

PRARANCANGAN PABRIK DINATRIUM FOSFAT DARI ASAM FOSFAT DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES NETRALISASI KAPASITAS 5.000 TON/ TAHUN

Siti Humaeroh Fitriah*¹, Noor Aisya Maulida¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jln. A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: 1810814320003@mhs.ulm.ac.id

Abstrak

Dinatrium fosfat (Na_2HPO_4) merupakan suatu senyawa fosfat yang banyak digunakan di dunia industry, diantaranya sebagai bahan penunjang pembuatan deterjen, bahan pengolahan air dan pewarnaan tekstil. Didirikannya pabrik dinatrium fosfat akan mengurangi impor produk dari negara lain. Dari data impor, pabrik akan dioperasikan dengan kapasitas 5.000 ton/tahun di Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur dengan sumber air dari sungai berantas. Dinatrium fosfat dibuat dari natrium karbonat dan asam fosfat melalui proses netralisasi. Proses terjadi dalam reaktor alir tangki berpengaduk. Proses pemurnian produk selanjutnya yaitu pemisahan bahan baku dengan larutan menggunakan evaporator, selanjutnya dipisahkan mother liquor dengan padatan dinatrium fosfat dengan centrifuge. Kemudian produk dialirkan ke rotary dryer untuk mengurangi kadar air agar sesuai spesifikasi produk. Selanjutnya produk didinginkan dalam cooling conveyor. Kemudian produk dinatrium fosfat dikecilkan ukurannya dalam ball mill lalu diayak menggunakan screen sampai ukuran 100 mesh. Produk akhir berupa dinatrium fosfat dengan kemurnian 98% disimpan di gudang penyimpanan dinatrium fosfat. Produk yang tidak terpakai berupa karbon dioksida dibakar menggunakan flare. Diperlukan unit utilitas untuk menunjang proses produksi serta laboratorium agar produk dinatrium fosfat serta bahan baku yang digunakan sesuai sehingga kebutuhan produksi dan pabrik mendapatkan keuntungan. Pemasaran dinatrium fosfat untuk menunjang produksi dalam negeri yang membutuhkan bahan baku dinatrium fosfat untuk proses selanjutnya. Digunakan sistem organisasi garis dan staff pada pabrik ini dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Pabrik ini memerlukan karyawan shift dan non-shift yang terdiri dari 124 orang yang dibagi berdasarkan jam kerja. Analisa ekonomi yang dilakukan pada pabrik ini menghasilkan sebesar Rp 101.989.820.057 sebagai investasi modal total (TCI),- sebesar Rp 108.627.475.000 sebagai hasil penjualan. Dari analisa kelayakan ekonomi didapatkan nilai Return of Investment (ROI) sebelum dan sesudah pajak sebesar 18,84% dan 14,13%. Nilai Pay Out Time (POT) sebelum dan sesudah pajak yaitu 3,73 tahun dan 4,52 tahun. Break Even Point (BEP) sebesar 47,55% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 27,95%. Oleh karena itu pabrik dinatrium fosfat dengan kapasitas 5.000 tom/ tahun ini layak didirikan berdasarkan analisa kelayakan ekonomi yang dilakukan.

Kata Kunci: asam fosfat, natrium karbonat dan dinatrium fosfat.

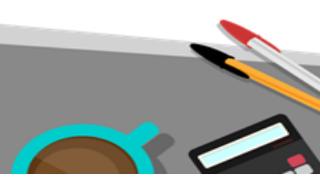
1. Pendahuluan

Industri kimia memegang peranan penting dalam dunia industry saat ini karena hamper seluruh industry membutuhkan bahan kimia untuk proses pembuatan produknya. Dinatrium fosfat (Na_2HPO_4) merupakan salah satu dari banyaknya bahan kimia yang menjadi bahan dasar pembuatan produk selanjutnya. Dinatrium fosfat dikenal dengan nama lain *sodium phosphate dibasic*. Dinatrium fosfat adalah senyawa fosfat berbentuk bubuk berwarna putih yang bersifat higroskopis sehingga mudah terlarut di air. Dinatrium fosfat banyak dijumpai dalam bentuk hidrat, yaitu dinatrium fosfat heptahidrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (Ullmann, 1999).

