrat memiliki banyak aplikasi, termasuk dalam industri makanan (Alicja *et al.*, 2017), pembuatan bahan peledak (Madu *et al.*, 2017), pupuk, kaca, dan obat-obatan (Kirk & Othmer, 1991).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2021a), kebutuhan akan sodium nitrat di Indonesia terus meningkat. Namun, hingga saat ini, belum ada pabrik dalam negeri yang memproduksi sodium nitrat. Oleh karenanya, guna mengurangi ketergantungan impor serta untuk memperkuat sektor industri kimia dalam negeri, pengembangan untuk memproduksi sodium nitrat menjadi sangat penting guna mendukung keberlanjutan dan daya saing industri di Indonesia.



Sodium nitrat (NaNO_3) yang juga dikenal sebagai *soda niter* atau *nitrate of soda* merupakan kristal, tidak memiliki warna, dan tidak memiliki bau. Produksi sodium nitrat dapat dilakukan melalui proses sintesis (Kirk & Othmer, 2007). Proses sintesis dilakukan dengan mereaksikan sodium karbonat (Na_2CO_3) dengan asam nitrat (HNO_3). Bahan baku sodium karbonat diperoleh di PT Interchem Plasagro Jaya dan asam nitrat di PT Multi Nitrotama Kimia.

Data impor sodium nitrat di Indonesia dari tahun 2012-2017 dapat diamati pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 dapat dihitung perkiraan kebutuhan sodium nitrat (NaNO_3) di Indonesia tahun 2028 menggunakan rumus proyeksi pertumbuhan secara *discounted* pada Persamaan 1 berikut:

$$F = F_0 (1 + i)^n \quad (1)$$

Keterangan:

F : Jumlah produk pada akhir tahun (ton)

F₀ : Jumlah produk tahun pertama (ton)

i : Pertumbuhan rata-rata pertahun (%)

n : Selisih tahun yang diperhitungkan

Menurut Kusnarjo (2010), perkiraan kebutuhan sodium nitrat di Indonesia dapat diperoleh dengan analisis ekspor, impor, produksi, dan konsumsi dalam negeri atau dapat dituliskan dalam perumusan pada Persamaan 2 berikut:

$$\begin{aligned} m_1 + m_2 + m_3 &= m_4 + m_5 \quad (2) \\ &= (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \\ m_3 &= 24.283 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Keterangan:

m₁ : Nilai impor

m₂ : Produksi pabrik di dalam negeri

m₃ : Kapasitas pabrik baru

m₄ : Jumlah ekspor

m₅ : Konsumsi dalam negeri

Kapasitas pabrik baru yang ditetapkan sebesar 25.000 ton/tahun yang akan memenuhi kebutuhan sodium nitrat di Indonesia pada tahun 2028 serta sisanya akan di ekspor ke negara-negara di Asia.

Tabel 1 Data Impor Sodium Nitrat

No.	Tahun	Kapasitas (ton/tahun)	Pertumbuhan (%)
1	2012	7985,72	-
2	2013	7460,59	-6,58
3	2014	8081,98	8,33
4	2015	8521,69	5,43
5	2016	8425,69	-1,12
6	2017	11043,11	31,06
Rata-rata		8586,35	7,43

(Sumber: UN data, 2022)

2. Deskripsi Proses

Terdapat beberapa jenis proses dalam pembuatan sodium nitrat. Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan proses

Aspek	Shank	Guggenheim	Sintesis
Bahan baku	Garam chile	Garam chile	Campuran senyawa
Kadar	60%	80 - 85%	90 - 98%
Hasil samping	Na_2SO_4 dan MgSO_4	Na_2SO_4 dan MgSO_4	Air (H_2O) dan CO_2

Berdasarkan perbandingan beberapa proses pada Tabel 2., proses sintesis digunakan dalam pembuatan sodium nitrat. Proses reaksi menggunakan RATB dengan suhu operasi 60°C, tekanan 1 atm, perbandingan molar Na_2CO_3 : HNO_3 = 1 : 2 menghasilkan konversi 98%.

