



PRARANCANGAN PABRIK *SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE* DARI ASAM FOSFAT DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES POLIKONDENSASI KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Anneza Yulianti^{*1}, Suci Fajria Cahyani¹

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

^{*}Corresponding Author: anneza798@gmail.com

Abstrak

Sodium tripolyphosphate (Na₅P₃O₁₀) merupakan senyawa organik padat yang termasuk kelompok senyawa condensed inorganic phosphate. Sodium tripolyphosphate digunakan dalam skala besar sebagai komponen produk rumah tangga dan industri. Kebutuhan STPP diperkirakan akan terus meningkat seiring tingginya pertumbuhan konsumsi perkapita maupun penambahan penduduk Sehingga sangat tepat apabila di Indonesia didirikan pabrik STPP, dengan tujuan utama yaitu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang cenderung meningkat setiap tahunnya, Pabrik ini direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk STPP sebesar 50.000 ton/tahun dan rencana didirikan pada tahun 2025.

Pembuatan sodium tripolyphosphate pada prarancangan pabrik ini adalah netralisasi asam fosfat dengan natrium karbonat pada tekanan 1 atm dan suhu 90 °C, dimana reaktor yang digunakan adalah reaktor tangki berpengaduk (RTB) dan reaksi bersifat eskotermis (menghasilkan panas). Keluaran reaktor yang sudah melalui proses penetralan berupa larutan ortofosfat dialirkan ke crystallizer sehingga terbentuk butiran kristal dan cairannya dipisahkan menggunakan centrifuge. Produk kemudian dikeringkan ke dalam rotary dryer pada tahap pertama, kemudian dikeringkan lagi lebih lanjut pada rotary kiln. Reaksi antara mono dan disodium fosfat terjadi didalam rotary kiln sehingga menghasilkan produk STPP dengan kemurnian 91%.

Perusahaan berbentuk PT dengan sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari shift dan non-shift dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 126 orang. Didapatkan hasil (TCI) sebesar Rp 1.313.480.572.431 dan hasil penjualan sebesar Rp 1.374.782.767.928. Return of Investment (ROI) sebesar 14%. Pay Out Time (POT) sebesar 4,24 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 45% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 22%.

Kata kunci: Asam fosfat, natrium karbonat, ortofosfat, STPP.

1. Pendahuluan

Industri kimia merupakan salah satu industri yang terus melakukan perkembangan dan inovasi. STPP adalah salah satu produk turunan dari fosfat yang memiliki rumus molekul Na₅P₃O₁₀ disebut juga dengan *sodium triphosphate* atau *penta sodium tripolyphosphate*. STPP merupakan kristal garam anorganik yang termasuk dalam kelompok fosfat terkondensasi. STPP berguna dalam produksi makanan dan kosmetik. Selain itu, STPP telah digunakan sebagai pelunak air dalam teknologi peningkatan bijih dan kaolin. Lebih dari 70% STPP diproduksi digunakan sebagai pengisi dalam produksi deterjen (Makara dan Smol, 2008). STPP diperoleh melalui reaksi netralisasi dengan mereaksikan asam fosfat dan natrium karbonat sehingga menghasilkan monosodium fosfat dan

disodium fosfat. Selanjutnya produk dikeringkan terlebih dahulu pada tahap pertama di *rotary dryer* dan mengkonversi monosodium fosfat dan disodium fosfat menjadi STPP pada tahap kedua di *rotary kiln*.

Senyawa STPP di Indonesia memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan, baik ditinjau dari potensi bahan baku maupun pasarnya. Sehingga sangat tepat apabila di Indonesia didirikan pabrik STPP, dengan tujuan utama yaitu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang cenderung meningkat setiap tahunnya serta mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) jumlah impor STPP di Indonesia pada tahun 2013 hingga 2019 dapat dilihat pada Tabel 1.



