

## PRARANCANGAN PABRIK ASAM BENZOAT DARI TOLUEN DAN OKSIGEN DENGAN PROSES OKSIDASI KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Dina Amryna Chairul Putri<sup>1,\*</sup>, Namira Ghina Safitri

<sup>1</sup>Program S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Jalan.Ahmad Yani KM 35 Universitas Lambung Mangkurat Kalimantan Selatan

\*Koresponden: dinaamryna@gmail.com

### Abstrak

Pabrik asam benzoat kapasitas 20.000 ton/tahun direncanakan didirikan di Desa Gombolharjo, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, dengan luas 30.000 m<sup>2</sup>. Pabrik bekerja 330 hari setahun dan mempekerjakan 160 orang. Pabriki asam benzoat ini menggunakan bahan toluen dan oksigenu serta dibantu dengan katalis cobalt stearate. Proses ireaksi pada pabrik ini dilakukan dengani menggunakan reaktor bubble yang dilengkapi pengaduk dengan konversi reaksi sebesar 48,35% menggunakan suhu proses 160 °C dan tekanan sebesar 4 atm, serta proses reaksi selama 2 jam. Untuk kebutuhan utilitas idigunakan air, air pendingin uap steam, listrik, bahan bakar dan pengelolaan limbah. Kebutuhan utilitas ini diperoleh dari Sungai Serayu yang iberada di dekat wilayah pabrik, dan kebutuhan listrik dipenuhi oleh PLTU Cilacap serta generator dengan kapasitas 1500 kW yang membutuhkan minyak solar sebanyak 208 90,78 liter/bulan. Hasil analisis keuangan menunjukkan bahwa return on invesment (ROI) adalah 33,881% sebelum pajak dan 22,023% setelah pajak.Untuk pay-out time (POT) adalah 2,28 tahun sebelum pajak dan 3,12 tahun setelah pajak. Break-even point (BEP) diperoleh 42,64% dengan shut down-point (SDP) sebesar 23,43%. Berdasarkan data analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik asam benzoat dari toluen dan oksigen kapasitas 20.000 ton/tahun layak didirikan.

**Kata Kunci** : asam benzoat, toluen, oksigen, oksidasi, reaktor bubble.

### 1. Pendahuluan

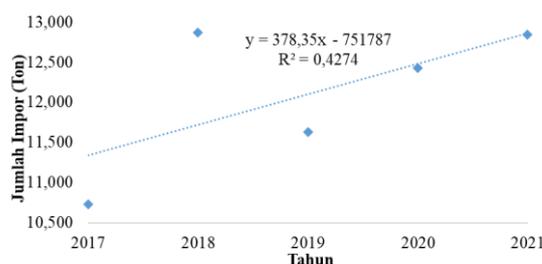
Perkembangani industri kimia di Indonesia pada saat ini telah mengalami peningkatan sehingga kebutuhan akan bahan baku, bahan pembantu serta SDM tenaga kerja semakin meningkat seiring perkembangan zaman yang ada. Pada saat ini, kebutuhan asam benzoat Indonesia sebagian besar diimport dari beberapa negara seperti China, Hongkong, USA, Belanda, Jepang, Perancis dan Jerman. Kebutuhan dunia akan asam benzoat setiap tahun mengalami kenaikan sebanyak 2% per-tahun (Kirk dan Othmer, 2007). Dengan ini maka peluang pasar asam benzoat sangat luas, serta menguntungkan dan juga dapat diperebutkan. Asam benzoat sendiri merupakan suatu senyawa yang dapat dijadikan bahan baku pada industri kimia lainnya seperti pada industri makanan, farmasi atau obat-obatan, dan lain-lain. Kegunaan asam benzoat ini sendiri diantaranya adalah menjadi bahan pengawet makanan dan juga dalam bidang farmasi dapat menjadi anti-septik, serta bahan pembuatan fenol, dan lain sebagainya.

Berikut data eksport asam benzoat yang masuk ke Indonesia.