2.1 Uraian proses

Proses pembuatan sodium nitrat dengan proses sintesis melalui beberapa tahap, yaitu:

2.1.1 Proses Persiapan Bahan Baku

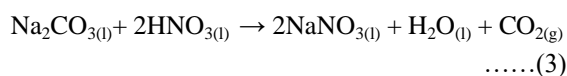
Dilakukan dengan mengencerkan asam nitrat 58% dengan *mixer* (M-120) pada suhu 30°C. Asam nitrat keluaran dari *mixer* memiliki konsentrasi 53%, kemudian dipompa menuju *heater* (E-122) untuk dipanaskan menjadi suhu 60°C. Setelah itu, larutan asam nitrat dipompakan menuju reaktor (R-210). Sodium karbonat fasa padat 99% dari gudang penyimpanan (F-130) dimasukkan ke dalam *mixer*



(M-140) dengan suhu 30°C. Sodium karbonat yang keluar dari *mixer* dengan konsentrasi 53%, kemudian dipompakan menuju *heater* (E-142) agar suhunya mencapai 60°C. Larutan sodium karbonat bersuhu 60°C kemudian dipompakan menuju reaktor (R- 210) untuk direaksikan bersama asam nitrat.

2.2.2 Proses Pembentukan Produk

Sodium karbonat dan asam nitrat dimasukkan ke dalam reaktor (R-210) berjenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan suhu operasi pada reaktor 60°C dan tekanan sebesar 1 atm menggunakan jaket pendingin karena reaksi terjadi secara eksotermis. Reaksi yang terjadi dalam reaktor membentuk sodium nitrat (NaNO_3), air (H_2O) dan gas karbondioksida (CO_2) yang memiliki tingkat konversi sebesar 90-98%. Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut:



Hasil dari reaktor produk atas berupa gas CO_2 yang dilepaskan ke lingkungan, sedangkan produk bawah berupa larutan sodium nitrat pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm dialirkan menggunakan pompa (L-311) menuju evaporator (V-310) untuk dikentalkan hingga 60% dan dilakukan pemurnian, sehingga didapatkan hasil larutan pekat.

2.2.3 Pemurnian dan Pemisahan

Larutan NaNO_3 dialirkan ke evaporator (V-310) untuk menguapkan kandungan air suhu operasi 100°C, tekanan 1 atm dengan pemanas *steam*. Sebagian air dan seluruh kandungan HNO_3 menguap menjadi produk atas yang dikondensasikan menggunakan *condensor* (E-312) menjadi cair dan diolah lebih lanjut di pengolahan limbah. Produk bawah berupa larutan jenuh dialirkan ke *crystallizer* (S-320) membentuk kristal NaNO_3 dan *mother liquor*. Produk keluaran *crystallizer* suhu 30°C diumpankan ke *centrifuge* (H-330) untuk memisahkan kristal dengan *mother liquor* yang melekat. *Mother liquor* yang terpisah dialirkan kembali ke evaporator. Sedangkan kristal sodium nitrat yang terpisah dari *mother liquor* dibawa menuju *rotary dryer* (B-340) untuk mengurangi kadar air pada suhu 80°C dengan dikontakkan udara panas. Produk kristal yang terikat dengan udara yang dikeluarkan dari *rotary dryer* dipisahkan dari udara pada *cyclone* (H-343). Produk keluaran *rotary dryer* didinginkan hingga suhu 30°C dengan *cooling conveyer* (J-344).

Produk yang telah dingin diangkat oleh *bucket elevator* (J-345) diteruskan menuju *ball mill*.

2.2.4 Proses finishing

Produk yang telah masuk ke dalam *ball mill* (C-410) dihaluskan dan dikecilkan ukurannya. Setelah itu produk diteruskan ke *vibrating screener* (H-420) berukuran 48 mesh. Sodium nitrat yang lolos *screening* berukuran 48 mesh diangkat oleh *bucket elevator* (J-421) kemudian dibawa ke gudang penyimpanan NaNO_3 (F-430). Sedangkan produk yang tidak lolos akan dikembalikan menuju *ball mill* untuk di saring ulang.

