

PRARANCANGAN PABRIK KIMIA PARALDEHYDE DARI ACETALDEHYDE MENGGUNAKAN PROSES POLIMERISASI SECARA KONTINYU DENGAN KATALIS DUOLITE C 20 C KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Eka Pramita*, Fidelis Boy Manurung

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

*Corresponding Author: ekapramita1602@gmail.com

Abstrak

Paraldehida ($C_6H_{12}O_3$) memiliki nama IUPAC sebagai *2,4,6-trimethyl-1,3,5-trioxane*. Paraldehida merupakan senyawa *cyclic trimer* dari asetaldehida. Paraldehida terbentuk dari reaksi polimerisasi asetaldehida yang direaksikan dengan asam mineral contohnya seperti sulfur, fosfat, atau asam hidroklorit. Paraldehida banyak digunakan dalam pengobatan pasien hipnoterapi, anestesi, depresan dan sebagai obat sedatif dengan efek antikolulisan. Selain itu, juga digunakan sebagai bahan aditif pada makanan. Paraldehida dapat diproduksi dengan *vapor-phase* untuk memperoleh yield yang tinggi. Peluang berkembangnya industri paraldehida di Indonesia cukup besar, sehingga perancangan pabrik kimia dengan produk paraldehida perlu untuk didirikan. Pabrik ini direncanakan didirikan dengan kapasitas produk paraldehida sebesar 30.000 ton/tahun dengan lama operasi selama 330 hari/tahun dan rencana didirikan pada tahun 2022. Bahan baku utama yang diperlukan adalah Asetaldehida yang diperoleh dari PT. Celanase di Cina.

Pabrik akan didirikan di Desa Wonorejo Kaliwungu, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. Lokasi pendirian pabrik memiliki jarak yang relatif dekat dengan sungai Kuto. Sungai Kuto memiliki debit air yang relatif besar yaitu $504,7 \text{ m}^3/\text{s}$ sehingga sungai kuto digunakan sebagai sumber air untuk unit utilitas pabrik. Produksi paraldehida menggunakan proses polimerisasi asetaldehida dengan bantuan katalis Duolite C 20-C pada suhu $50 \text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan $2,5 \text{ atm}$, reaktor yang digunakan ialah reaktor dengan tipe *fixed-bed multitube* dan reaksi bersifat eksotermis (mengeluarkan panas). Produk keluaran reaktor selanjutnya dialirkan menuju menara distilasi sehingga diperoleh distilat berupa campuran asetaldehida, etanol dan sedikit paraldehida dan produk *bottom* berupa paraldehida. Produk *bottom* berupa paraldehida kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan, sedangkan distilat berupa campuran asetaldehida, etanol dan sedikit paraldehida dipisahkan di dalam separator sehingga asetaldehida dapat digunakan kembali sebagai umpan reaktor (*recycle*).

Pemasaran paraldehida ditargetkan untuk kebutuhan konsumsi dalam negeri dan ekspor paraldehida ke beberapa negara di Asia. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line* dan *staff*. Sistem pembagian kerja karyawan berdasarkan jam kerja yang terdiri dari *shift* dan *nonshift* dengan jumlah tenaga kerja yang dikaryakan sebanyak 150 orang. Adapun hasil analisa ekonomi memberikan hasil investasi modal total (TCI) adalah sebesar Rp 1.241.313.820.069,55 dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp 2.550.000.000.000. Selain itu diperoleh juga Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 59% dan Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 29%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 1,439 tahun dan Pay Out Time (POT) sesudah pajak sebesar 2,593 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 41,49% dan Shut down point (SDP) sebesar 25,58%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik paraldehida dengan kapasitas 30.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: Paraldehida, asetaldehida, polimerisasi kontinyu, katalis duolite C 20 C