Tabel 1 Data Import STPP di Indonesia

Tahun	Jumlah
2015	17485,135
2016	35186,153
2017	10669,157
2018	12124,891
2019	8878,126

Diperkirakan jumlah kebutuhan STPP di Indonesia pada tahun 2025 berdasarkan data yang didapatkan saat pabrik didirikan dengan perhitungan melalui metode discounted menggunakan persamaan sebagai berikut (Ulrich, 1984):

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

Dimana:

- P = Besarnya data pada tahun sekarang (ton/tahun)
 I = Kenaikan data rata-rata
 n = Selisih tahun (tahun ke-n)

Hasil Perhitungan *discounted method*, diperoleh peluang kapasitas produksi STPP di Indonesia pada tahun 2025 adalah sebesar 50.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Terdapat dua metode umum dalam pengolahan sodium tripolyphosphate (STPP) yaitu proses pembuatan dilakukan berdasarkan jumlah tahap proses yang digunakan (Zoller dan Sosis, 2008), yaitu proses pengeringan polikondensasi satu tahap dan proses pengeringan polikondensasi dua tahap. Adapun perbandingan dari proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari perbandingan proses dan perbandingan bahan baku dipilih cara pembuatan STPP dengan proses polikondensasi dua tahap dimana pengeringan dan kalsinasi terpisah serta bahan baku yang digunakan adalah asam fosfat (H_3PO_4) dan soda abu (Na_2CO_3) dengan pertimbangan diantaranya :

1. Produk yang dihasilkan lebih kering.
2. Memproduksi STPP dengan konsentrasi lebih dari 90%.
3. Mengurangi kebutuhan impor STPP.
4. STPP berfungsi sebagai bahan baku utama deterjen dan membantu proses pelunakan air.

Tabel 2 Perbandingan Proses Pembuatan STPP

Parameter	Proses Polikondensasi Satu Tahap		Proses Polikondensasi Dua Tahap	
	Bahan baku	Bahan baku H_3PO_4 dan Na_2CO	Bahan baku H_3PO_4 dan $NaOH$	Bahan baku H_3PO_4 dan Na_2CO
	3		3	
Alat Utama	<i>Dryer</i> atau <i>rotary kiln</i>		<i>Dryer</i> dilanjutkan <i>rotary kiln</i>	
Konversi Reaksi	$\pm 78\%$	70%	80%	75%
Kemurnian Produk	80-88%	70%	90-95%	80%
Suhu Reaktor	80-90°C	80-90°C	80-90°C	80-90°C
Suhu <i>Rotary Kiln</i>	300-500°C		± 500 °C	
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm
Harga Bahan Baku	Relatif lebih murah	Mahal	Relatif lebih murah	Mahal

2.2 Uraian Proses

perancangan ini menggunakan proses yaitu pengeringan polikondensasi metode dua tahap. Adapun uraiannya adalah :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Pembuatan STPP digunakan bahan baku berupa soda abu (Na_2CO_3) dan asam fosfat (H_3PO_4). Soda abu solid yang bersuhu lingkungan (30°C) diangkut menuju ke Reaktor (R-210) dengan menggunakan belt conveyor (J-121) dilanjutkan dengan bucket elevator. Bersamaan dengan ini asam fosfat (H_3PO_4) cair yang bersuhu sekitar 30°C dipompakan menuju reaktor dan sebelum masuk reaktor suhu disetarakan terlebih dahulu menggunakan heater (E112) sehingga suhu keluaran nantinya mendekati 90°C. Heater menggunakan media steam sebagai pemanas.