**Tabel 1.** Data Eksport Asam Benzoat di Indonesia (BPS, 2022)

Tahun	Data Impor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2017	10,731.26	-6,42
2018	12,870.23	16,62
2019	11,629.48	-10,67
2020	12,427.68	6,42
2021	12,844.28	3,24
<b>Total</b>	<b>60,503</b>	<b>9,20</b>
	<b>Rata-rata</b>	<b>1,84</b>

Dari data-data impor asam benzoat di Indonesia yang tersedia dapat dilakukan prediksi untuk perancangan pabrik asam benzoat yang akan datang.



**Gambar 1.** Prediksi Kebutuhan Asam Benzoat di Indonesia



Berdasarkan **Gambar 1** di atas didapatkan persamaan regresi linear untuk memprediksikan konsumsi asam benzoat pada tahun 2027.

$$y = 378,35x - 751,787$$

$$= 378,35 (2027) - 751,787$$

$$= 15,128 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan persamaan di atas, maka didapatkan perkiraan kebutuhan konsumsi asam benzoat di Indonesia pada tahun 2027 adalah sebesar 15,128 ton/tahun.

Nama Pabrik	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
Lishui County Guanshan Fine Chemical (China)	42.000
Zhejiang Jiahua Import and Export (China)	20.000
Hairongtai Chemical (China)	30.000
Broadtech Chemical International (China)	20.000
Tai'anHengtong Chemical Products (China)	42.000

Dari hasil prediksi kebutuhan asam benzoat di Indonesia pada tahun 2027 adalah 15.128 ton-tahun. Dengan berbagai pertimbangan diantaranya ketersediaan bahan baku, pemenuhan kebutuhan asam benzoat di Indonesia, serta juga melihat dari kapasitas terkecil pabrik asam benzoat yang sudah berjalan, maka ditentukan kapasitas produksi asam benzoat pada tahun 2027 sebesar 20.000 ton-tahun. Dengan ini pabrik asam benzoat yang akan didirikan ini diharapkan dapat bersaing dengan pabrik yang sudah ada sebelumnya.

## 2. Deskripsi Proses

### 2.1 Jenis-Jenis Proses

Ada beberapa proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan asam benzoat dan perbedaan antara masing-masing dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut:

**Tabel 2.** Perbandingan Beberapa Jenis Proses Pembuatan Asam Benzoat

Proses	Dekarbo ksilat Phtalat Anhidrat	<i>Canniz aro</i>	Klorin asi Tolue n	Oksidasi Toluen
Tinjauan				
Bahan	Phtalat anhidrat dan uap <i>steam</i>	Benzald ehida	Cl <sub>2</sub> dan toluen	Toluen dan oksigen

Yield / konvers i	Yield = 80-85%	Yield =73,64 % Konver si=50%	Yield = 74- 80%	Yield = 90% Konversi = 48,35%
Produk sampin g	-	Benzil alkohol	HCl	-
Kondisi operasi	T = 150- 200°C P = 1 atm		T = 100- 150°C P = 75 psia	T = 160°C P = 4 atm
Katalis	Sodium dikromat	KOH	SnCl <sub>2</sub>	<i>Cobalt / mangan</i>
Proses	Memerlu kan katalis dalam jumlah yang banyak agar reaksi berjalan sempurn a		Bersif at korosi f karena mengh asilka n HCl	Lebih sederhan a dan bahan baku murah
Sumber	Krik dan Othmer, 1987	Putri, 2009	Krik dan Othme r, 1987	Gizli dkk., 2008

Dengan melihat keempat proses desain di atas, pada prarancangan ini digunakan proses oksidasi dengan katalis *cobalt stearate* karena jauh lebih menguntungkan dibandingkan proses lainnya. Dan juga karena dalam proses oksidasi ini beroperasi pada kondisi suhu dan tekanan sedang sehingga membutuhkan biaya perangkat dan konsumsi daya yang minimal.

### 2.2 Uraian Proses

Proses pembentukan produk asam benzoat dari toluen serta oksigen dengan proses oksidasi dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

- Tahap persiapan bahan baku
- Tahap reaksi
- Tahap pemisahan produk

#### 2.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

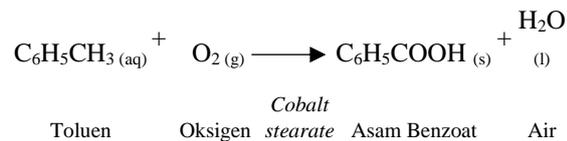
Bahan baku berupa toluene disimpan dalam tangki penyimpanan dengan suhu 30°C kemudian dialirkan menuju *mixer* dan ditambahkan katalis *cobalt stearate*.

