

PRARANCANGAN PABRIK *TRIPLE SUPERPHOSPHATE* DARI *PHOSPHATE ROCK* DAN *PHOSPHORIC ACID* DENGAN PROSES GRANULASI KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

Muhammad Ilmi^{1*}, Rajowardi¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: muhammadilmi32@gmail.com

Abstrak

Triple superphosphate (TSP) adalah *nutrient* anorganik yang digunakan untuk memperbaiki hara tanah untuk pertanian. *Triple superphosphate* memiliki unsur fosfor yang cukup tinggi sebesar $\pm 50\%$. Unsur fosfor (P) berperan penting dalam perkembangan tanaman, karena fosfor termasuk unsur hara makro esensial. *Triple superphosphate* juga mengandung 15% kalsium (Ca) untuk memberikan nutrisi tanaman tambahan. Hingga saat ini di Indonesia masih mengimpor pupuk *triple superphosphate*, sehingga dengan didirikannya pabrik ini di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pupuk *triple superphosphate* dalam negeri. Pabrik ini direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk *triple superphosphate* sebesar 200.000 ton/tahun dan rencana didirikan pada tahun 2023. Bahan baku utama yang digunakan adalah batuan fosfat dan asam fosfat. Batuan fosfat diperoleh dari Jhordan Phospat Mines Co, Morocco, Mesir dan Amerika Selatan. Plc. Sedangkan untuk asam fosfat dari Tuban (Jawa Timur) dan PT. Petrokimia Gersik.

Pembuatan pupuk *triple superphosphate* dilakukan dengan mereaksikan batuan fosfat dan asam fosfat dalam reaktor tangki berpengaduk (RTB). Reaksi berlangsung pada suhu 100 °C dan tekanan 1 atm. Hasilnya berupa *slurry* kemudian disalurkan ke dalam granulator. Produk dari granulator yang berupa granul kemudian dikeringkan ke *rotary dryer*. Kemudian diayak menuju *screen* untuk keseragaman ukuran kemudian dialirkan ke *cooler* untuk didinginkan, ditampung di tempat penampungan sementara, dikemas dan siap untuk dikirim.

Pemasaran *triple superphosphate* diutamakan untuk konsumsi dalam negeri. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line* dan *staff*. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari *shift* dan *non-shift* dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 197 orang. Adapun hasil analisa ekonomi memberikan hasil investasi modal total (TCI) adalah sebesar Rp 913.470.886.528,21 dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp 1.671.340.000.000. Selain itu diperoleh juga *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 39 % dan *Return of Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 25 %. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 2,1 tahun dan *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak sebesar 2,9 tahun. Sehingga diperoleh *Break Event Point* (BEP) sebesar 43 % dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 28%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik *triple superphosphate* dengan kapasitas 200.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci: *triple superphosphate*, batuan fosfat, asam fosfat.

1. Pendahuluan

Industri di Indonesia saat ini sedang mengalami perkembangan. Salah satunya pada industri pupuk. Industri pupuk diperkirakan mempunyai prospek pasar yang cukup baik dan peluang investasi yang cukup besar. Perkembangan industri pupuk di Indonesia dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2013 sebesar 6.698.349 ton/tahun, mengalami kenaikan hingga pada tahun 2017 sebesar 6.838.065 ton/tahun (BPS, 2019). Kebutuhan akan produksi pertanian yang terus meningkat seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk, mengakibatkan kebutuhan akan

pupuk juga semakin meningkat. Produk yang dihasilkan diharapkan tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, namun juga dapat diekspor dan menambah devisa negara. Hingga saat ini, salah satu kebutuhan pupuk yang masih diimpor adalah *triple superphosphate* (TSP). TSP merupakan salah satu pupuk yang digunakan dalam lahan pertanian.

Peningkatan kebutuhan pupuk tersebut akan meningkatkan kebutuhan asam fosfat dan batuan fosfat yang merupakan salah satu bahan baku pembuatan pupuk TSP. TSP adalah *nutrient* anorganik yang digunakan



untuk memperbaiki hara tanah untuk pertanian. TSP memiliki unsur fosfor yang cukup tinggi sebesar $\pm 50\%$. Unsur fosfor (P) berperan penting dalam perkembangan tanaman, karena fosfor termasuk unsur hara makro esensial. TSP juga mengandung 15% kalsium (Ca) untuk memberikan nutrisi tanaman tambahan (Rosmarkam and Yuwono 2002).