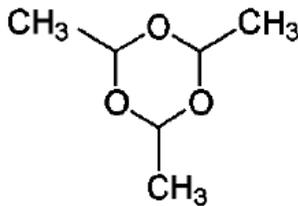
1. Pendahuluan

Pemerintah Indonesia berupaya meningkatkan perekonomian negara dengan mengokohkan sektor industri dan ekspor barang ke

luar negeri. Keberadaan industri, khususnya industri kimia berperan penting dalam meningkatkan pendapatan negara. Di samping itu, industri kimia berdiri guna memenuhi kebutuhan bahan kimia



dalam negeri dengan berperan sebagai produsen bahan kimia. Salah satu bahan kimia yang kebutuhannya masih dipenuhi melalui impor bahan kimia ialah paraldehida. Paraldehida merupakan bahan kimia yang digunakan sebagai obat hipnotis, depresan dan sedatif dengan efek antikonvulsan. Paraldehida juga dapat digunakan sebagai bahan aditif pada makanan (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>, 2017). Paraldehida ($C_6H_{12}O_3$) memiliki nama IUPAC sebagai *2,4,6-trimethyl-1,3,5-trioxane*. Paraldehida merupakan senyawa *cyclic trimer* dari asetaldehida. Paraldehida terbentuk dari reaksi polimerisasi asetaldehida yang direaksikan dengan asam mineral contohnya seperti sulfur, fosfat, atau asam hidroklorit (Othmer, 1996).



Gambar 1 Struktur Molekul Paraldehyde (Othmer, 1996)

Pendirian pabrik paraldehida ini selain bertujuan memenuhi kebutuhan paraldehida dalam negeri, tetapi juga dapat memenuhi kebutuhan paraldehida secara global dengan melakukan ekspor paraldehida ke negara-negara yang mengimpor paraldehida. Adapun beberapa negara yang mengimpor paraldehida diantaranya ialah Jepang, Korea dan Thailand.

Kebutuhan impor paraldehida di Indonesia pada tahun 2010 sampai dengan 2016 (Badan Pusat Statistik, 2017):

Tabel 1. Kebutuhan Impor Paraldehida di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2010	5.354,052	0
2	2011	7.783,693	0,4537
3	2012	8.231,771	0,0575
4	2013	7.447,260	-0,0953
5	2014	9.129,084	0,2258
6	2015	15.868,537	0,7382
7	2016	16.023,491	0,0097
Pertumbuhan Rata-rata			0,19855

Sedangkan data kebutuhan paraldehida di Jepang, Korea, dan Thailand dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut (<http://comtrade.un.org/data/>, 2017).

Tabel 2 Kebutuhan Impor Paraldehyde di Asia

Periode	Reporter	netweight (ton)	Pertumbuhan (%)	Pertumbuhan Rata-rata (%)
2012	Jepang	17.515,590	0	-0,02128
2013	Jepang	16.008,342	-0,08605	
2014	Jepang	18.205,903	0,137276	
2015	Jepang	15.185,145	-0,16592	
2016	Jepang	15.310,844	0,008278	
2012	Korea	10.134,731	0	0,044236
2013	Korea	10.683,811	0,054178	
2014	Korea	11.644,159	0,089888	
2015	Korea	12.149,776	0,043422	
2016	Korea	12.559,142	0,033693	
2011	Thailand	6.233,600	0	0,072884
2012	Thailand	9.490,221	0,52243	
2013	Thailand	8.997,530	-0,05192	
2014	Thailand	7.743,594	-0,13936	
2015	Thailand	8.001,231	0,033271	

Pabrik paraldehida direncanakan beroperasi pada tahun 2022. Berdasarkan perhitungan menggunakan *discounted method* dengan rumus sebagai berikut :





$$m_5 = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \dots(1.2)$$

Peluang kapasitas paraldehida yang akan didirikan tahun 2022 adalah 30.000 ton/tahun. Sehingga pada pabrik isobutilena ini, kapasitas produksi yang akan dirancang sebesar 30.000 ton/tahun, dengan pertimbangan :

1. Kapasitas produksi 30.000 ton/tahun sudah memenuhi kapasitas minimum dunia sebesar 12.000 ton/tahun pada perusahaan *Xuzhou Nuote Chemical* yang berada di Cina (www.thefreelibrary.com, 2017).
2. Diproyeksikan merupakan pabrik paraldehida pertama di Indonesia dengan kapasitas terpasang maksimum 100% yang untuk ke depannya akan ditinjau kembali.
3. Peluang mengeksport isobutilena berdasarkan kebutuhan di asia rata-rata sebesar 39% per tahun (<http://comtrade.un.org/data/>, 2017).

