

PRAPERANCANGAN PABRIK POLYSTYRENE DARI STYRENE DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSIS KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

Muhammad Rizki Ridha Tanjung*, Indera Sukma

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

*Corresponding Author: fekrynorachman@gmail.com

Abstrak

Pabrik Polystyrene dari styrene dengan kapasitas 25.000 ton pertahun direncanakan akan didirikan pada tahun 2020 di Cilegon provinsi banten dengan luas area 5 Ha dengan karyawan 160 orang. Berdasarkan perhitungan neraca massa diperlukan bahan baku yaitu 3250,67 kg/jam styrene yang akan menjadi polystyrene di reaktor batch dengan proses polimerisasi suspensi, yang sebelumnya ditambahkan zat aditif yaitu tricalcium fosfat 16,088 kg/jam, benzoil peroksida 8,044 kg/jam, dodesil benzen 0.1931 kg/jam, dan air 6435,5 kg/jam dengan konversi reaktor 99,8%. Hasil reaktor kemudian dicuci menggunakan air dan HCl. Produk kemudian dipisahkan didalam centrifuge, kemudian dikeringkan dengan rotary dryer. Polystyrene yang telah kering kemudian di ekstruksi menggunakan extruder. Kemudian produk di simpan di gudang penyimpanan.

Kebutuhan utilitas untuk unit penyediaan air diambil dari sungai Cibanten sebanyak 166332.0165 kg/jam. Sedangkan kebutuhan listrik untuk operasional pabrik sebesar 1461,982 kWatt disuplai dari PLN setempat dengan cadangan generator berkekuatan 1500 kWatt dengan jumlah 3 buah. Bahan bakar yang dipakai berupa diesel oil sebanyak 227,97 liter/jam.

Total Capital Investment sebesar Rp 412.711.670.902,6 dengan fixed capital investment Rp 280.537.209.309,94 Keuntungan yang diperoleh sebelum pajak adalah sebesar Rp 47.010.943.799 dengan return on investment sebelum pajak sebesar 16% dan sesudah pajak 11%. Pay out time sebelum pajak adalah 4,1 tahun dan pay out time sesudah pajak adalah 5,4 tahun. Break event point sebesar 56%. Shut down point sebesar 25 %. Demikian dapat disimpulkan pabrik polystyrene dengan kapasitas 25.000 ton/ tahun layak dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Kata Kunci : Polystyrene, Styrene, Kapasitas, Reaktor Batch, Tricalcium Fosfat, Benzoil Peroksida, Dodesil Benzen, Konversi, Utilitas, Polimerisasi Suspensi, Total Capital Investment, Fixed Capital Investment, Pay Out Time, Break Event Point, Shut Down Point

1. Pendahuluan

Perkembangan Industri pada saat ini semakin pesat. Sebagai negara berkembang, Indonesia menjalankan pembangunan dan pengembangan di banyak sektor, salah satunya di bidang industri. Industri Kimia merupakan salah satu sektor yang paling berkembang. Sektor Industri yang sedang dikembangkan di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri baik dari kebutuhan bahan mentah ataupun bahan siap pakai. Dengan meningkatnya perkembangan di bidang ini maka kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang juga semakin meningkat, hal ini memicu diperlukannya impor bahan baku dari luar

negeri. Untuk mengurangi kebutuhan impor Indonesia, maka didirikanlah Pabrik bahan kimia sebagai penyedia bahan baku dan bahan penunjang dalam proses produksi di Indonesia.

Kebutuhan polystyrene diproyeksikan dengan data dari situs (UN.Comtrade, 2020) 2015 sampai 2019 terdapat pada **Tabel 1**. Berdasarkan data tersebut maka dapat diperkirakan jumlah kebutuhan kalsium klorida pada tahun 2025 yang didapatkan dari perhitungan discounted method dengan rumus (Ulrich,1984):

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



Keterangan:

F = Nilai pada tahun 2025

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 kalsium klorida di Indonesia pada tahun 2025 adalah sebesar 25.000 ton/tahun.