Dengan didirikannya pabrik TSP ini diharapkan dapat mengurangi impor TSP. Sehingga Indonesia tidak perlu untuk mengimpor TSP serta dapat mendorong pertumbuhan industri kimia, menciptakan lapangan pekerjaan, mengurangi pengangguran serta dapat menumbuhkan dan memperkuat perekonomian di Indonesia.

Data kapasitas pabrik yang sudah ada dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1 Data Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

No.	Nama Perusahaan	Jumlah (Ton)
1	PT. Petrokimia Gresik	500.000
2	PT. Pupuk Kujang	150.000
Total		650.000

Data kebutuhan impor TSP di Indonesia dari tahun 2013-2017 dapat dilihat pada tabel berikut (*UN Comtrade*).

Tabel 2 Kebutuhan Impor TSP

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2013	1.005.183	0
2	2014	1.036.859	3,15
3	2015	1.387.252	33,79
4	2016	1.284.516	-7,40
5	2017	1.292.794	0,64
Pertumbuhan Rata-rata			6,04

Berdasarkan data di atas, perkiraan jumlah kebutuhan TSP pada tahun 2023 dapat diperkirakan menggunakan perhitungan *discounted method* dengan rumus sebagai berikut (Peters, 1991):

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dan data TSP pada tahun 2013 sampai 2017 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik TSP yang akan didirikan pada tahun 2023 yaitu 1.088.010 ton/tahun. Dengan perhitungan kebutuhan diatas, maka diputuskan untuk membangun pabrik yang dapat memenuhi 20% dari kebutuhan TSP dalam negeri kapasitas sebesar 200.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

Berdasarkan jenis proses yang dilakukan dalam pembuatan TSP dapat dibedakan menjadi 2, yaitu: Pembuatan TSP granular (GTSP) dan Pembuatan TSP *run-of-the-pile* (ROP-TSP). Adapun perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Jenis-Jenis Pembuatan TSP

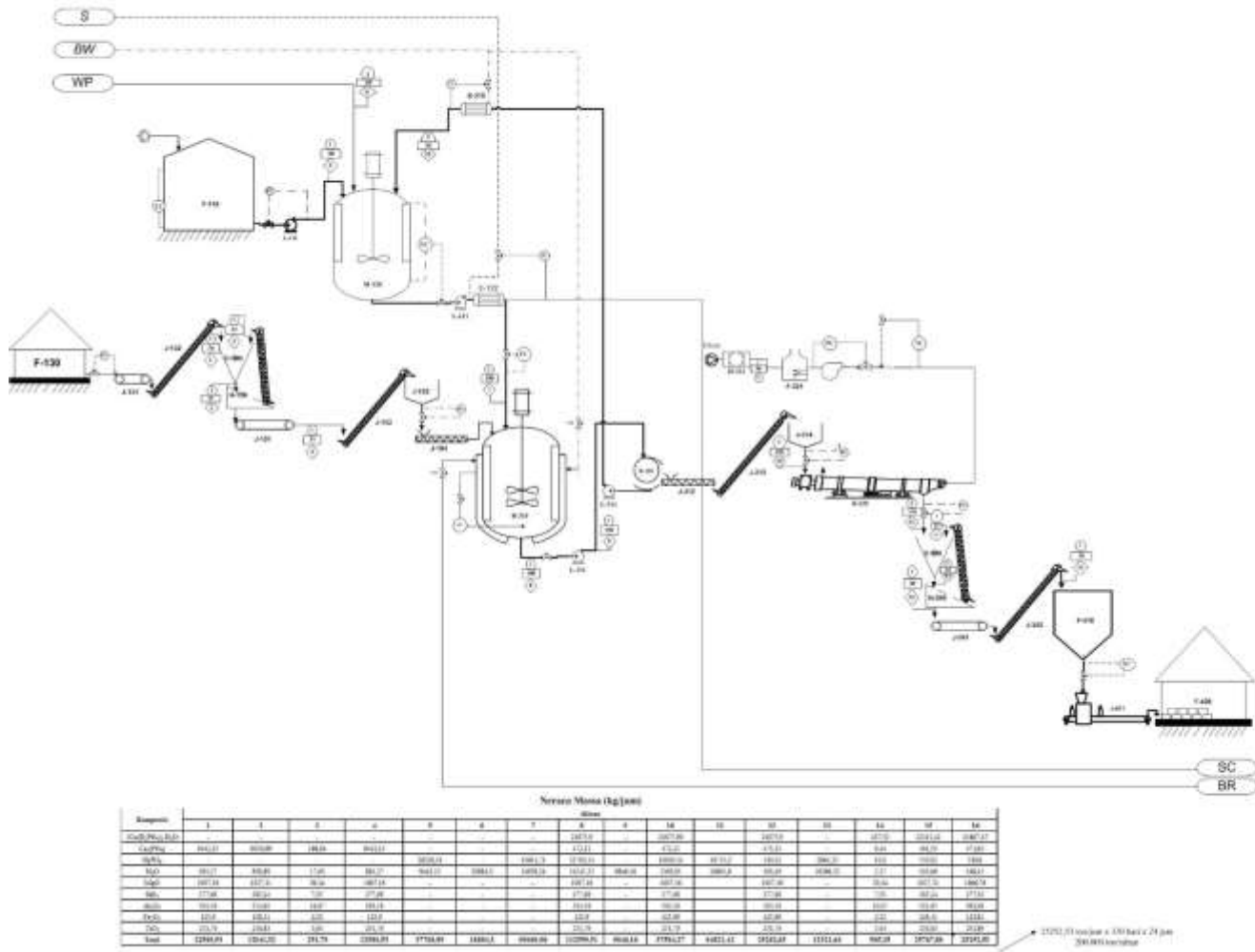
No.	Parameter	Jenis Proses	
		Granular (GTSP)	ROP (ROP-TSP)
1	Bahan baku	- Batuan fosfat - Asam fosfat (40% P ₂ O ₅)	- Batuan fosfat - Asam fosfat (50-55% P ₂ O ₅)
2	Teknis - Yield - Konversi - Suhu - Waktu tinggal	15% - 60% 95% 79 °C - 126 °C 1-2 jam	NA 85% NA 3-5 minggu
3	Produk	Berbentuk granul	Berbentuk bulk
4	Lainnya	Pengemasan	Proses lebih lanjut menjadi granul

