

PRA RANCANGAN PABRIK TRIBUTIL SITRAT DARI BUTANOL DAN ASAM SITRAT DENGAN PROSES ESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

Khairunnisa*¹, Selvia Maharani¹

Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author : khairunnisabyz@gmail.com

ABSTRAK

Tributil sitrat adalah senyawa organik dengan gugus ester. Senyawa ini memiliki rumus molekul $C_{18}H_{32}O_7$. Tributil sitrat mempunyai berat molekul 360,45 g/mol. Senyawa ini memiliki titik didih yang tinggi oleh karena rantai C-H yang panjang. Tributil sitrat merupakan salah satu plastiser ramah lingkungan yang menjadi bahan adiktif pada industri polimer dan plastik. Tributil sitrat banyak digunakan sebagai plastiser yang aman dipakai di industri makanan, farmasi dan kesehatan.

Pabrik tributil sitrat dari bahan baku butanol dan asam sitrat dengan kapasitas 25.000 ton/tahun direncanakan didirikan di kecamatan Bungah, kawasan Industri Gresik, Jawa Timur. Proses yang digunakan dalam pembuatan tributil sitrat adalah esterifikasi dengan katalis asam sulfat pada suhu 150°C. Pembuatan tributil sitrat dilakukan dengan mereaksikan campuran butanol dengan katalis asam sulfat dan asam sitrat di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (R-210). Produk utama yang terbentuk adalah tributil sitrat dan produk samping berupa garam yaitu kalsium sulfat. Tributil sitrat dengan kemurnian 99,7% diteruskan dan disimpan di dalam tangki penyimpanan. Produk samping berupa garam kalsium diumpun ke neutralizer 2 (R-380) untuk didaur ulang.

Tributil sitrat diutamakan dipasarkan sebagai 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 150 orang. Selain itu diperoleh juga Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 51,9 % dan Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 33,7 %. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 1,6 tahun dan Pay Out Time (POT) sesudah pajak sebesar 2,3 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 40% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 22%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik tributil sitrat dengan kapasitas 25.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci : Asam sitrat, Asam sulfat, Butanol, Esterifikasi, Tributil sitrat

1. Pendahuluan

Perkembangan industri kimia di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Sehingga kebutuhan akan bahan baku dan tenaga kerja juga meningkat. Kebutuhan bahan kimia tersebut diupayakan dengan cara impor yang setiap tahun mengalami peningkatan. Salah satu produk dari industri kimia adalah tributil sitrat. Tributil sitrat memberi kontribusi besar dalam kehidupan manusia, karena merupakan bahan baku dari produk-produk yang sering digunakan. Hal ini disebabkan senyawa ini ramah lingkungan karena sifat *biodegradable* sehingga dapat menggantikan jenis plastiser dari ester asam ftalat.

Tributil sitrat merupakan senyawa organik berjenis gugus ester dengan rumus molekul $C_{18}H_{32}O_7$. Senyawa ini memiliki titik didih yang tinggi oleh karena rantai C-H yang panjang. Tributil sitrat adalah pengganti dietilheksil ftalat (DEHP) dan digunakan terutama untuk plastiser vinil resin dalam aplikasi seperti mainan, perangkat medis dan kemasan serta

banyak digunakan dalam bahan bangunan dan konstruksi, perekat, plastik, produk karet dan lain-lain (ANSES, 2016). Plastiser sendiri adalah yang dapat membuat sebuah polimer memiliki sifat keplastikan, seperti kelenturan dan daya tahan. Sehingga dengan mempertimbangkan kebutuhan akan tributil sitrat di Indonesia maka pabrik tributil sitrat (TBS) perlu didirikan dengan tujuan mengurangi biaya impor tributil sitrat, memicu pertumbuhan industri baru yang menggunakan bahan baku atau bahan pembantu dari tributil sitrat. Terutama industri plastik dan polimer dan membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat

Penentuan kapasitas produksi tributil sitrat berdasarkan pada data impor dari Badan Pusat Statistik 2016 sampai 2020 dan kapasitas pabrik yang sudah ada di Indonesia. Tributil sitrat semakin dibutuhkan di Indonesia, hal ini dapat dilihat dari jumlah impor selama kurun waktu tahun 2016 sampai 2020 seperti ditunjukkan pada **Tabel 1**.