Tabel 1. Data Pusat Statistik Impor Kalsium Klorida (bps.go.id)

Tahun	Impor (kg/tahun)	Ekspor (kg/tahun)
2014	20.953.343	1.057.140
2015	21.577.770	752.951
2016	31.709.485	223.736
2017	37.718.667	133.893
2018	39.793.693	263.929
2019	50.668.576	195.332
Rata-rata	30.350.592	486.330

2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Berdasarkan uraian proses di atas, maka dapat disimpulkan perbedaan masing-masing proses yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

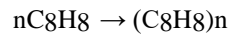
2.1.1 Persiapan Umpan

Zat aditif yaitu benzoil proksida, *tricalcium phosphate* dan *dodecylbenzene* sulphonate dibawa dari gudang penyimpanan F-111, F-112, dan F-112 dengan *belt conveyor* J-121, J-122, J-123 ke hopper F-110 sebagai penampungan sementara sebelum dibawa ke reaktor R-210, *Styrene* dialirkan dari tangki penyimpana F-114 ke dalam reaktor yang sebelumnya dipanaskan dengan heater styrene E-212 hingga 90°C sebelum masuk ke reaktor. Air yang masuk ke reaktor dari tangki penyimpanan F-213 dipanaskan hingga 95°C dengan perbandingan flowrate dua kali jumlah flowrate styrene masuk.

2.1.2 Reaktor

Umpan styrene, zat aditif dan air yang dimasukkan ke dalam reaktor *Stirred Tank* Reaktor dengan waktu tinggal 4 jam kemudian diaduk menggunakan agitator.

Kondisi operasi di dalam reaktor temperatur 90°C dengan tekanan 1 atm. Reaksi polimerisasi *styrene* monomer menjadi *polystyrene* merupakan reaksi eksotermis sehingga diperlukan jaket dengan air pendingin untuk menjaga temperatur di dalam reaktor. Reaksi keseluruhan yang terjadi didalam reaktor adalah sebagai berikut:



Tabel 2 Pemilihan Proses Pembuatan *Polystyrene*

Parameter	Macam-macam Proses		
	Proses Bulk	Proses Suspensi	Proses Emulsion
1. Aspek teknis			
• Yield (%)	69-79%	55-60%	55-70%
• Konversi (%)	98%-99%	98%	95%
• Temperatur	90-110°C	90-130°C	100-300°C
2. Aspek kelebihan dan kekurangan	Sulit mengilangkan panas polimerisasi, hanya dapat dilakukan dengan skala kecil, namun kandungan residu monomer rendah kemurnian produk tinggi.	Tidak ada kesulitan dengan panas polimerisasi, hasil polimerisasi berbentuk butiran sehingga mudah disimpan namun proses yang dilakukan harus cukup teliti	Proses rumit, sangat memungkinkan terjadinya kontaminasi polimer dengan air dan agen pengemulsi, namun prosesnya cepat dan dapat diterapkan secara kontinyu

2.1.3 Purifikasi dan ekstrusi

Produk hasil keluaran reaktor kemudian dicuci di dalam *wash tank* M-220, dalam tangki pencuci dimana ditambahkan air sebanyak jumlah air yang masuk reaktor. Disini juga ditambahkan asam klorida 27,9% untuk melarutkan zat aditif yang terikut. Tahap selanjutnya diseparasi di dalam centrifuge H-311. *Polystyrene* keluar dari *centrifuge* mengandung 5% air





yang kemudian dikeringkan di *rotary dryer* B-310. *Polystyrene* yang keluar dari *rotary dryer* mengandung 0,03% air. Kemudian *polystyrene* dihembuskan kedalam cyclone H-320 untuk menyaring debu-debu yang ada, kemudian *polystyrene* diekstrusi di dalam ekstruder D-330 untuk dijadikan pellet, setelah itu pellet td dialirkan ke water bath D-331 untuk menormalkan suhu pellet. Setelah suhu normal *polystyrene* dibawa ke *hopper* F-333 sebelum akhirnya ditempatkan ke dalam gudang penyimpanan produk F-334.