Berdasarkan dua proses diatas, maka proses yang terpilih adalah proses pembuatan TSP adalah proses granular (GTSP) dikarenakan proses ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya konversi yang lebih

besar, waktu tinggal dalam reaktor lebih sedikit (lebih cepat) dan produk berbentuk granul yang memudahkan untuk pengemasan langsung.



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK TRIPLE SUPERPHOSPHATE DARI PHOSPHATE ROCK DAN PHOSPHORIC ACID DENGAN PROSES GRANULASI
KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN



KETERANGAN			
(R)	Reaktor	(V)	Vadok
(P)	Pompa	(F)	Filter
(S)	Skrin	(G)	Granulator
(M)	Molen	(C)	Choker
(K)	Konveyor	(E)	Elektronik
(T)	Tanku	(D)	Damper
(B)	Balok	(A)	Alumina

10	F-100	SISTEM PIRING	1
11	F-101	PALANGI (SIT)	1
12	F-102	SEDI	1
13	F-103	SEDI	1
14	F-104	SEDI	1
15	F-105	SEDI	1
16	F-106	SEDI	1
17	F-107	SEDI	1
18	F-108	SEDI	1
19	F-109	SEDI	1
20	F-110	SEDI	1
21	F-111	SEDI	1
22	F-112	SEDI	1
23	F-113	SEDI	1
24	F-114	SEDI	1
25	F-115	SEDI	1
26	F-116	SEDI	1
27	F-117	SEDI	1
28	F-118	SEDI	1
29	F-119	SEDI	1
30	F-120	SEDI	1
31	F-121	SEDI	1
32	F-122	SEDI	1
33	F-123	SEDI	1
34	F-124	SEDI	1
35	F-125	SEDI	1
36	F-126	SEDI	1
37	F-127	SEDI	1
38	F-128	SEDI	1
39	F-129	SEDI	1
40	F-130	SEDI	1
41	F-131	SEDI	1
42	F-132	SEDI	1
43	F-133	SEDI	1
44	F-134	SEDI	1
45	F-135	SEDI	1
46	F-136	SEDI	1
47	F-137	SEDI	1
48	F-138	SEDI	1
49	F-139	SEDI	1
50	F-140	SEDI	1
51	F-141	SEDI	1
52	F-142	SEDI	1
53	F-143	SEDI	1
54	F-144	SEDI	1
55	F-145	SEDI	1
56	F-146	SEDI	1
57	F-147	SEDI	1
58	F-148	SEDI	1
59	F-149	SEDI	1
60	F-150	SEDI	1

Disusun Oleh : ...
 Ditinjau Oleh : ...