Pabrik paraldehida direncanakan berlokasi di Desa Wonorejo Kaliwungu, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah, Indonesia. Pemilihan lokasi berdasarkan atas ketersediaan lahan yang cukup, area transportasi yang lancar untuk sumber bahan baku, dan dekat dengan bahan pendukung. Bentuk perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas dengan total tenaga kerja sebanyak 150 orang.

2. Deskripsi Proses

Proses produksi paraldehida dapat dilakukan dengan dua proses, yaitu proses polimerisasi secara *batch* dan secara kontinyu (Baer, dkk, 1958 dan Dolnick, dkk, 1947). Perbandingan kedua proses pengolahan paraldehida tersaji pada tabel 3 seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Proses Pengolahan Paraldehida.

No.	Karakteristik	Batch	Kontinyu
1.	Konversi	72 %	92 %
2.	Kondisi Operasi	T = 39-49°C P = 3 atm	T = 50°C P = 2,5 atm
3.	Katalis	Asam sulfat dan asam fosfat	Duolite C 20 C
4.	Waktu kontak	30 menit	3,75 menit
5.	Pemurnian produk	Membutuhkan proses pemisahan yang rumit	Membutuhkan proses pemisahan yang mudah
6.	Kemurnian	99.52 % Paraldehyde 0.48 % etanol	99.52 % Paraldehyde 0.48 % Etanol
7.	Aspek Lingkungan	Produk samping berupa acetaldehyde, etanol, asam sulfat dan asam fosfat.	Produk samping berupa acetaldehyde dan etanol.
8.	Aspek ekonomi	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan Baku: Acetaldehyde 99,5% dengan harga Rp 2.792,46,-/kg • Katalis: Asam sulfat dan asam fosfat cair dengan harga masing-masing Rp 6087,95/kg dan 6088,5765/kg Produk: Paraldehyde 99,52 % <i>liquid</i> dengan harga Rp 85.000/kg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan Baku: Acetaldehyde 99,5% dengan harga Rp 2.792,46,-/kg • Katalis: Duolite C 20 C padat dengan harga Rp 228.289,27/kg dengan umur katalis 90 hari dan dapat diaktivasi kembali. Produk: Asetaldehida 99,52 % <i>liquid</i> dengan harga Rp 85.000/kg.





Berdasarkan berbagai pertimbangan yang tersaji pada Tabel 3, proses yang dipilih untuk menghasilkan paraldehida adalah proses polimerisasi secara kontinyu.

Proses pembuatan paraldehida terdiri dari empat tahapan proses sebagai berikut:

1. Proses Penyimpanan Bahan Baku

Bahan baku berupa asetaldehida disimpan dalam fase cair pada tangki penyimpanan dengan kondisi operasi pada suhu 30°C dan tekanan 1,6 atm.

2. Proses Penyiapan Bahan Baku

Asetaldehida dari tangki penyimpanan dinaikkan tekanannya hingga 2,5 atm menggunakan pompa. Kemudian asetaldehida diuapkan dengan menggunakan vaporizer, sebelum diumpankan ke dalam reaktor.