#### 2.1.2 Tahap Reaksi

Campuran bahan toluene dan katalis *cobalt stearate* dengan suhu 30°C dipompakan menuju *heater* untuk dinaikan suhunya menjadi 160°C agar selaras dengan suhu operasi dari reaktor *bubble* serta



mempermudah kinerja reaktor itu sendiri. Lalu campuran bahan ini dimasukkan ke dalam reaktor *bubble* yang bekerja dengan proses *batch*. Kemudian oksigen diinjeksikan ke dalam reaktor *bubble* menggunakan *blower* yang kemudian tekanannya dinaikkan menjadi 4 atm agar sama dengan tekanan pada reaktor *bubble*. Reaksi pembentukan asam benzoat menggunakan katalis *cobalt stearate* adalah sebagai berikut.



Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis, yang artinya diperlukan air pendingin dengan suhu 30°C untuk menjaga kondisi dari kinerja reaktor *bubble* itu sendiri.

Hasil sisa reaksi, yaitu berupa gas O<sub>2</sub> dikeluarkan dari reaktor menuju udara bebas agar tidak mempengaruhi ataupun mengganggu proses selanjutnya. Sedangkan hasil reaksi berupa campuran dari produk asam benzoat, air dan sisa toluen yang tidak bereaksi serta katalis *cobalt stearate* akan dialirkan menuju alat selanjutnya untuk dilanjutkan ke proses pemisahan.

### 2.1.3 Tahap Pemisahan

Seluruh campuran, yaitu produk asam benzoat, air dan sisa toluene yang tidak bereaksi serta katalis *cobalt stearate* dengan suhu 160°C dipompakan menuju *cooler* untuk diturunkan suhunya menjadi 90°C dengan tujuan menurunkan sifat kelarutan dari campuran produk agar lebih mudah dipisahkan fasenya pada dekanter. Selanjutnya campuran produk akan dialirkan menuju dekanter untuk dipisahkan dengan katalisnya yaitu *cobalt stearate*.

Kemudian produk asam benzoat dan sisa toluene yang tidak bereaksi dipompakan menuju evaporator untuk dipisahkan antara produk asam benzoat dan uap air beserta uap toluene. Selanjutnya produk asam benzoat dipompakan menuju *crystallizer* untuk dikristalkan, dan kemudian asam benzoat yang sudah terkristal dimasukkan ke dalam *centrifuge* untuk dipisahkan dengan *mother liquornya*. Kemudian asam benzoat dibawa dengan *screw conveyor* menuju *rotary dryer* untuk mengurangi kadar airnya.

Produk asam benzoat yang keluar dari *rotary dryer* kemudian dihancurkan dan dihaluskan menggunakan *ball mill* hingga menjadi serbuk, kemudian produk asam benzoat disaring menggunakan *screen* agar menyamaratakan ukurannya yaitu 100 *mesh* dan selanjutnya akan ditampung pada bin sebelum dipindahkan menuju gudang produk. Asam benzoat yang terikut udara

panas dari *rotary dryer* dimasukkan ke siklon untuk dipisahkan dengan udara, kemudian ditampung dalam bin sebelum dimasukkan ke gudang produk.

### 3. Utilitas

Seluruh kebutuhan air pada pabrik asam benzoat ini dipasok dari Sungai Serayu yang berada di sekitar pabrik. Air yang digunakan adalah sekitar 56.317,8443 kg/jam. Untuk kebutuhan energi didapatkan dari PLTU Cilacap dan generator dengan *power* sebesar 1500 kW. Berikut adalah data kebutuhan air pendingin, *steam*, listrik serta kebutuhan bahan bakar untuk proses pembuatan asam benzoat.