FLOWSHEET
PRARANCANGAN PABRIK TRIPLE SUPERPHOSPHATE DARI PHOSPHATE ROCK DAN PHOSPHORIC ACID DENGAN PROSES GRANULASI
KAPASITAS 200.000 TON/TAHUN

PROGRAM STUDI S.1 TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKUBAT
 BANJARABARU
 2019

Gambar 1. Process Flow Diagram Prarancangan Pabrik Triple Superphosphate dari Phosphate Rock dan Phosphoric Acid dengan Proses Granulasi Larutan Kapasitas 200.000 Ton/Tahun

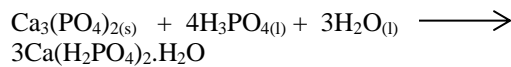
Proses pembuatan TSP ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap ini merupakan tahap awal yang dilakukan dari proses keseluruhan dalam pabrik. Asam fosfat disimpan dalam tangki penampung (F-130). Sebelum masuk ke reaktor (R-210) dipanaskan sampai 30 °C di *heater* (E-122). Batuan fosfat ukuran 200 mesh ditampung dalam *hopper* (J-153). Sebelum masuk ke reaktor (R-210) di hancurkan di *crusher* (C-140) sampai ukuran menjadi 100 *mesh*.

b. Tahap reaksi

Reaksi terjadi dalam reaktor (R-210) dimana reaksi antara asam fosfat dengan batuan fosfat bereaksi pada suhu 100 °C. Hasil dari reaksi berupa *slurry* yang dilanjutkan ke *rotary drum vacum filter* (B-310) untuk dipisahkan asam fosfat dan produk. Reaksi yang terjadi adalah:



c. Tahap Pemptiran dan Pengeringan

Pada tahap ini terjadi dalam *rotary dryer* (B-320). Di dalam *rotary dryer* (B-320) hasil reaksi yang berupa *slurry* diubah menjadi granul (butiran-butiran kecil) dengan suhu operasi 100 °C. Pengeringan terjadi di dalam *rotary dryer* (B-320) dengan suhu 100 °C. Pengeringan dimaksudkan untuk mengeringkan produk TSP dengan standar pengeringan ditentukan.

d. Tahap penanganan produk

Butiran yang keluar dari *rotary dryer* (B-320) di angkut dalam *crusher* (C-330) menuju *screen* (H-340) untuk diayak supaya ukurannya seragam dengan ukuran 6 *mesh* yang lolos *screen*. Produk kemudian dimasukkan dalam silo (F-410) untuk disimpan sementara kemudian di kemas dengan kemasan 25 kg per sak dan produk siap untuk dikirim.

Berdasarkan tinjauan termodinamika, dapat diketahui bahwa reaksi pembentukan produk bersifat endotermis atau eksotermis dengan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 4. Data ΔH_f° pada temperatur 25 °C (Yaws, 1999)

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)
H ₂ O	-286
Ca ₃ (PO ₄) ₂	-234,78
H ₃ PO ₄	-309,32
3Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·2H ₂ O	-3409,70

Perhitungan entalpi pada temperatur 25 °C

$$\begin{aligned} \Delta H \text{ reaksi} &= \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan} \\ &= -2579,60 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa reaksi pembentukan TSP bersifat eksotermis ditandai dengan nilai ΔH_f yang negatif.