2. Tahap Proses Reaksi

Asam fosfat didalam reaktor dialirkan soda abu untuk direaksikan. Asam fosfat dan soda abu di reaktor diberikan pendingin air untuk menjaga suhu reaksi agar tidak tinggi dikarenakan keduanya bereaksi secara eksotermis. Proses penetralan ini nantinya akan menghasilkan garam-garam ortofosfat yang berupa 1





mol monosodium fosfat dan 2 mol disodium fosfat (Hensler dkk., 1981) dan juga menghasilkan CO₂ sebagai produk sampingnya. Reaktor dijalankan pada suhu 90°C dan pada tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor adalah (Suwarnakar dkk., 2017):



Produk yang terbentuk disebut larutan ortofosfat. Kemudian larutan ortofosfat tersebut dilewatkan ke Crystallizer (X-310). Crystallizer (X-310) digunakan untuk mengkristalkan NaH₂PO₄ dan Na₂HPO₄. Dalam crystallizer (X310) terjadi proses pendinginan sehingga penurunan suhu larutan menyebabkan solubility NaH₂PO₄ dan Na₂HPO₄ turun dan terbentuk butiran-butiran kristal dalam proses ini. Untuk memisahkan butiran-butiran kristal dan cairannya, maka dimasukkan ke dalam centrifuge (H-330). Produk keluaran centrifuge (H-320) dimasukkan ke dalam rotary dryer (B-330) untuk dikeringkan pada tahap pertama. Rotary dryer (B-330) menggunakan kompresi udara yang dipanaskan menggunakan heater udara (E-332) untuk media pemanas. Didalam rotary dryer (B-340) ortofosfat mulai mengering sehingga dipasang cyclone (H-333) untuk menangkap butiran halus yang terbang kemudian dibawa menuju rotary kiln (B340). Ortofosfat yang keluar mendekati suhu 97°C. Ortofosfat dikeringkan lebih lanjut di rotary kiln (B-340) dengan transportasi menggunakan screw conveyor (J344). Reaksi yang terjadi di dalam rotary kiln adalah (Edwards dkk., 1956):



Reaksi antara monosodium fosfat dan disodium fosfat di dalam rotary kiln (B-340) menghasilkan produk STPP dengan kemurnian mencapai 91%. Suhu keluaran dari rotary kiln sekitar 450°C, disini sudah mulai terbentuk kristal sehingga dipasang cyclone (H-344) untuk menangkap butiran halus yang terbang kemudian dibawa menuju rotary cooler (B-350).

3. Tahap Akhir

Temperatur produk dari rotary kiln (B-340) diturunkan menjadi 60 °C di rotary cooler (B-350). Rotary cooler menggunakan udara yang dikompresi untuk media pendingin. Diatasnya juga terdapat cyclone (H-352) untuk memisahkan butiran halus yang terikut kemudian dibawa menuju ball mill (C-360). Produk STPP yang terbentuk dilakukan penggilingan didalam ball mill (C360) sesuai ukuran yang diharapkan yaitu 200 mesh.

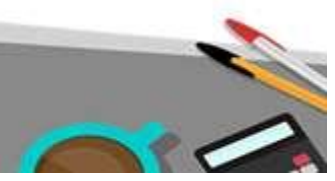
Hasil keluaran ball mill (C360) dipisahkan di vibrating screen (H-361), dimana ukuran yang terlalu besar akan masuk lagi ke ball mill. Kemudian di lakukan packaging (P-410) untuk dikemas ke dalam karung yang selanjutnya diangkut ke dalam gudang penyimpanan produk (F-420).