Process flow diagram pembuatan sodium nitrat hingga menjadi produk dapat dilihat pada Gambar 1.

3. Utilitas

Utilitas merupakan salah satu bagian penunjang proses yang menyediakan bahan ataupun energi yang dapat mendukung proses operasi berjalan lancar. Utilitas pada pabrik sodium nitrat memiliki beberapa unit utilitas diantaranya:

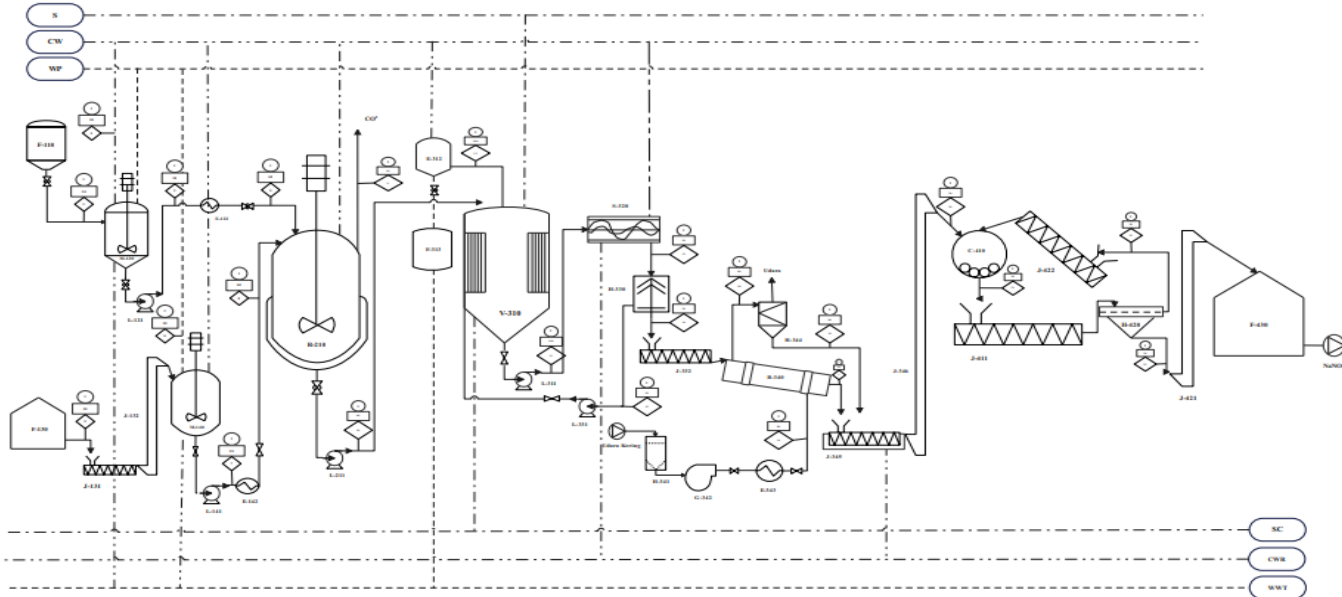
- Unit Penyedia Kebutuhan Air
- Unit Penyedia Kebutuhan *Steam*
- Unit Penyedia Kebutuhan Tenaga Listrik
- Unit Penyedia Bahan Bakar
- Unit Pengolahan Limbah

Pabrik memiliki kebutuhan air dalam beberapa kebutuhan tertentu dengan syarat disesuaikan dengan keperluan dari penggunaan air tersebut. Air bersih yang digunakan di *supply* dari PT Krakatau Tirta Industri. Air tersebut digunakan sebagai kebutuhan air sanitasi, pendingin, umpan boiler dan proses. Kebutuhan banyaknya air dengan faktor keamanan 20% yaitu sebanyak 125.527,36 kg/jam.