Reaksi pembentukan TSP merupakan reaksi orde 2 dengan nilai k sebesar $8,13 \times 10^7$. Adapun persamaan kecepatan reaksi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} -r_A &= k \cdot C_A \cdot C_B \\ &= k \cdot C_{A0} (1-x) (C_{B0} - x \cdot C_{A0}) \\ &= k \cdot C_{A0}^2 (1-x) (M-x) \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan neraca massa, komposisi masuk dan keluar reaktor dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Neraca Massa Reaktor (R-210)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	4	7	8
3Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	0	0	23664,43
Ca ₃ (PO ₄) ₂	10214,12	0	510,71
H ₂ O	2451,39	57244,15	58003,39
H ₃ PO ₄	0	47357,65	35088,78
MgO	272,38	0	272,38
SiO ₂	136,19	0	136,19
Al ₂ O ₃	272,38	0	272,38
Fe ₂ O ₃	136,19	0	136,19
TiO ₂	136,19	0	136,19
Total	13618,82	104601,80	118220,60
	118220,60		118220,60

3. Utilitas

Sumber air untuk pabrik TSP diperoleh dari Sungai Bengawan Solo dengan debit air sebesar 684 m³/s. Pembangkit listrik utama menggunakan generator dengan bahan dasar *diesel oil* yang diperoleh dari PT. Pertamina dan sebagian kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN. Kebutuhan total utilitas yang diperlukan pada operasi pabrik TSP dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan Utilitas Pabrik *Precipitated Silica*

Kebutuhan	Jumlah
Steam	2.806,73 kg/jam
Air	105.687,57 kg/jam
Brine Water	557,90 kg/jam
Listrik	1.500 kW
Bahan Bakar	9,63 liter/jam



4. Analisis Ekonomi

Data harga bahan baku dan produk pada pabrik *precipitated silica* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/Kg)
Batuan Fosfat	4.316
Asam Fosfat	5.754
<i>Triple Superphosphate</i>	11.509

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik TSP dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8. Total Biaya Pabrik *Precipitated Silica*

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	539.095.365.050,60
WC	333.147.126.281,10
TCI	912.175.481.335,49
TPC	1.983.991.024.291,47

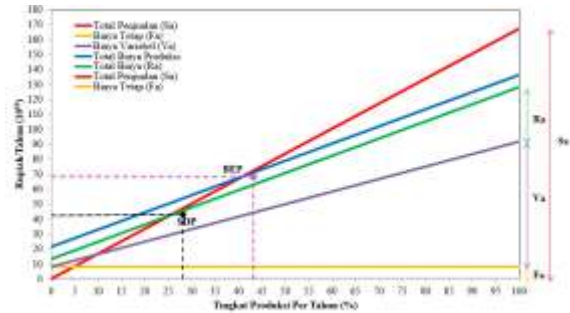
Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil dan pabrik tersebut dapat dikategorikan layak atau tidak untuk didirikan maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonominya. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan ekonomi antara lain adalah *Percent Profit On Sales (POS)*, *Percent Return On Investment (ROI)*, *Pay Out Time (POT)*, *Net Present Value (NPV)*, *Interest Rate of Return (IRR)*, *Break Even Point (BEP)*, dan *Shut Down Point (SDP)*. Hasil analisa ekonomi pabrik *precipitated Silica* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	39%	Min. 11%	Layak
POT	2,1 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	43%	40-60%	Layak
SDP	28%	20-40%	Layak

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time (POT)* adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. *Break Even Point (BEP)* adalah titik impas atau suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point (SDP)* adalah suatu titik atau saat dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense (Fa)* dibandingkan harus produksi. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan

manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi atau tidak menghasilkan profit (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik TSP dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP Pabrik TSP Kapasitas 200.000 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik TSP dari Phosphate Rock dan Phosphoric Acid dengan Proses Granulasi akan didirikan di daerah Tuban, Jawa Timur pada tahun 2023 dengan kapasitas 2000.000 ton/tahun. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasi yaitu *line* dan *staff* dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan yaitu 197 orang. Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor analisa ekonomi. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 39%, POT sebesar 2,1 tahun, BEP sebesar 43% dan SDP sebesar 28%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik *precipitated silica* ini layak untuk didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

- Aries, R.S. and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc-Graw Hill Book Company Inc. New York.
- Badan Pusat Statistika Indonesia. 2018. *Data Ekspor-Impor*. <http://www.bps.go.id>. Diakses tanggal 13 Januari 2019.
- Kirk R.F and Othmer D.F. 1982. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Willey and Sons Inc. New York.
- Perry, R. H., and D. W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook 7th Edition*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Peters, M.S and Timmerhause, K.D. 1991. *Plants Design and Economics for Chemical Engineering 4th Edition*. McGraw-Hill Inc. Singapore.
- Rosmarkam, A., and N. W. Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. 3:5-9.
- Yaws, Carl. 1999. *Chemical Properties Hand Book*. Lamar University Beaumont. Texas.