Kegunaan dari dinatrium fosfat adalah sebagai bahan dasar pembuatan *monosodium phosphate*, *sodium tripolyphosphate*, dan *sodium tryphosphate*, bahan pengemulsi dalam proses pembuatan keju, persiapan glasir keramik, pewarnaan tekstil, pengolahan air (*water treatment*), dan bahan penunjang dalam pembuatan deterjen (Kirk dan

Othmer, 1978). Dari berbagai macam kegunaan tersebut, dinatrium fosfat menjadi suatu produk yang sangat dibutuhkan dalam industri kimia di Indonesia. Saat ini kebutuhan dinatrium fosfat di Indonesia masih diimpor dari luar negeri dengan jumlah impor terbesar pada tahun 2021 sebesar 2.423,972 ton/tahun (BPS, 2022).

Dari penjelasan tersebut, apabila Indonesia terus mengimpor kebutuhan dinatrium fosfat di dalam negeri, maka akan semakin banyak biaya yang harus dikeluarkan untuk biaya impor tersebut. Agar kebutuhan dinatrium fosfat di dalam negeri dapat dipenuhi maka perencanaan pendirian pabrik dinatrium fosfat di Indonesia harus dilakukan. Dari rencana itu diharapkan dapat mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia dengan memperkerjakan warga negara Indonesia sebagai tenaga kerja dan tenaga ahli serta memungkinkan Indonesia untuk mengimpor lebih sedikit dinatrium fosfat.

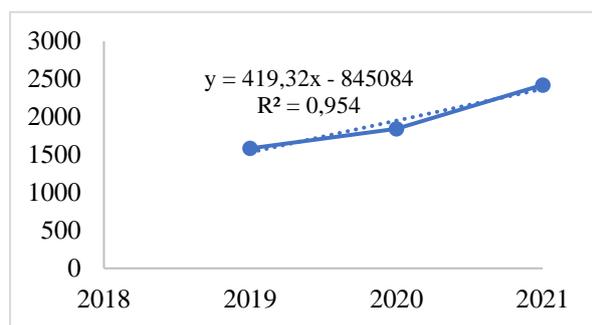


Pertimbangan untuk menentukan kapasitas pabrik dinatrium fosfat ini yaitu data impor dinatrium fosfat, kapasitas pabrik dinatrium fosfat yang telah berdiri di dunia dan ketersediaan bahan baku di Indonesia. Data impor dinatrium fosfat di Indonesia untuk dari tahun 2015-2021 dari data badan pusat statistic (BPS) ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Impor Dinatrium Fosfat di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)	Pertumbuhan (%)
2015	1.683,096	0
2016	1.446,816	-14,038
2017	1.634,503	12,972
2018	1.946,955	19,116
2019	1.585,323	-18,574
2020	1.845,244	16,395
2021	2.423,972	31,363
Total	12.565,909	47,234
Rata-rata		7,872

Dari data tersebut, diperkirakan kebutuhan dinatrium fosfat di Indonesia pada tahun 2028 yang didapatkan dengan metode regresi linear seperti gambar berikut:



Gambar 1. Grafik Regresi Linear Kebutuhan Dinatrium Fosfat

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan regresi linear dan kapasitas pabrik dinatrium fosfat yang telah berdiri di dunia, peluang kapasitas pabrik dinatrium fosfat yang akan didirikan pada tahun 2028 adalah 5.000 ton/tahun .

2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Dinatrium fosfat bisa dibentuk menggunakan 3 metode yang dibedakan berdasarkan bahan baku yang digunakan, sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan Pembuatan Dinatrium Fosfat

	Metode 1	Metode 2	Metode 3
Bahan Baku Utama	H ₃ PO ₄ dan Na ₂ CO ₃	H ₃ PO ₄ dan NaCl	Ca ₃ (PO ₄) ₂ dan H ₂ SO ₄
Bahan Pembantu	-	NH ₃ atau NH ₄ OH	NaOH, Na ₂ SO
Katalisator	-	Karosen	Natrium karbonat
Konversi	90-95%	98%	93-95%
Instalasi Peralatan	Sederhana	Kompleks	Kompleks
Produk Samping	CO ₂	NH ₄ Cl	CaSO ₄
Suhu Operasi	80 – 100 °C	40 °C	80 °C
Tahapan Reaksi	1 Tahap	2 Tahap	2 Tahap