Pabrik membutuhkan alat untuk menunjang kebutuhan *steam* yang akan digunakan untuk memanaskan udara. Alat tersebut menggunakan boiler yang berfungsi memanaskan air menjadi *steam* lalu disalurkan ke *heat exchanger*. Total kebutuhan *steam* adalah sebesar 5.768,563 kg/jam. Pada pabrik sodium nitrat tenaga listrik yang dibutuhkan untuk bangunan kantor dipenuhi oleh PLN, sedangkan kebutuhan listrik proses dan utilitas menggunakan



PRA-RANCANGAN PABRIK SODIUM NITRAT MELALUI PROSES SINTESIS DENGAN KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN



PROGRAM STUDI DI TEKNIK KIMIA
 JURUSAN TEKNIK MESIN
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS JEMBER

DIAGRAM ALIR PROSES
 PRA-RANCANGAN PABRIK SODIUM NITRAT MELALUI PROSES SINTESIS
 DENGAN KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

Dibuat Oleh :
 Pagar Suryandogram (201910401002)
 M. Iqbal Dwi Setyawan (201910401003)
 Dika Melky Widanant (201910401007)

DOSEN PEMBIMBING UTAMA:
 Ic. Mita Pih Riklan, S.T., M.Sc.

DOSEN PEMBIMBING ANGGOTA:
 Zubah Nuzumrah, S.Si., M.Sc.

F-101	TANGKI PENYIMPANAN SPES
M-101	TANGKI PENCAMPURAN SPES
L-101	POMPA-1
R-101	HEATER-1
F-102	GERANG PENYIMPANAN NACOH
J-101	SCREW CONVEYOR-1
J-102	BUCKET ELEVATOR-1
M-102	TANGKI PENCAMPURAN NACOH
L-102	POMPA-2
R-102	HEATER-2
M-103	HEATER-3
L-103	POMPA-3
V-101	EVAPORATOR
L-104	POMPA-4
R-103	KONDENSOR
F-103	TANGKI PENYIMPANAN ANSAM
R-104	CRUSHER
M-104	CONVEYOR
L-105	POMPA-5
J-103	SCREW CONVEYOR-2
R-104	ROTARY DRYER
R-105	FILTER UJARA
G-101	BLOPER
R-105	HEATER-5
R-106	CULLEPS
J-104	CONVEYOR
J-105	BUCKET ELEVATOR-2
C-101	RAZEL MEL
J-106	SCREW CONVEYOR-3
R-107	VIBRATING SCREEN
J-107	BUCKET ELEVATOR-3
J-108	SCREW CONVEYOR-4
F-104	GERANG PENYIMPANAN NACOH

KOMPONEN	UNIT	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	
HNO3(l)	kg	2377,90		2377,90	2377,90						47,56														
HNO3(g)	kg												47,56												
Na2CO3(s)	kg					2000,45								40,01	40,01				40,01		40,01	44,01	39,61	4,40	
Na2CO3(l)	kg						2000,45	2000,45		40,01	40,01														
H2O(l)	kg	1721,92	386,776	2108,70	2108,70	4,02	1763,93	1767,95	1767,95		6210,05	2122,10		1953,50	3,37	2118,73			3,16			3,33	3,66	3,29	0,37
H2O(g)	kg												4087,95				16,752			16,97	0,17				
H2O terikat kristal	kg													168,69											
NaCl(s)	kg					6,03																			
NaCl(l)	kg						6,03	6,03	6,03		6,03	6,03		6,03	6,03				6,03		6,03	6,63	5,97	0,66	
NaNO3(s)	kg													3203,47	3139,40				3108,00	31,39	31,08	3139,08	3452,99	3107,69	345,30
NaNO3(l)	kg										3265,80	3265,80		62,33		126,40									
CO2(g)	kg									813,77															
Udara	kg																771,988		771,99						
Temperature	°C	30	30	30	60	30	30	30	60	60	100	100	100	30	30	30	80	65	80	80	80	30	30	30	30
Pressure	atm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total Enthalpy	kJ	49910,554	6535,49	56706,287	388022,419	9639,98	29209,66	39825,24	270016,20	25223,66	485437,34	492896,54	9843947,81	35325,07	17882,19	33678,49	223806,31	155613,3	718782,2	51,98	262,95	876,71	788,97	87,74	

Gambar 1. Flow Diagram Process

generator set. Kebutuhan listrik di pabrik sebesar 364,62 kW/jam. Bahan bakar yang digunakan yaitu jenis petroleum fuels oil 33 °API berfungsi sebagai pemanas boiler untuk unit pengadaan steam, dan pemutar generator set. Kebutuhan bahan bakar yang diperlukan sebesar 27.538,610 liter/jam.