**Tabel 3.** Kebutuhan Utilitas Proses

	Kebutuhan
Air pendingin	253.221,3667 kg/jam
Steam	552,8210 kg/jam
Listrik	935,52 Kw
Bahan bakar	36.138 L

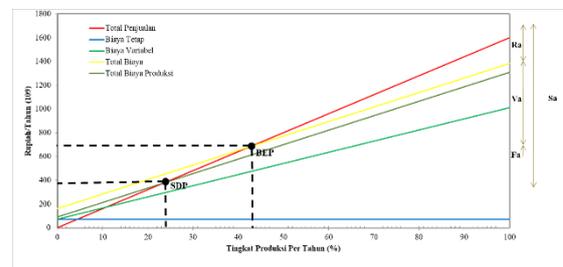
### 4. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi sendiri dilakukan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang ini akan menguntungkan atau tidak.

**Tabel 4.** Uji Ekonomi

Uji	Poin	Nilai	Ketentuan
ROI	22,023%	Min.11%	Layak
POT	3,12 tahun	Max.5 tahun	Layak
BEP	42,64 %	40-60%	Layak
SDP	23,43%	20-40%	Layak

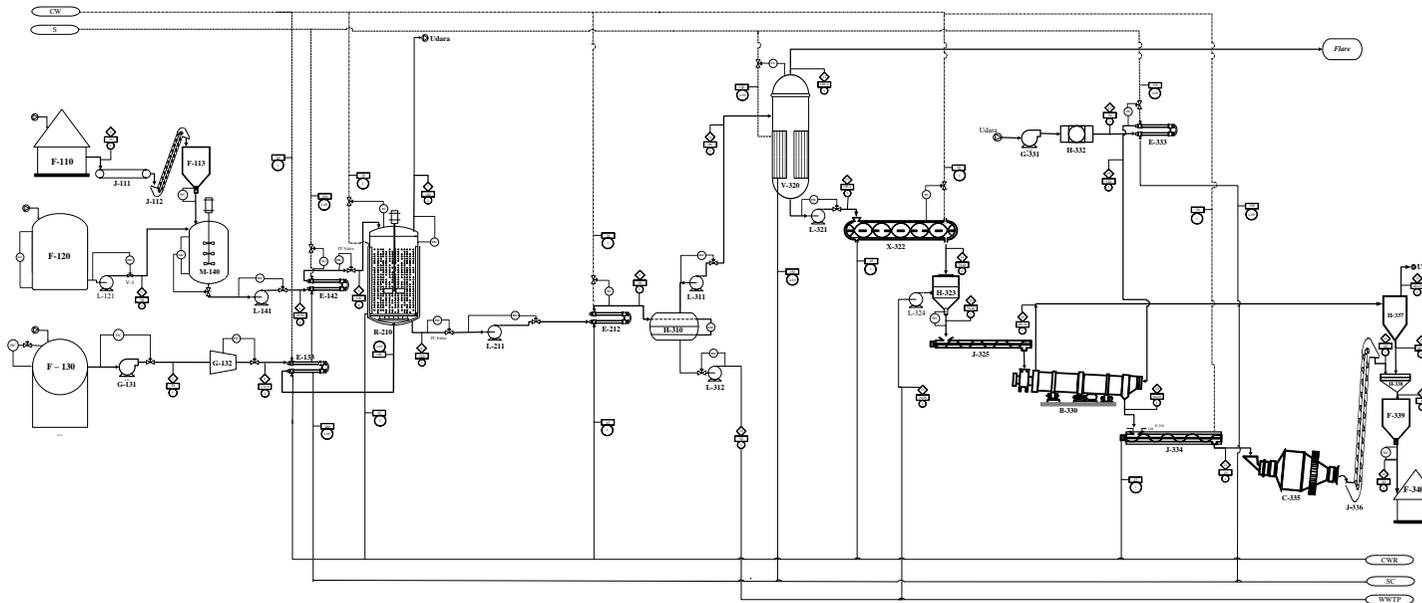
Berikut merupakan grafik dari nilai BEP dan SDP.