Tabel 1. Data Impor Tributil Sitrat

Tahun	Kapasitas Impor (Ton/tahun)	Pertumbuhan (%)
2016	8.947	12,7820
2017	9.566	6,9185
2018	9.944	3,9515
2019	10.217	2,7454
2020	11.152	9,1514

Pabrik tributil sitrat ini direncanakan akan didirikan pada tahun 2026, perkiraan kapasitas dapat dihitung dengan persamaan *regresi linear least square*. Sehingga didapat peluang kapasitas tributil sitrat di Indonesia pada tahun 2026 sebesar 25.000 ton/tahun Adapun jumlah kebutuhan tributil sitrat pada tahun 2026 yang didapatkan dari perhitungan *discounted method* sebesar 14.000 ton/tahun. Oleh karena itu, maka ditetapkan kapasitas rancangan pabrik yang akan kami dirikan pada tahun 2026 yaitu sebesar 25.000 ton/tahun untuk mencukupi kebutuhan.

2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Produksi tributil sitrat umumnya melalui proses esterifikasi secara langsung. Perbedaannya terdapat pada pemakaian katalis yaitu homogen dan heterogen. Adapun perbandingan jenis proses dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbandingan Jenis Proses

Parameter	Proses	
	Esterifikasi berkatalis Homogen	Esterifikasi Berkatalis Heterogen
Suhu Operasi	110-150 C	80-130 C
Tekanan Operasi	3 atm	3 atm
Jenis Katalis	Asam Sulfat	Amberlyst 70
Reaktor	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (<i>CSTR</i>)	Reaktor Alir Pipa Dengan Isian Katalis (<i>Fixed Bed Multitube Reactor</i>)
Konversi	71,9 - 86,8 %	61 - 70 %
Selektivitas	Hingga 99,43 %	Hingga 70 %
Ketersediaan Katalis	Asam Sulfat dibeli dari PT. Petrokimia Gresik	Amberlyst 70 harus diimpor
Keuntungan	Konversi lebih tinggi Selektivitas tinggi Ketersediaan katalis dekat	Suhu reaksi rendah
Kekurangan	Suhu reaksi lebih tinggi	Konversi lebih rendah Selektivitas rendah Ketersediaan katalis impor

Sehingga dari hasil penilaian diatas, maka pabrik tributil sitrat dirancang dengan esterifikasi langsung dengan katalis homogen yaitu asam sulfat.

2.2 Uraian Proses

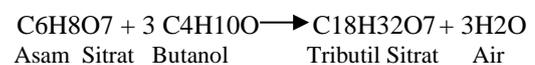
Proses pembuatan tributil sitrat dengan proses Esterifikasi dilakukan dengan 3 tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku

Bahan baku asam sitrat dibeli dari pabrik Weifang di China dengan shipping 7 hari dari mitra pemasok di Surabaya, butanol dibeli dari PT. Petro Oxo Nusantara di Gresik, katalis asam sulfat dibeli dari PT. Petrokimia Gresik, dan basa penetral kalsium hidroksida dibeli dari PT. Niraku Jaya Abadi di Surabaya. Padatan asam sitrat disimpan dalam Silo (F-132) di dalam Gudang dengan suhu 35°C dan 1 atm yang kemudian diangkut dengan *Screw Conveyor* menuju Mixer 2 (M-134) untuk dilarutkan dengan air berkondisi sama. Kemudian bisa dipompakan menjadi 3 atm dan dipanaskan sampai suhu 150°C masuk reaktor alir tangki berpengaduk (R-210). Sementara itu bahan baku lainnya yaitu butanol yang disimpan dalam Tangki (F-110) dicampur dengan asam sulfat dari Tangki (F-120) didalam Mixer 1 (M-123). Campuran keluar M-123 juga dipompa naik ke tekanan 3 atm dan dipanaskan sampai suhu 150°C dengan menggunakan *heat exchanger*.