Dari ketiga uraian diatas, bahan baku yang dipilih dengan proses netralisasi yaitu bahan baku natrium karbonat (Na₂CO₃) dan asam fosfat (H₃PO₄). Berikut beberapa hal yang telah dipertimbangkan:

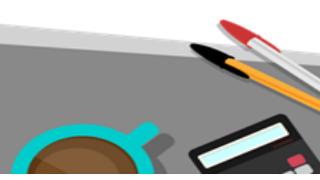
1. Energi yang dibutuhkan lebih kecil karena reaksi berjalan secara spontan.
2. Peralatan dan tahapan reaksi yang digunakan lebih sederhana
3. Bahan baku lebih mudah diperoleh dan murah.
4. Tidak menggunakan bahan baku penunjang atau katalis.
5. Instalasi peralatan sederhana karena tidak memerlukan digester dan neutralizer.

2.2. Uraian Proses

5 tahapan proses untuk membuat dinatrium fosfat secara garis besar:

2.2.1 Tahap Penyediaan Bahan Baku

Pembuatan dinatrium fosfat dari Na₂CO₃ dan H₃PO₄ menggunakan proses netralisasi. Perbandingan H₃PO₄ dan Na₂CO₃ yang digunakan sebanyak 1:1. Bahan baku Na₂CO₃ diangkut dari gudang penyimpanan (F-120) menuju *mixer* natrium karbonat (M-140). *Mixer* natrium karbonat (M-140) berujuan untuk mengencerkan natrium karbonat menggunakan pelarut air dari utilitas. Konsentrasi larutan natrium karbonat yang keluar dari *mixer* natrium karbonat (M-140) yaitu 30 % berat natrium karbonat pada suhu 30 °C. Larutan natrium karbonat kemudian dipompa ke *heater* natrium karbonat (E-142) sehingga temperaturnya menjadi 90 °C. Sedangkan bahan baku H₃PO₄ dialirkan dari tangki penyimpanan asam fosfat (F-110) menuju *mixer* asam fosfat (M-130) untuk diencerkan. Pengenceran dilakukan dengan menggunakan air proses sebagai pelarutnya dilakukan pada suhu 30 °C. Larutan asam fosfat ini kemudian dipompa ke *heater* asam fosfat (E-132) sehingga temperaturnya menjadi 90 °C.



2.2.2. Pembentukan Larutan Dinatrium Fosfat

Larutan H_3PO_4 dari heater asam fosfat kemudian dialirkan ke dalam reaktor untuk direaksikan dengan larutan Na_2CO_3 yang dialirkan dari heater natrium karbonat. Reaksi menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk (R-210) berupa silinder dengan pengaduk dibagian tengah agar reaksi lebih cepat homogen. Reaktor dioperasikan pada suhu $90\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm (Coleman, 1934). Reaksi ini terjadi pada keadaan *steady* yaitu dengan adanya *recycle* larutan induk dari *centrifuge* (H-330). Gas karbon dioksida dibuang melalui pipa fler.

2.2.3 Pengkristalan Dinatrium Fosfat

Produk yang keluar dari reaktor kemudian dipompa untuk dipekatkan pada evaporator (V-310). Larutan yang keluar dari evaporator (V-310) berupa larutan jenuh dinatrium fosfat. Larutan jenuh ini kemudian dialirkan ke *crystallizer* (X-320) untuk dikristalkan sedangkan uapnya akan menuju kondensor (E-312). Proses kristalisasi dilakukan pada suhu $40\text{ }^\circ\text{C}$, lalu dialirkan ke *centrifuge* (H-330).

2.2.3 Pengeringan Dinatrium Fosfat

Untuk memisahkan kristal dinatrium fosfat dari larutan induknya (*mother liquor*) digunakan *centrifuge* (H-330). Kristal lalu dipindahkan dari *centrifuge* (H-330) ke *rotary dryer* (B-340) menggunakan *screw conveyor* (J-333) untuk dikeringkan sedangkan larutan induknya di *recycle* ke reaktor (R-210). Udara panas yang digunakan sebagai pengering pada *rotary dryer* dihasilkan dari *air heater* (E-343) yang sebelumnya sudah di-*treatment*. Sistem pengeringan dilakukan dengan cara berlawanan arah (*counter current*) antara *cake* yang dikeringkan dengan udara pengering agar didapatkan kristal dinatrium fosfat dari 90% berat menjadi 98% berat.