3. Utilitas

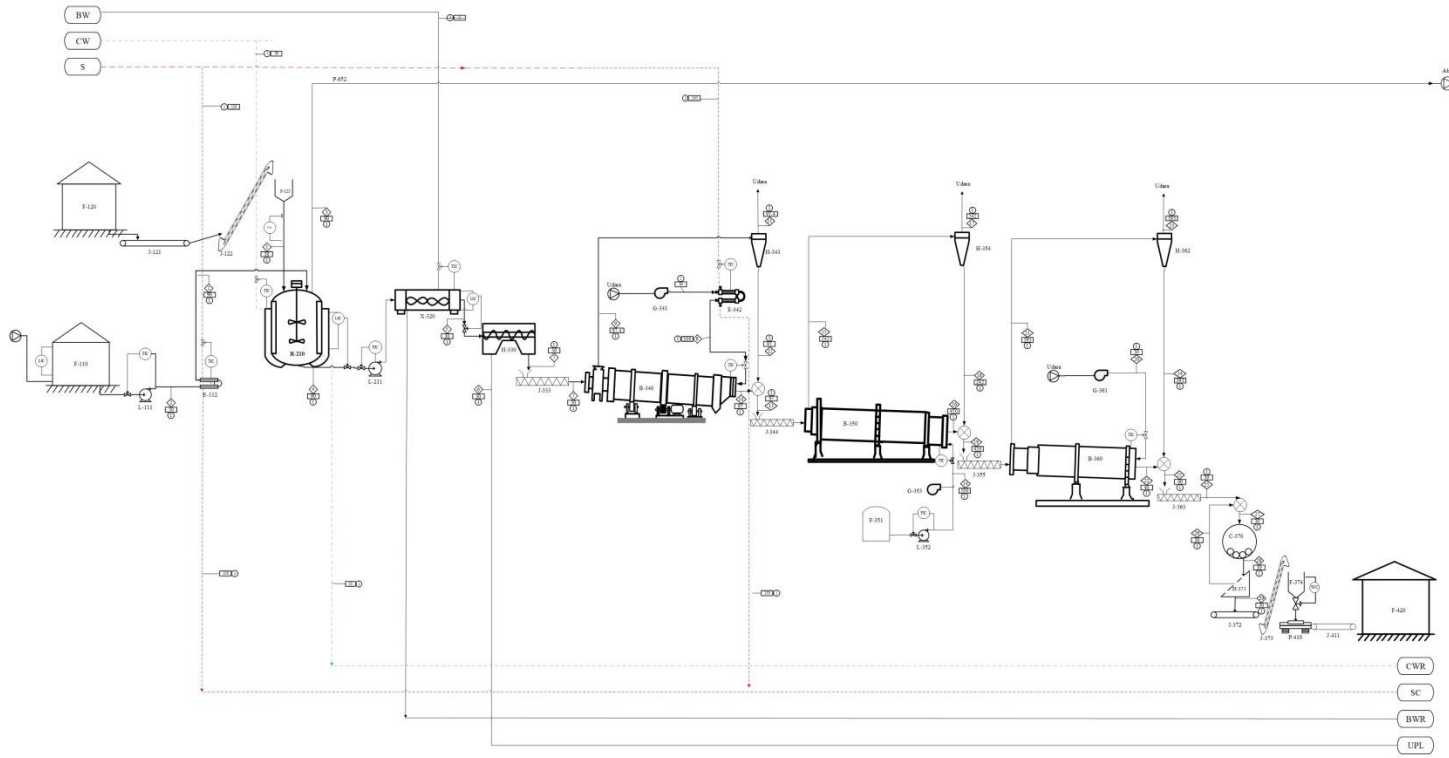
Kebutuhan air untuk pabrik Sodium Tripolyphosphate diperoleh dari aliran sungai Bengawan Solo dengan debit air adalah sebesar 2.462.400.000 m³ /jam. Kualitas air sungai Bengawan Solo termasuk dalam kelas 3 dengan pH sekitar 6-8 sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum digunakan hingga memenuhi kualitas air bersih. Dapat dilihat pada Tabel 3. kebutuhan total utilitas yang diperlukan untuk operasi pabrik STPP yaitu :

Tabel 3. Utilitas Pabrik STPP

Kebutuhan	Jumlah
Steam	1385, 3254 kg/jam
Cooling Water	7414, 8356 kg/jam
Listrik	719,4075 kW
Bahan Bakar	8,8169 kg/jam



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE DARI ASAM
FOSFAT DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES
POLIKONDENSASI KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN



KETERANGAN

(S) Steam	(BW) Brine Water	(WP) Water Process	(CW) Cooling Water	(CWR) Cooling Water Return	(BWR) Brine Water Return	(SC) Steam Condensate	(N) Nonium Alum	(T) Temperatur (°C)	(mm) Tekanan (mm)	(B) Bahan Baku	(P) Produk
(WC) Weight Control	(TIC) Temperature Indicator Control	(LIC) Level Indicator Control	(PIC) Pressure Indicator Control	(FIC) Flow Indicator Control							