3. Utilitas

Sumber air biasanya berupa sungai, air laut atau danau. Kota Cilegon mempunyai sungai-sungai yang besar dan penting yaitu Sungai Ciujung, Cidurian, Cibanten, Cipaseuran, Cipasang dan Anyar. Dengan kebutuhan air 166332.017 kg/jam, dengan listrik yang disuplai listrik untuk operasional pabrik sebesar 1461,982 kWatt disuplai dari PLN setempat dengan cadangan generator berkekuatan 1500 kWatt dengan jumlah 3 buah. Bahan bakar yang dipakai berupa diesel oil sebanyak 227,97 liter/jam.

Tabel 3. Kebutuhan Utilitas Pabrik *Polystyrene*

Kebutuhan	Jumlah
Steam	456746,3 kg/jam
Air Pendingin	953879,188 kg/jam
Listrik	1461,982 kW
Bahan Bakar	227,97 L/jam

4. Analisa Ekonomi

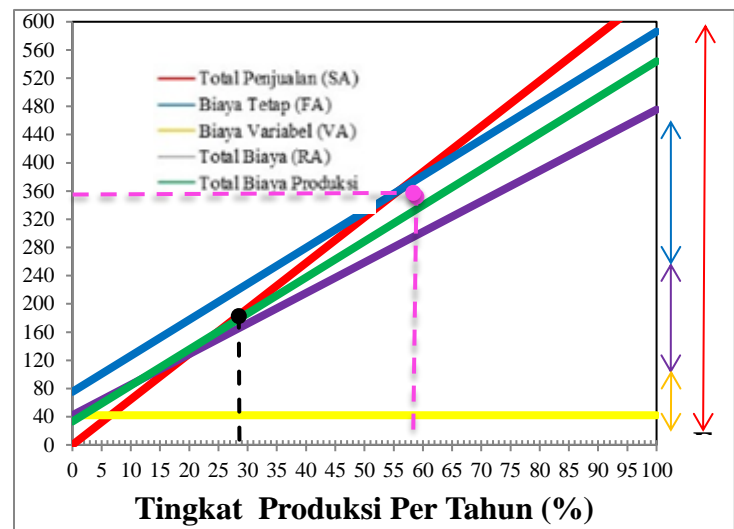
Analisa ekonomi perlu dilakukan agar mengetahui berapa besar keuntungan yang didapatkan oleh pabrik ini sehingga bisa dikategorikan layak atau tidak layak untuk didirikan. Adapun hasil analisis ekonomi pabrik kalsium klorida dapat dilihat pada Tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 4. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	16%	Min. 11%	Layak
POT	4,1	Max. 5 tahun	Layak
BEP	56%	40-60%	Layak
SDP	25%	20-40%	Layak

Return on Investment (ROI) merupakan tingkat laba yang dihasilkan dari investasi yang dikeluarkan dibagi dengan pendapatan. *Pay Out Time* (POT) yaitu *payback period*

atau waktu pengembalian modal (uang investasi) yang dihasilkan berdasarkan profit yang dicapai. Sedangkan titik yang menunjukkan tingkat biaya dan penghasilan sama disebut *Break Even Point* (BEP). Titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan disebut *Shut Down Point* (SDP). Penyebab terjadinya SDP umumnya *variable cost* yang terlalu tinggi dan keputusan manajemen akibat tidak ekonomis suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan laba). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik kalsium klorida dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP

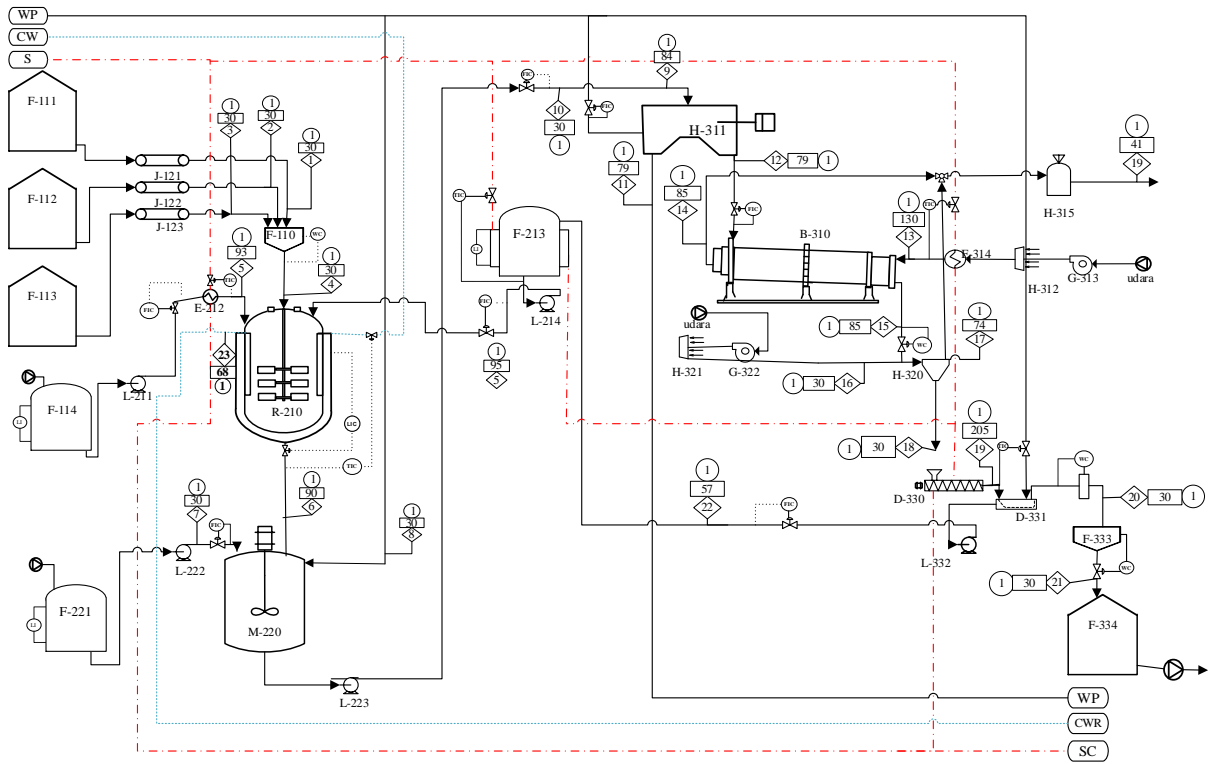
5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada Prarancangan Pabrik *Polystyrene* dari styrene dengan preses polimerisasi suspensi kapasitas 25.000ton/tahun, dapat didirikan pada Cilegon, Banten pada tahun 2025 dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan yang berbentuk PT atau Perseroan Terbatas sedangkan bentuk organisasi berupa garis (*lines*) dan *staff*. Adapun total tenaga kerja yang dibutuhkan sebesar 160 orang. Dari evaluasi ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 16% dan POT sebesar 4,1 tahun. Kemudian diperoleh BEP sebesar 56% dan SDP sebesar 25% sehingga berdasarkan hasil analisa yang didapat bahwa pabrik *polystyrene* layak untuk didirikan di Indonesia.



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRARANCANGAN PABRIK POLYSTYRENE DARI STYRENE DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSI DENGAN KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus (kg/jam)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Styrene	-	-	-	-	3250	-	32.5	-	-	32.5	-	32.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Air	-	-	-	-	-	6436	6436	-	6436	12871	3218	15928	160.9	-	15927	0.937	-	9E+04	0.937	0.937	0.937	0.937	5E+07	-
Tricalcium Fosfat	16.09	-	-	16.09	-	-	16.09	-	-	16.09	-	16.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dodecyl Benzene	-	0.193	-	0.193	-	-	0.193	-	-	0.193	-	0.193	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzoil peroxide	-	-	8.044	8.044	-	-	8.044	-	-	8.044	-	8.044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc	-	-	-	-	6.514	-	6.514	-	-	6.514	-	6.514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polystyrene	-	-	-	-	-	-	3218	-	-	3218	-	32.18	3186	-	63.71	3122	-	3.122	3119	3119	3119	3119	-	-
HCl	-	-	-	-	-	-	-	12.87	-	12.87	-	12.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oksigen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7E+05	-	-	7E+05	7E+05	7E+05	-	-	-	-	-	-
Nitrogen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2E+06	-	-	2E+06	2E+06	2E+06	-	-	-	-	-	-
Total	16.09	0.193	8.044	24.33	3257	6436	9717	12.87	6436	16165	3218	16036	3346	3E+06	15991	3123	3E+06	3E+06	3120	3120	3120	3120	5E+07	-