2.2.5 Pengambilan Produk

Kristal dinatrium fosfat yang sudah kering dialirkan ke *ball mill* (C-350) untuk penyeragaman ukuran menggunakan *cooling conveyor* (J-344). Kemudian di alirkan ke *screen* (H-351) untuk pemisahan ukuran kristal. Kristal dinatrium fosfat *oversize* dibawa secara vertikal dengan *bucket elevator* (J-353) menuju ke *ball mill* (C-350) kembali untuk penyeragaman ukuran yang selanjutnya dikembalikan lagi ke *screen* (H-351). Selanjutnya produk yang lolos dari *screen* (H-351) dibawa secara vertikal menggunakan *bucket elevator* (J-352) menuju bin (F-354) untuk dikemas dalam *bag* yang kedap terhadap air dalam unit *packaging* (P-360). Setelah itu disimpan di dalam gudang dinatrium fosfat (F-370).

3. Utilitas

Pabrik dinatrium fosfat ini menggunakan air dari Sungai Berantas. Air yang digunakan sebanyak 5007,9663 kg/jam. Total kebutuhan air agar pabrik

dinatrium fosfat bisa berjalan dapat dilihat pada Tabel 3. sebagai berikut.

Tabel 3. Utilitas Pabrik Dinatrium Fosfat

Kebutuhan	Jumlah (kg/jam)
Steam	458,8781
Cooling Water	969,7243
Air Sanitasi	2823,6774
Water Process	755,6864
Listrik	426,6960 (kW)
Bahan Bakar	33,6327 (Liter/jam)

4. Analisa Ekonomi

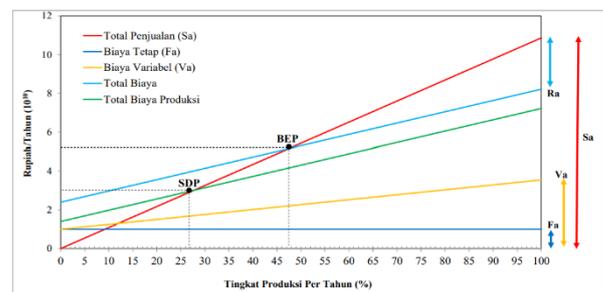
Pabrik dikategorikan layak untuk didirikan apabila dari analisa ekonomi yang dilakukan mengalami keuntungan. Analisa kelayakan ekonomi yang dilakukan yaitu ROI, POT, BEP dan SDP. Tingkay keuntungan yang dihasilkan berdasarkan tingkat investasi yang dikeluarkan disebut *Return on investment* (ROI). Waktu untuk mengembalikan modal berdasarkan untung yang didapat disebut *Pay out time* (POT). *Break Event Point* (BEP) merupakan titik dimana biaya dan penghasilan memiliki jumlah yang sama. Shut Down Point (SDP) adalah titik penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Hasil analisa ekonomi pabrik dinatrium fosfat dapat dilihat pada Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Analisa Ekonomi

Analisis	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	18,84%	Min. 11%	Layak
POT	4,52 tahun	Max. 5 tahun	Layak
BEP	47,55%	40-60%	Layak
SDP	27,95%	20-40%	Layak