NO	KODE	NAMA ALAT	JUMLAH
35	F-420	GDANG PENYIMPANAN STPP	1
34	J-411	BELT CONVEYOR	1
33	P-410	PACKAGING	1
32	F-364	BIN STPP	1
31	J-363	BUCKET ELEVATOR STPP	1
30	J-362	BELT CONVEYOR STPP	1
29	H-361	SCREEN	1
28	C-360	BALL MILL	1
27	J-353	SCREW CONVEYOR ROTARY COOLER	1
26	H-352	CYCLONE ROTARY COOLER	1
25	G-351	BLOWER ROTARY COOLER	1
24	B-350	ROTARY COOLER	1
23	J-345	SCREW CONVEYOR ROTARY KILN	1
22	H-344	CYCLONE ROTARY KILN	1
21	G-343	BLOWER	1
20	L-342	POMPA FUEL OIL	1
19	F-341	TANGKI FUEL OIL	1
18	B-340	ROTARY KILN	1
17	J-334	SCREW CONVEYOR ROTARY DRYER	1
16	H-333	CYCLONE ROTARY DRYER	1
15	E-332	HEATER UDARA	1
14	G-331	BLOWER	1
13	B-330	ROTARY DRYER	1
12	J-321	SCREW CONVEYOR CENTRIFUGE	1
11	H-320	CENTRIFUGE	1
10	X-310	KRISTALIZER	1
9	L-211	POMPA REAKTOR	1
8	R-210	REAKTOR	4
7	F-123	BIN SODIUM KARBONAT	1
6	J-122	BUCKET ELEVATOR SODIUM KARBONAT	1
5	J-121	BELT CONVEYOR SODIUM KARBONAT	1
4	F-120	GDANG SODIUM KARBONAT	1
3	E-112	HEATER ASAM FOSFAT	1
2	L-111	POMPA ASAM FOSFAT	1
1	F-110	TANGKI ASAM FOSFAT	3

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	Arus 22	Arus 23	Arus 24	Arus 25	Arus 26	Arus 27	Arus 28	Arus 29	
H ₂ PO ₄	6160,4128			616,0413	616,0413	616,0413																								
Na ₂ CO ₃	5772,0868			774,609	774,609	774,609																								
NaCl	23,3216			23,3216	23,3216	23,3216																								
Na ₂ SO ₄	2,3322			2,3322	2,3322	2,3322																								
Na ₂ HPO ₄				2262,8202	2262,8202	0,3861	2262,4341		113,1217	2149,3124	0,1131	113,0086	2262,321																	
Na ₂ HPO ₃				5355,4103	5355,4103	0,8558	5354,5545		267,2727	5082,8268	0,2677	267,46	5354,2868																	
H ₂ O	32,6502	1087,1312	84,8628	1883,5473	1883,5473	173,0872	1710,4602		1555,0114	155,4487	1555,0114		155,4487		834,1531		834,1531													
CO ₂			2074,9905																											
Na ₂ P ₂ O ₇																126,2677	6187,1162	0,1263	126,1414	6313,2576										
Na ₄ P ₂ O ₇																9,029	442,423	0,009	9,02	451,443										
NaPO ₃																3,4614	169,6062	0,0035	3,4579	173,0641										
Udara																														
Total	8830,3908	7247,544	2159,8533	10918,082	10918,082	1590,6332	9327,4488	1865,4849	1865,4849	3801,3457	7387,2879	3420,882	380,4686	7772,0565	1554,4113	2527,3225	6799,1454	2388,7032	138,6193	6937,7647	9210,0306	9348,7860	6799,0094	9210,0306	138,6165	6937,6259	365,1383	7302,7642	7302,7642	6937,6259

Dikerjakan Oleh :
ANNEZA YULANTI (1610814120012)
SECTI FARMA CARYANI (1610814120016)