2. Tahap pembentukan produk

Campuran kedua umpan direaksikan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R-210) pada suhu 150°C, tekanan 3 atm dan waktu tinggal dalam reaktor selama 2,5 jam. Untuk menjaga suhu tetap di reaktor maka digunakan jaket pendingin karena reaksi berlangsung secara eksotermis. Produk keluar reaktor terdiri dari campuran bahan baku, produk tributil sitrat, dan air tambahan oleh karena reaksi esterifikasi.



3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk

Produk keluar Reaktor (R-210) diturunkan tekanan sampai 1 atm dan suhu turun menjadi 99 °C karena dilewatkan *expansion valve*. Kemudian dilewatkan Separator (H-310) dimana hasil atas berupa air dan butanol akan dikondensasi menuju Dekanter (H-350) sedangkan hasil bawah dilanjutkan ke *Neutralizer* 1 (R-330). Di dalam (R-330) terjadi reaksi penetralan dengan menggunakan basa kalsium hidroksida menghasilkan kalsium sitrat dari asam sitrat dan kalsium sulfat dari asam





sulfat. Kemudian campuran keluar R-330 difiltrasi di *Rotary Vacuum Drum Filter* 1 (H-340) dimana fasa cair berupa butanol, air dan produk tributil sitrat diteruskan ke Dekanter 1 (H-350) sementara larutan garam diumpun ke *Neutralizer* 2 (R-380) untuk *recovery*. Selanjutnya terdapat dua proses yang terjadi yaitu untuk produk utama tributil sitrat dan produk samping berupa garam. Proses utama berlanjut di Dekanter 1 (H-350) dimana produk tributil sitrat akan didinginkan menjadi 35°C dan masuk ke tangki penyimpanan, sementara campuran air dan butanol akan diteruskan ke Dekanter 2 (H-360). Di H-360 butanol yang lebih ringan *direcycle* kembali ke M-123 sementara campuran air dan sedikit butanol diteruskan pada Unit Proses Lanjutan. Sementara proses samping diawali di R-380 dimana asam sitrat *direcovery* dengan mereaksikan asam sulfat dengan kalsium sitrat menghasilkan asam sitrat, kalsium sulfat dan sedikit air. Campuran hasil R-380 kemudian difiltrasi di H-390 dimana hasil asam sitrat *direcycle* kembali ke M-134 sementara produk samping kalsium sulfat diteruskan ke Unit Proses Lanjutan.

3. Utilitas

Sumber air yang digunakan pada pabrik tributil sitrat diperoleh dari sungai Bengawan Solo. Air yang digunakan adalah sebesar 1.770,2817 kg/jam. kebutuhan listrik pabrik disuplai oleh PLN dengan generator sebagai cadangan energi. keperluan keseluruhan utilitas yang diperlukan untuk beroperasinya pabrik tributil sitrat ditunjukkan pada **Tabel 4**. Sebagai berikut.

Tabel 4. Kebutuhan Utilitas Pabrik Tributil Sitrat

Kebutuhan	Jumlah
Steam	1.912,9343 kg/ jam
Listrik	829,7417 kW
Bahan bakar	107,6711 L/jam
Limbah	18.059,5423 L/jam

4. Analisa Ekonomi

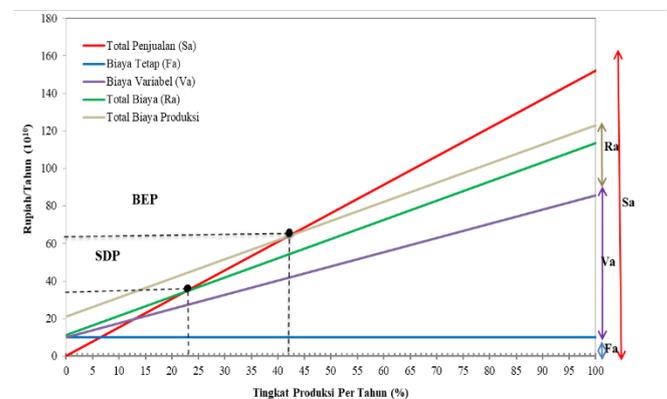
Analisa ekonomi bertujuan untuk menganalisa dan mengetahui apakah pabrik tributil sitrat ini layak didirikan atau tidak. Hasil analisis ekonomi pabrik tributil sitrat dapat dilihat pada **Tabel 5** sebagai berikut.