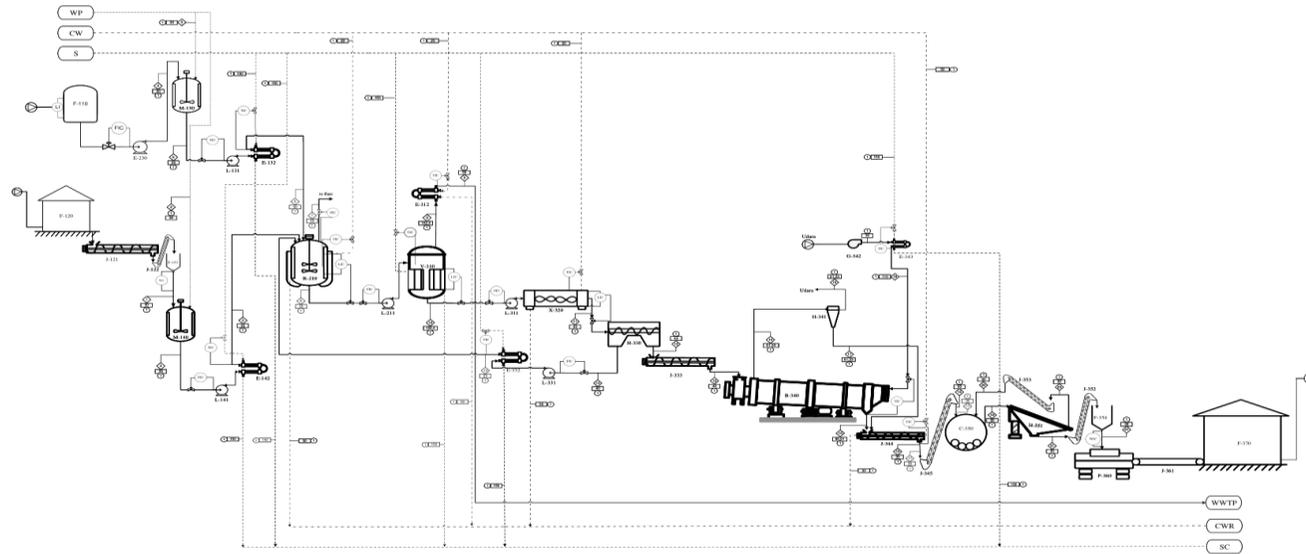
(Aries dan Newton, 1955)

Berikut adalah grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik dinatrium fosfat:



Gambar 3. Grafik BEP dan SDP

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK DINATRIUM FOSFAT DARI ASAM FOSFAT
DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES NETRALISASI
KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN**



KETERANGAN			
(S)	Steam	◇	Alliran Proses
(WP)	Water Process	◇	Nonse Alliran
(CW)	Cooling Water	□	Temperatur (°C)
(WWT)	Water Water Treatment Plant	○	Tekanan (atm)
(SC)	Steam Condensate	○	Bahan Baku
(CWR)	Cooling Water Return	○	Produk
(WC)	Weight Control	(PIC)	Pressure Indicator Control
(TIC)	Temperature Indicator Control	(FIC)	Flow Indicator Control
(LIC)	Level Indicator Control	(LI)	Level Indicator

33	E-370	GUIDANG PENYIMPANAN	1
32	J-361	BELT CONVEYOR DNF	1
31	P-360	PACKAGING	1
30	F-354	BIN DINATRIUM FOSFAT	1
29	J-353	BUCKET ELEVATOR RECYCLE	1
28	J-352	BUCKET ELEVATOR DNF	1
27	H-351	SCREEN	1
26	C-350	BALL MILL	1
25	J-355	BUCKET ELEVATOR BALL MILL	1
24	J-344	COOLING CONVEYOR	1
23	E-345	HEATER UDARA	1
22	G-342	BLOWER	1
21	H-341	CYCLONE	1
20	B-340	ROTARY DRYER	1
19	J-333	SCREW CONVEYOR	1
18	E-332	HEATER MOTHER LIQUOR	1
17	L-331	POMPA MOTHER LIQUOR	1
16	H-330	CENTRIFUGE	1
15	X-320	KRISTALIZER	1
14	E-312	KONDENSOR	1
13	L-311	POMPA EVAPORATOR	1
12	V-310	EVAPORATOR	1
11	L-211	POMPA DINATRIUM FOSFAT	1
10	R-210	REAKTOR	2
9	E-132	HEATER ASAM FOSFAT	1
8	L-131	POMPA MIXER ASAM FOSFAT	1
7	M-30	MIXER ASAM FOSFAT	1
6	F-123	BIN NATRIUM KARBONAT	1
5	J-122	BUCKET ELEVATOR NATRIUM KARBONAT	1
4	J-121	SCREW CONVEYOR NATRIUM KARBONAT	1
3	F-120	GUIDANG NATRIUM KARBONAT	1
2	L-111	POMPA ASAM FOSFAT	1
1	F-110	TANGKI ASAM FOSFAT	1
NO	KODE	NAMA ALAT	JUMLAH