Dosen Pembimbing :
DESI SURANDINI, S.T., M.Eng.
 NIP. 1987110200804 1 904

FLOWSHEET
 PRARANCANGAN PABRIK SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE DARI ASAM FOSFAT DAN NATRIUM KARBONAT DENGAN PROSES POLIKONDENSASI KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS LAHANG MANGKURAT
 BANBARU
 2021

Gambar 2.1 Flow Diagram Process Pembentukan Sodium Tripolyphosphate



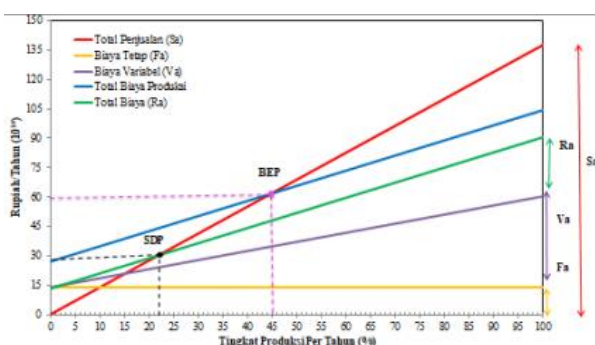
4. Analisa Ekonomi

Kelayakan didirikannya pabrik STPP dapat diketahui dengan melakukan analisa ekonomi. Apabila dilihat dari segi ekonomi, suatu pabrik akan dikatakan sehat apabila kewajiban finansial dapat terpenuhi jika dapat mendatangkan keuntungan yang layak untuk perusahaan dan pemiliknya. Dapat dilihat pada Tabel 4. hasil analisis ekonomi pabrik STPP, yaitu :

Tabel 4. Analisa Ekonomi

Analisa	Persentase	Batasan	Keterangan
ROI	21%	Min. 11%	Layak
POT	4.24	Max. 5 tahun	Layak
BEP	45%	40-60%	Layak
SDP	22%	20-40%	Layak

Tingkat laba yang dihasilkan dari investasi yang dikeluarkan dibagi dengan pendapatan disebut ROI (*Return on Investment*). *Pay Out Time* (POT) yaitu *payback period* atau waktu pengembalian modal (uang investasi). *Break Even Point* (BEP) merupakan titik yang menunjukkan tingkat biaya dan penghasilan sama disebut. *Shut Down Point* (SDP) merupakan titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan disebut. Penyebab terjadinya SDP umumnya *variable cost* yang terlalu tinggi dan keputusan manajemen akibat tidak ekonomis suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan laba). Dapat dilihat pada gambar 2 grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik STPP, yaitu :



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada Prarancangan Pabrik *Sodium Tripolyphosphate* (STPP) dari Asam Fosfat dan Natrium Karbonat dengan Proses

Pengeringan Polikondensasi Satu Tahap Kapasitas 50.000 ton/tahun, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik akan didirikan di daerah Kec. Jenu, Kab. Tuban, Provinsi Jatim pada tahun 2025 dengan kapasitas 50.000 ton/tahun. PT atau Perseroan Terbatas merupakan bentuk hukum perusahaan yang digunakan sedangkan bentuk organisasi berupa garis (lines) dan staff. Adapun total tenaga kerja yang dibutuhkan sebesar 106 orang. Dari evaluasi ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 14% dan POT sebesar 4.24 tahun. Kemudian diperoleh BEP sebesar 45% dan SDP sebesar 22% sehingga berdasarkan hasil analisa yang didapat bahwa pabrik TSP ini layak untuk didirikan di Indonesia.

Daftar Pustaka

- BPS. (2020): Data Impor Sodium Tripolyphosphate.
- Hensler , P. L., Church, D. F., Beger, R. W. dan Zion, M. (1981): Preparation of Granular Sodium Tripholyphosphate Products USA
- Ulrich , G.D. 1984. A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. John Willey and Sons : New York.
- Zoller , U. dan Sosis, P. (2008): Handbook of Detergents part F Production. 142. CRC Press. London New York.