KETERANGAN	
Aliran Proses	Aliran Pemanas
Cooling Water	Nomor Aliran
Cooling Water Return	Temperatur (°C)
Steam	Tekanan (atm)
Steam Condensat	Bahan Baku
Water Process	Produk
Temperatur Indicator Control	Level Indicator Control
Flow Indicator Control	Level Control
Pressure Indicator	Weight Control

32	F-314	GUDANG PENYIMPANAN PRODUK	1
31	F-313	HOPPER	1
30	L-312	POMPA KE TANGKI AIR UMPAN REAKTOR	1
29	D-331	WATER BATH	1
28	D-330	EXTRUDER	1
27	G-322	BLOWER CYCLONE	1
26	H-321	FILTER UDARA CYCLONE	1
25	H-320	CYCLONE	1
24	H-315	BAG FILTER	1
23	E-314	HEATER UDARA	1
22	G-313	BLOWER RD	1
21	H-312	FILTER UDARA RD	1
20	H-311	CENTRIFUGE	1
19	B-310	DRYER	1
18	L-223	POMPA HASIL WASH TANK	1
17	L-222	POMPA HCl	1
16	F-221	TANGKI PENYIMPANAN HCl	1
15	M-220	WASH TANK	1
14	L-214	POMPA AIR UMPAN REAKTOR	1
13	F-213	TANGKI AIR UMPAN REAKTOR	1
12	E-212	HEATER STYRENE	1
11	L-211	POMPA STYRENE 2	1
10	R-210	REAKTOR	8
9	L-114	POMPA STYRENE 1	1
8	F-113	TANGKI PENYIMPANAN STYRENE	1
7	J-113	BELT CONVEYOR DODECYL BENZENE	1
6	J-112	BELT CONVEYOR BENZOIL PEROKSIDA	1
5	J-111	BELT CONVEYOR TRICALCIUM FOSFAT	1
4	F-113	GUDANG DODECYL BENZENE	1
3	F-112	GUDANG BENZOIL PEROKSIDA	1
2	F-111	GUDANG TRICALCIUM FOSFAT	1
1	F-110	HOPPER	1
NO	KODE	NAMA	JUMLAH

MUHAMMAD RIZKI RIDHA T
INDERA SUKMA
MELIANA DHARMA PUTRA, ST, M.Sc, P.LD

Digambar Oleh :
(1610814220024)
(1610814220020)
Diperiksa Oleh :
(19820501) 2006064 1 0 14)

FLOWSHEET
PRARANCANGAN PABRIK POLYSTYRENE DARI STYRENE DENGAN PROSES POLIMERISASI SUSPENSI DENGAN KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGURAT
BANJAR BARU
2021



Daftar Pustaka

- Aries, R. S. And Newton, R. D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw-Hill, New York.
- Bassel W: *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*, Elsevier, New York, 1976.
- Brownell, L. E. And Young, E. H., 1959, *Process Equipment Design – Vessel Design*, John Wiley & Sons, New York.
- Brown, G.G., 1978, *Unit Operation*, Modern Asia Edition, New York.
- Coulson, J. M. And Richardson, J. F., 1983, *Chemical Engineering, Volume 6*, Pergamon Press, Oxford.
- Geankoplis, C. J., 2003, *Transport Processes and Separation Process, 4th ed*, Prentice Hall, USA.
- Himmelblau, David M., 1982, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, Prentice Hall, USA.