**Gambar 3.** Grafik BEP dan SDP Pabrik Asam Benzoat



**FLOW DIAGRAM PROCESS**  
**PRARANCANGAN PABRIK ASAM BENZOAT DARI TOLUEN DAN OKSIGEN DENGAN PROSES OKSIDASI KAPASITAS**  
**20.000 TON/TAHUN**



Komponen	Neraca Massa (kg/jam)																									
	Aris																									
	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	26
$C_6H_5COOH$	-	-	2.7144	2.7144	2.7144	-	-	2.7144	2.7144	2.7144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$C_6H_4COOH$	-	-	-	-	-	-	-	2632.0654	2632.0654	105.2826	2526.7828	-	2526.7828	1.5250	1.5250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$C_6H_3COOH$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$C_6H_2COOH$	4105.1421	-	-	4105.1421	4105.1421	-	-	2120.3099	2120.3099	84.8122	2035.4936	1575.3544	460.1392	460.1392	460.1392	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$O_2$	-	2855.7510	-	-	-	2855.7510	1820.1843	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$H_2O$	-	-	-	-	-	-	-	388.3375	388.3375	15.5335	372.8040	308.6218	64.1822	2.6081	-	64.1822	-	-	64.1254	0.0568	0.0568	64.0612	0.0641	0.0568	0.1210	0.1210
Udara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	4105.1421	2855.7510	2.7144	4107.8565	4107.8565	2855.7510	1820.1843	5143.4232	5143.4232	208.3428	4935.0804	1883.9762	3051.1042	2989.5301	461.6642	2589.4400	201.5995	201.5995	391.9878	2399.0518	2399.0518	365.7871	126.2008	2999.0518	2525.2525	2525.2525

**Gambar 2. Flow Diagram Process** Pembuatan Asam Benzoat dari Toluena dan Oksigen dengan Proses Oksidasi

KETERANGAN			
Aliran Proses	Aliran Proses		
CW	Cooling Water	FL	Flare
WP	Water Process	◊	Nalar Alas
S	Steam	□	Temperature (°C)
CWR	Cooling Water Return	○	Tahanan Gasi
SC	Steam Condenser	◐	Bahan Baku
WWTP	Water Water Treatment Plant	◑	Produk
TC	Temperature Control	WC	Weight Control
LC	Level/Height Control	PC	Pressure/Barometer Control
FC	Flow Indicator Control		

10	F-110	STORASI ASAM BENZOAT	1
11	F-120	BIN ASAM BENZOAT	1
12	F-130	WATER	1
13	B-131	HEAT EXCHANGER	1
14	B-132	HEAT EXCHANGER ASAM BENZOAT	1
15	B-133	HEAT EXCHANGER	1
16	B-134	HEAT EXCHANGER	1
17	B-135	HEAT EXCHANGER	1
18	B-136	HEAT EXCHANGER	1
19	B-137	HEAT EXCHANGER	1
20	B-138	HEAT EXCHANGER	1
21	B-139	HEAT EXCHANGER	1
22	B-140	HEAT EXCHANGER	1
23	B-141	HEAT EXCHANGER	1
24	B-142	HEAT EXCHANGER	1
25	B-143	HEAT EXCHANGER	1
26	B-144	HEAT EXCHANGER	1
27	B-145	HEAT EXCHANGER	1
28	B-146	HEAT EXCHANGER	1
29	B-147	HEAT EXCHANGER	1
30	B-148	HEAT EXCHANGER	1
31	B-149	HEAT EXCHANGER	1
32	B-150	HEAT EXCHANGER	1
33	B-151	HEAT EXCHANGER	1
34	B-152	HEAT EXCHANGER	1
35	B-153	HEAT EXCHANGER	1
36	B-154	HEAT EXCHANGER	1
37	B-155	HEAT EXCHANGER	1
38	B-156	HEAT EXCHANGER	1
39	B-157	HEAT EXCHANGER	1
40	B-158	HEAT EXCHANGER	1
41	B-159	HEAT EXCHANGER	1
42	B-160	HEAT EXCHANGER	1
43	B-161	HEAT EXCHANGER	1
44	B-162	HEAT EXCHANGER	1
45	B-163	HEAT EXCHANGER	1
46	B-164	HEAT EXCHANGER	1
47	B-165	HEAT EXCHANGER	1
48	B-166	HEAT EXCHANGER	1
49	B-167	HEAT EXCHANGER	1
50	B-168	HEAT EXCHANGER	1
51	B-169	HEAT EXCHANGER	1
52	B-170	HEAT EXCHANGER	1
53	B-171	HEAT EXCHANGER	1
54	B-172	HEAT EXCHANGER	1
55	B-173	HEAT EXCHANGER	1
56	B-174	HEAT EXCHANGER	1
57	B-175	HEAT EXCHANGER	1
58	B-176	HEAT EXCHANGER	1
59	B-177	HEAT EXCHANGER	1
60	B-178	HEAT EXCHANGER	1
61	B-179	HEAT EXCHANGER	1
62	B-180	HEAT EXCHANGER	1
63	B-181	HEAT EXCHANGER	1
64	B-182	HEAT EXCHANGER	1
65	B-183	HEAT EXCHANGER	1
66	B-184	HEAT EXCHANGER	1
67	B-185	HEAT EXCHANGER	1
68	B-186	HEAT EXCHANGER	1
69	B-187	HEAT EXCHANGER	1
70	B-188	HEAT EXCHANGER	1
71	B-189	HEAT EXCHANGER	1
72	B-190	HEAT EXCHANGER	1
73	B-191	HEAT EXCHANGER	1
74	B-192	HEAT EXCHANGER	1
75	B-193	HEAT EXCHANGER	1
76	B-194	HEAT EXCHANGER	1
77	B-195	HEAT EXCHANGER	1
78	B-196	HEAT EXCHANGER	1
79	B-197	HEAT EXCHANGER	1
80	B-198	HEAT EXCHANGER	1
81	B-199	HEAT EXCHANGER	1
82	B-200	HEAT EXCHANGER	1