Limbah pada pabrik sodium nitrat diolah berdasarkan jenis limbah. Limbah padat yang dihasilkan berupa limbah domestik seperti sampah-sampah harian akan ditempatkan di dalam bak sampah sebelum dikirim ke tempat pembuangan akhir (TPA). Limbah air buangan sanitasi dibuang langsung ke saluran pembuangan dan septic tank. Air buangan dari peralatan proses dipisahkan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Limbah organik yang berada di lapisan atas akan dialirkan ke tungku pembakaran, sementara air di lapisan bawah akan dialirkan ke penampungan akhir sebelum dibuang ke sistem pembuangan umum. Air buangan proses dan utilitas berupa H₂O dari proses penetralan asam akan dikelola di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk ditangani lebih lanjut. Air yang telah memenuhi baku mutu air limbah cair akan dialirkan ke sungai. Limbah gas yang dihasilkan yaitu karbon dioksida (CO₂) yang berasal dari proses sintesis dalam reaktor. Limbah yang dihasilkan sebesar 7.108,71 ton/tahun, dengan angka emisi tiap tahunnya sebesar 0,25 ton CO₂, dimana angka tersebut masih memenuhi Standar Industri Hijau (SIH) untuk emisi GRK (Gas Rumah Kaca) dengan angka maksimum 1,5 ton CO₂ / ton produk yang dapat dihasilkan sebuah pabrik. Limbah B3 akan diberikan kepada pihak ke-3 untuk diolah lebih lanjut sesuai dengan standar yang berlaku. Hal tersebut berdasarkan Peraturan Pemerintah No 101 Tahun 2014 Pasal 1 Ayat 18, pengelola limbah B3 adalah badan usaha yang melakukan kegiatan pengolahan Limbah B3.

4. Analisis Ekonomi

Kelayakan pendirian suatu pabrik ditentukan berdasarkan evaluasi ekonomi. Proses ini bertujuan untuk menilai potensi keuntungan yang dapat diperoleh dari kapasitas produksi yang direncanakan.

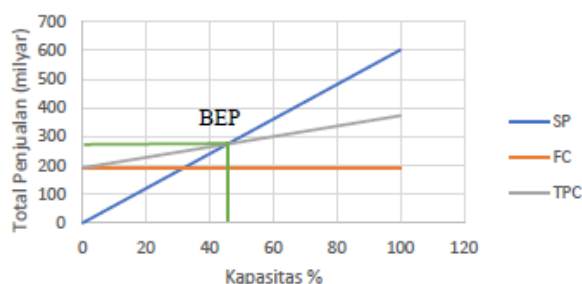
Selain itu, evaluasi membantu dalam mengidentifikasi risiko finansial yang mungkin timbul, sehingga perusahaan dapat mempersiapkan

strategi mitigasi yang efektif. Hasil evaluasi ekonomi pabrik sodium nitrat terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3 Parameter Kelayakan Ekonomi

No	Parameter	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
1.	ACF	32 %	Layak
2.	POT	3,49	Layak
3.	NPOTLP	Rp 1.782.417.664.504	Layak
4.	TCS	Rp 1.417.181.128.856	Layak
5.	ROR	23,08%	Layak
6.	DCF-ROR	30%	Layak
7.	BEP	45,83%	Layak

Pabrik dapat dikatakan layak untuk dibangun jika memenuhi beberapa syarat. Menurut Kusnarjo, (2010) nilai BEP yang dapat diterima yaitu 40% - 50%. Nilai POT harus < 5 tahun atau kurang ($\frac{1}{2}$ umur pabrik). Nilai TCS harus lebih besar dari TCI. Nilai ROR dan DCF-ROR harus lebih besar dari bunga bank (8,42%) Gambar 4.1 merupakan grafik BEP yang menampilkan FC, TC, dan TPC. Titik BEP dapat diamati pada perpotongan antara garis total penjualan (TS) dengan garis total biaya produksi (TPC).