Tabel 5 Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	29,3%	Min. 11%	Layak
POT	2,5 Tahun	Max. 5 Tahun	Layak
BEP	42%	40-60%	Layak
SDP	23%	20-40%	Layak

(Aries dan Newton, 1955)

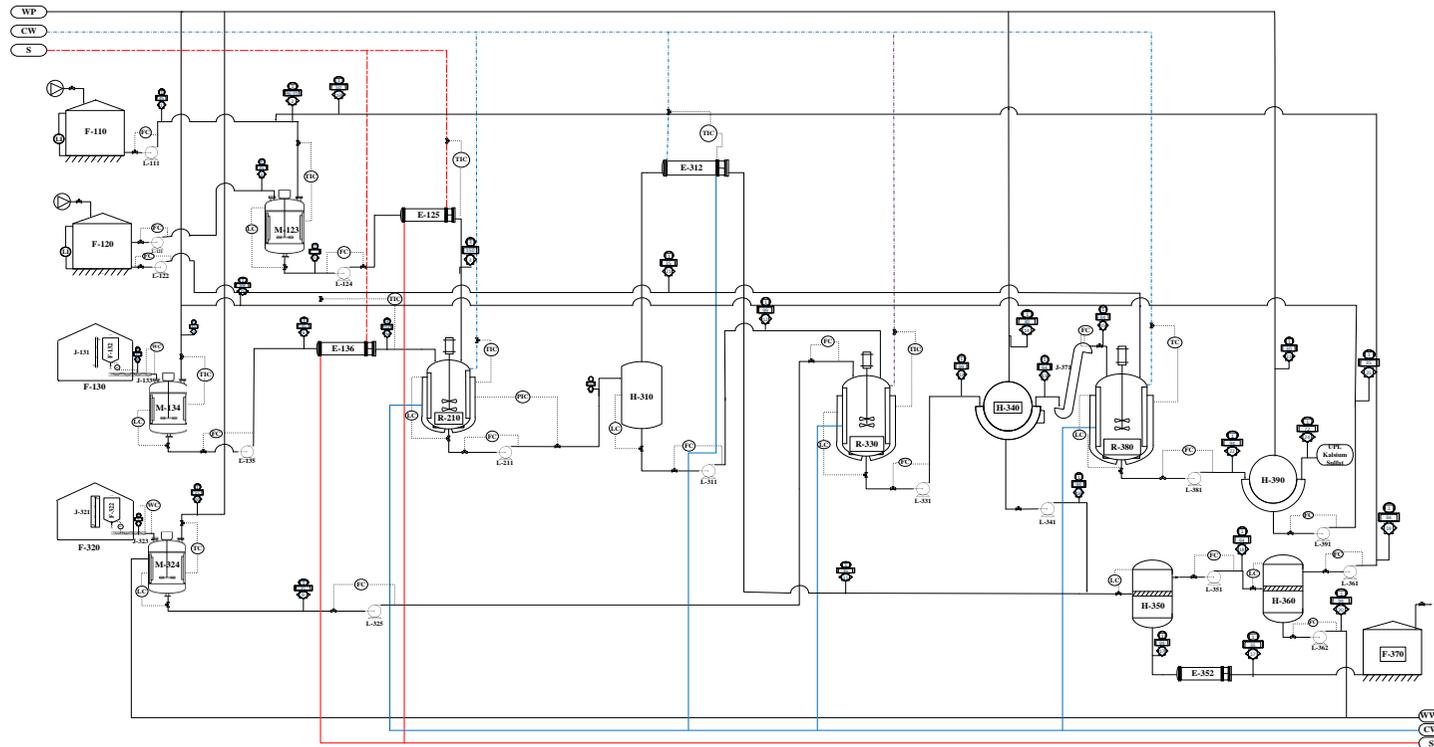
Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang diperoleh dari investasi yang dikeluarkan dibagi dengan pendapatan. *Pay Out Time* (POT) ialah *payback periode* atau waktu pengembalian modal (uang investasi) yang dihasilkan menurut profit yang dicapai. Sedangkan *Break Even Point* (BEP) merupakan titik yang menunjukkan tingkat biaya dan penghasilan sama. Titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan disebut *Shut Down Point* (SDP). SDP terjadi umumnya karena *variable cost* yang terlalu tinggi dan keputusan manajemen akibat tidak ekonomis suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan laba). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik tributil sitrat dapat dilihat pada gambar berikut:



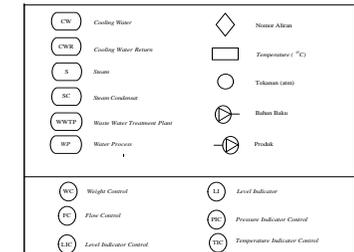
Gambar 2 Grafik BEP dan SDP



**PRA RANCANGAN PABRIK TRIBUTIL SITRAT
DARI BUTANOL DAN ASAM SITRAT DENGAN
PROSES ESTERIFIKASI LANGSUNG
MENGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT
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	25
Butanol	2050.7127	-	7693.5142	-	-	-	-	-	-	5753.4436	267.9656	5485.4780	5485.4780	-	-	5485.4780	5750.5669	2.8767	5642.8015	107.7654	-	-	-	-	-
Asam Sitrat	-	-	-	1677.8989	-	1933.0632	-	-	-	255.1643	-	255.1643	-	-	-	-	-	-	-	-	-	255.1643	-	-	255.1643
Tributil Sitrat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3146.0604	-	3146.0604	-	-	-	3146.0604	-	3146.0604	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O	11.5976	0.3953	54.6295	3.8739	762.7656	1077.7979	8.5338	918.9089	927.3427	1604.3365	86.6541	1517.6823	2468.9467	371.4793	470.2372	2370.1888	2449.2133	7.6296	41.6366	2407.5767	3.9869	486.1850	340.8988	516.0164	311.1584
Asam Sulfat	-	19.3694	19.3694	-	-	-	-	-	-	19.3694	-	19.3694	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195.3602	-	-	-
Kalsium Hidroksida	-	-	-	-	-	162.1427	-	-	162.1427	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalsium Sulfat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	306.994604	-	306.994604	-
Kalsium Sulfat Dehidrat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.9952226	-	33.9952226	-	-	-	-	-	-	-	33.9952226	-	33.9952226	-
Kalsium Sitrat Tetrahidrat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	378.759576	-	378.759576	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	2063.3103	19.7647	7767.5131	1681.7728	762.7656	3010.8611	170.6766	918.9089	1089.4854	10778.3742	354.6198	10423.7544	11513.2399	371.4793	882.9920	11001.7272	8199.7802	3156.5667	5684.4381	2515.3421	189.3471	1082.3391	340.8988	857.0662	566.3227