Komponen	Neraca Massa (Kg/Jam)																				
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6	Arus 7	Arus 8	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12	Arus 13	Arus 14	Arus 15	Arus 16	Arus 17	Arus 18	Arus 19	Arus 20	Arus 21
Na ₂ CO ₃	251,9459	-	251,9459	-	-	-	-	13,2603	-	13,2603	13,2603	-	13,2603	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₃ PO ₄	-	-	-	232,9311	-	232,9311	-	12,2595	-	12,2595	12,2595	-	12,2595	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O	2,544908	585,3289	587,8738	41,10549	101,6587	142,7642	-	811,8760	267,3275	544,5485	251,0552	212,6006	38,4546	212,2900	0,3106	212,2900	-	-	0,3269	0,0163	0,3106
Na ₂ HPO ₄	-	-	-	-	-	-	-	337,5125	-	337,5125	6,7502	6,7502	-	-	6,7502	-	-	-	7,1055	0,3553	6,7502
Na ₂ HPO ₄ ·7H ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	624,2554	624,2554	-	3,1213	621,1342	0,0031	3,1182	-	657,1077	32,8554	624,2523
CO ₂	-	-	-	-	-	-	104,5813	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Udara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2283,7166	-	2283,7166	-	2283,7166	-	-	-	-
Total	254,4908	585,3289	839,8197	274,0366	101,6587	375,6954	104,5813	1174,9083	267,3275	907,5808	907,5808	843,6063	63,9745	2499,1279	628,1950	2496,0097	3,1182	2283,7166	664,5401	33,2270	631,3131

Dibersihkan Oleh:
SITI HUMANIBOHI FT HEALTH
NOOR ANSYA MAULIDA (181081420080)
(181081420019)

Dosen Pembimbing:
BINNY JELETA, S.T., M. Eng
NIP. 199003110100020019

FLOWSHEET
PRARANCANGAN PABRIK DINATRIUM FOSFAT
DARI ASAM FOSFAT DAN NATRIUM KARBONAT
DENGAN PROSES NETRALISASI
KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAHORE MANGKURAT
BANJARBARU
2022

Gambar 2. Diagram Alir Proses Pra rancangan Pabrik Dinatrium Fosfat dari Asam Fosfat dan Natrium Karbonat dengan Proses Netralisasi Kapasitas 5.000 Ton/Tahun



5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa teknis dan ekonomi pada Prarancangan Pabrik Dinatrium Fosfat dari Asam Fosfat dan Natrium Karbonat dengan Proses Netralisasi Kapasitas 5.000 ton/ tahun maka dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik akan didirikan di daerah Nganjuk, Jawa Timur pada tahun 2028 dengan kapasitas 5.000 ton/ tahun. Bentuk perusahaan yaitu Perseroan Terbatas. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 124orang. Analisa kelayakan ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 18,84%, POT sebesar 4,52 tahun, nilai BEP sebesar 47,55% dan nilai SDP sebesar 27,95%. Kesimpulan yang dapat diambil yaitu di Indonesia sendiri pabrik dinatrium fosfat ini termasuk dalam kategori layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- BPS. (2022): Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia. Jakarta
- Coleman, J. H. (1934a): Making Disodium Phosphate. The Warner Chemical Company.
- Culp, R. L., Wesner, G. M. dan Culp, G. L. (1978): Handbook of Advanced Wastewater Treatment. Van Nostrand Reinhold Co.
- Joshi, M. V. (1976): Process Equipment Design. Mc Millan Company. New Delhi
- Jumalia, R. dan Zainul, R. (2019): Natrium Karbonat: Termodinamika dan Transport Ion. A Review.
- Kawamura, S. (1991): Integrated Design of Water Treatment Facilities. John Wiley & Sons, Inc. USA
- Snell, F. D. (1931): Trisodium Phosphate Its Manufacture and Use. 23. Industrial Engineering Chemistry.
- Ullmann (1999): Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 5th Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York