Gambar 2. Break Event Point (BEP)

5. Kesimpulan

Pabrik sodium nitrat memiliki kapasitas produksi 25.000 ton/tahun dengan proses yang digunakan yaitu proses sintesis. Pabrik akan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan tenaga kerja sebanyak 154 karyawan. Pabrik ini berlokasi Kawasan Industri Krakatau Steel, Cilegon dengan luas lahan 4,3 hektar dan direncanakan akan berdiri pada tahun 2028. Berdasarkan analisa ekonomi, pabrik sodium nitrat ini layak didirikan dengan berbagai pertimbangan, yakni Annual Cash Flow (ACF) sebesar Rp 237.297.512.349,00. Pay Out Time (POT) selama 3,49 tahun, dan Break Event Point (BEP) sebesar 45,83%.





Daftar Pustaka

- Alicja, M. dkk., 2017, "Re-evaluation of sodium nitrate (E 251) and potassium nitrate (E 252) as food additives", *EFSA Journal* [Preprint]. Available at: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2017.4787>.
- API, 1974, "Welded Steel Tanks for Oil Storage.", ANSI Stand, November 1998.
- Badan Pusat Statisti, 2021a, "Kebutuhan Sodium Nitrat Di Indonesia.", [Www.Bps.Go.Id](http://www.bps.go.id).
- Badger, W.L & Banchemo, J.T., 1955, "Introduction to Chemical Engineering.", McGraw Hill. New York.
- Browell, L.E. & Young, E.H., 1959, "Process Equipment Design.", *Jhon Willey & Son*, New York.
- Coulson, J. M. & Richardson J. F., 1983, "Chemical Engineering, Vol. 6", Pergamon Press, New York.
- Dean, J. A., 1999, "Lange's Hand Book of Chemistry 5th Edition." New York : Mc. Graw-Hill Inc.
- Foust, A.S., 1980, "Principles of Unit Operation. 2nd ed.", New York: John Willey and Sons.
- Geankoplis, C.J., 1993, "Principles of Units Operation. 3rd.", PrenticeHall International Inc, New Jersey
- Geankoplis, C.J., 2008, "Transport Processes and Separation Process Principles. 5th.", Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Himmelblau, D.M., 1989, "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering 5ed.", Singapura: Prentice- Hall International.
- Kern, D. Q., 1965, "Process Heat Transfer.", Mc. Graw-Hill, New York
- Kirk, R. E., & Othmer, D. F., 2001, "Encyclopedia Of Chemical Technology (4th Ed., Vol. 22).", John Wiley And Sons.
- Kusnarjo., 2010, "Desain Pabrik Kimia."
- Levenspiel., O., 1999, "Chemical Reaction Engineering", 3 rd edition. John Wiley and Sons : New York.
- Ludwig, E, 1964, "Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Vol I.", Houston Texas : Gulf publishing Co.
- Madu, A.J.C., Eze, C.L. & Otuokere, I.E., 2017, "Nitrate concentration of groundwater before and after detonation of 2,4,6-Trinitrotoluene(TNT) in Ohuru-Oza Area, Niger Delta, Nigeri", *Journal International Sciences Applied Technology Space*, 7(1), hal. 76–86.
- Perry, R. H., & Green, D. W., 1997, "Perry's Chemical Engineer's Handbook (Seventh Edition).", Mcgraw Hill.
- Peter, M. S & Timmerhans, E. D., 1980, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5rd ed.", Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Pubchem., 2023, "Safety Data Sheet: Sodium Nitrate".
- Shreve, R. H., 1956, "The Chemical Process Industries (5th Ed.)", Mc.Graw Hill Book Company.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., and Abbott, M.M., 2001, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6th ed, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York
- Ulrich, G.D., 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics.", New York: John Wiley & Sons Inc.
- UN Data, 2022, "Sodium Nitrate", In <https://Data.Un.Org>.
- Yaws, C.L., 1999, "Chemical Properties Handbook.", Mc Graw Hill Handbooks. New York.