Dibagikan Oleh :  
 DR. HENRIYATI, S.T., M.T. (18100120000)  
 NAMA: GUSNA SAFITRI (18100120001)

Dosen Pembimbing :  
 DR. HENRIYATI, S.T., M.T.  
 NIP. 140608 1992 2 001

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 UNIVERSITAS LAMPUNG LAMPUNG  
 35122

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa, baik analisa ekonomi maupun teknik pada Prarancangan Pabrik Asam Benzoat dari Toluena dan Oksigen dengan Reaksi Oksidasi dengan kapasitas produksi 20.000 Ton/Tahun ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Dilihat dari segi pemasok bahan baku, pemasaran serta lingkungan, maka lokasi pabrik asam benzoat diputuskan dibangun di daerah Cilacap, Jawa Tengah. Daerah ini cukup menguntungkan karena mudah dalam segi pemasaran, mendapatkan pasokan bahan baku, tenaga kerja, fasilitas transportasi, serta ketersediaan utilitas.
2. Hasil evaluasi ekonomi pabrik asam benzoat adalah sebagai berikut:
  - Rata-rata keuntungan sebelum pajak : Rp. 165.125.958.872,-
  - Rata-rata keuntungan sesudah pajak: Rp. 107.331.873.267,-
  - ROI (*Return of Investment*) sebelum pajak: 33,657 %
  - ROI (*Return of Investment*) sesudah pajak: 21,877%
  - POT (*Pay-Out Time*) sebelum pajak : 2,29 Tahun
  - POT (*Pay-Out Time*) sesudah pajak: 3,14 Tahun
  - NPV (*Net Present Value*): Rp. 171.822.952.171,-
  - IRR (*Interest-Rate of Return*) :  $i = 14,80\%$
  - BEP (*Break-Even Point*) : 42,74 %
  - SDP (*Shut-Down Point*) : 23,46%

## Daftar Pustaka

- BPS. (2022): *Data Impor Asam Benzoat*. Badan Pusat Statistika.
- Gizli, A., Erden, A., Aytimur, G. dan Atalay, S. (2008): *Catalytic Liquid-Phase Oxidation of Toluene to Benzoic Acid*. Chem. Eng. Technol.31, No. 3, 409–416. Turkey
- Kirk, R. E. dan Othmer, D. F. (1998): *Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd edition*. A Wiley Inter Science Publisher, Inc. New York