42	L-391	Pompa RVDF 2	1
41	H-390	Rotary Vacuum Dry Filter 2	1
40	L-381	Pompa Neutralizer 2	1
39	R-380	Neutralizer 2	1
38	J-371	Bucket Elevator Kalsium Sulfat	1
37	F-370	Gudang Penyimpanan Produk	1
36	L-362	Pompa Ke UPL	1
35	L-361	Pompa Recycle	1
34	H-360	Dekanter 2	1
33	E-352	Cooler Dekanter 1	1
32	L-351	Pompa Produk	1
31	H-350	Dekanter 1	1
30	L-342	Pompa RVDF 1	1
29	H-340	Rotary Vacuum Dry Filter 1	1
28	L-331	Pompa Neutralizer 1	1
27	R-330	Neutralizer 1	1
26	L-325	Pompa Kalsium Hidroksida	1
25	M-324	Mixer Kalsium Hidroksida	1
24	J-323	Screw Conveyor Kalsium Hidroksida	1
23	F-322	Silo Kalsium Hidroksida	1
22	J-321	Bucket Elevator Kalsium Hidroksida	1
21	F-320	Gudang Kalsium Hidroksida	1
20	L-312	Pompa Separator	1
19	E-311	Kondensor Separator	1
18	H-310	Separator	1
17	L-211	Pompa Reaktor	1
16	R-210	Reaktor	1
15	E-136	Heater 2	1
14	L-135	Pompa Mixer 2	1
13	M-134	Mixer 2	1
12	J-133	Screw Conveyor Asam Sitrat	1
11	F-132	Silo Asam Sitrat	1
10	J-131	Bucket Elevator Asam Sitrat	1
9	F-130	Gudang Asam Sitrat	1
8	E-125	Heater 1	1
7	L-124	Pompa Mixer 1	1
6	M-123	Mixer 1	1
5	L-122	Pompa Asam Sulfat 2	1
4	L-121	Pompa Asam Sulfat 1	1
3	F-120	Tangki Asam Sulfat	1
2	L-111	Pompa Butanol	1
1	F-110	Tangki Butanol	1
No	Kode	Nama Alat	Jumlah

Dikerjakan Oleh :
 Selvia Maharani (1710814220015)
 Khairunnisa (1710814120010)

Dosen Pembimbing :
 Prof. Ir. Chairul Irawan, ST., MT., Ph.D
 NIP. 19750404 200003 1 002

FLWSHEET
 PRA RANCANGAN PABRIK TRIBUTIL SITRAT DARI BUTANOL DAN ASAM SITRAT DENGAN PROSES ESTERIFIKASI LANGSUNG/MENGUNAKAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS LAMBUANG MANGKURAT
 BANJARBARU
 2021

Gambar 1 Process Flow Diagram

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa teknis dan ekonomis pada Prarancangan Pabrik Tributyl Sitrat dari Butanol dan Asam Sitrat dengan Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Asam Sulfat dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik akan didirikan di Kecamatan Bungah, Kabupaten Gresik, Jawa Timur pada tahun 2026 dengan kapasitas 25.000 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan adalah perseroan terbatas (PT) sementara bentuk organisasi berupa garis (*lines*) dan *staff*. Sedangkan total tenaga kerja yang dibutuhkan adalah 150 orang. Berdasarkan perhitungan ekonomi diperoleh nilai evaluasi ROI sebesar 29,3% dan POT selama 2,5 tahun. Adapun nilai BEP diperoleh sebesar 42% dan SDP sebesar 23%, sehingga dari hasil analisa yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa pabrik tributyl sitrat ini layak dikaji ulang untuk didirikan di Indonesia.

Daftar Pustaka

ANSES. (2016): *Analysis Of The Most Appropriate Risk Management Option (Rmoa). Tributyl Citrate*.

Aries, R.S.and Newton, R.D., 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: Mc Graw Hill Book Company inc.

BPS. (2021): *Data Ekspor Import Tributyl Sitrat*.

Brownell, Llyod E and Edwin H.Y. 1959. *Process Equipment Design*. New York : John Wiley & Sons.

Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: Mc Graw Hill.

Fonseca, Juan D., Latifi, A.M., Orjuela, A., Rodriguez, G., dan Gil, Ivan.D. (2019): *Modeling, Analysis and Multi-Objective Optimization of an Industrial Batch Process for the Production of Tributyl Citrate*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Jianying, Z. (2014): *Plasticizer Tributyl Citrate Production Process*

Osorio-Pascuas, O., Santaella, M., Rodríguez, G. Dan Orjuela, A. (2015): *Esterification Kinetics Of Tributyl Citrate Production Using Homogeneous And Heterogeneous Catalysts*. Industrial & Engineering Chemistry Research. 54. 12534

Perry, R. H. (1997): *Perry's Chemical Engineering Handbook 7th Edition*. McGraw-Hill. New York

Yaws, C. L. (1999): *Chemical Properties Handbook*. Mcgraw-Hill. New York