3. Proses Pembentukan Produk

Paraldehida terbentuk dari reaksi polimerisasi asetaldehida menggunakan katalis Duolite C 20 C. Reaksi terjadi di dalam reaktor *Fix Bed Multitube*, yang mana katalis berada pada bagian *tube* reaktor dan pendingin berada pada bagian *shell* reaktor. Reaksi berlangsung selama 3,75 menit secara isothermal pada suhu 50°C pada tekanan 2,5 atm dengan konversi reaksi mencapai 92%. Jenis media pendingin yang digunakan ialah *brine water*. Adapun reaksi yang terjadi di dalam reaktor sebagai berikut:



4. Proses Pemurnian Produk

Hasil keluaran reaktor kemudian diuapkan menggunakan vaporizer sebelum diumpankan ke menara distilasi. Di dalam menara distilasi terjadi pemisahan antara asetaldehida, etanol (impuritis dari asetaldehida), dan paraldehida. Hasil atas menara distilasi berupa asetaldehida dan etanol dialirkan ke separator untuk dimurnikan kembali sebelum di-*recycle* ke reaktor. Sedangkan hasil bawah menara distilasi berupa etanol (0,48%) dan paraldehida (99,52%) dialirkan ke tangki penyimpanan paraldehida setelah sebelumnya melewati proses pendinginan.

Tinjauan termodinamika kemudian digunakan sebagai dasar untuk dapat mengetahui suatu reaksi bersifat eksotermis atau endotermis dengan data dan perhitungan sebagai berikut (Yaws, 1999):

Tabel 4. Daftar ΔH dan ΔG Setiap Komponen

Komponen	$\Delta H_{298 \text{ K}}$ (KJ/mol)	$\Delta G^{\circ}_{298 \text{ K}}$ (KJ/mol)
Acetaldehyde	-166,36	-133,30
Paraldehida	-645,30	-450,38

$$\begin{aligned} \Delta H_{298} &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= [\Delta H_{298} (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_3) - (3 \times \Delta H_{298} (\text{C}_2\text{H}_4\text{O}))] \\ &= [(-645,30) - (3 \times (-166,36))] \\ &= -146,220 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan entalpi pembentukan paraldehida di atas. Reaksi pembentukan paraldehida dari asetaldehida bersifat eksotermis atau melepaskan panas yang ditandai dengan $\Delta H^{\circ}_f(298,15 \text{ K})$ bernilai negatif. Sedangkan perhitungan energi Gibbs pembentukan paraldehida dapat diketahui reaksi berjalan spontan atau tidak spontan.

$$\begin{aligned} \Delta G_{298} &= \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}} \\ &= [\Delta G_{298} (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_3) - (3 \times \Delta G_{298} (\text{C}_2\text{H}_4\text{O}))] \\ &= [(-450,38) - (3 \times (-133,30))] \\ &= -50,48 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan energi Gibbs di atas diketahui bahwa reaksi pembentukan paraldehida merupakan reaksi spontan (*irreversible*). Kemudian, jika ditinjau berdasarkan kinetika reaksi, reaksi pembentukan paraldehida dari asetaldehida merupakan reaksi orde 1 (Ullman, 2002). Dengan 92% asetaldehida terkonversi menjadi paraldehida dalam waktu 3,75 menit (Dolnick, A. A et al, 1947) dapat diketahui konstanta laju reaksi pembentukan paraldehida. Adapun perhitungan konstanta laju reaksi paraldehida sebagai berikut:

Persamaan kecepatan reaksi:

$$\begin{aligned} -r_A &= k \cdot C_A \\ \tau &= \frac{V}{F_A} = C_{A0} \int_0^{XA} \frac{dXA}{-XA} \\ \tau &= C_{A0} \int_0^{XA} \frac{dXA}{k \cdot C_{A0}(1-XA)} \\ \tau &= \frac{1}{k} \int_0^{XA} \frac{dXA}{(1-XA)} \end{aligned}$$



Dengan :

τ = waktu tinggal (detik) = 3,75 menit = 225 detik

V = volum reaktor (L)

FA = laju alir (kmol/detik)

CA0 = konsentrasi asetaldehida mula-mula (kmol/L)

XA = konversi

k = konstanta kecepatan reaksi (1/detik)

$$225 = \frac{1}{k} \int_0^{0,92} \frac{dXA}{(1-0,92)}$$

$$k = -\frac{1}{225} \ln(1 - 0,92)$$

$$k = 0,011 \text{ /detik}$$

Berdasarkan perhitungan konstanta laju reaksi di atas diperoleh nilai k pada pembentukan paraldehida sebesar 0,011/detik.

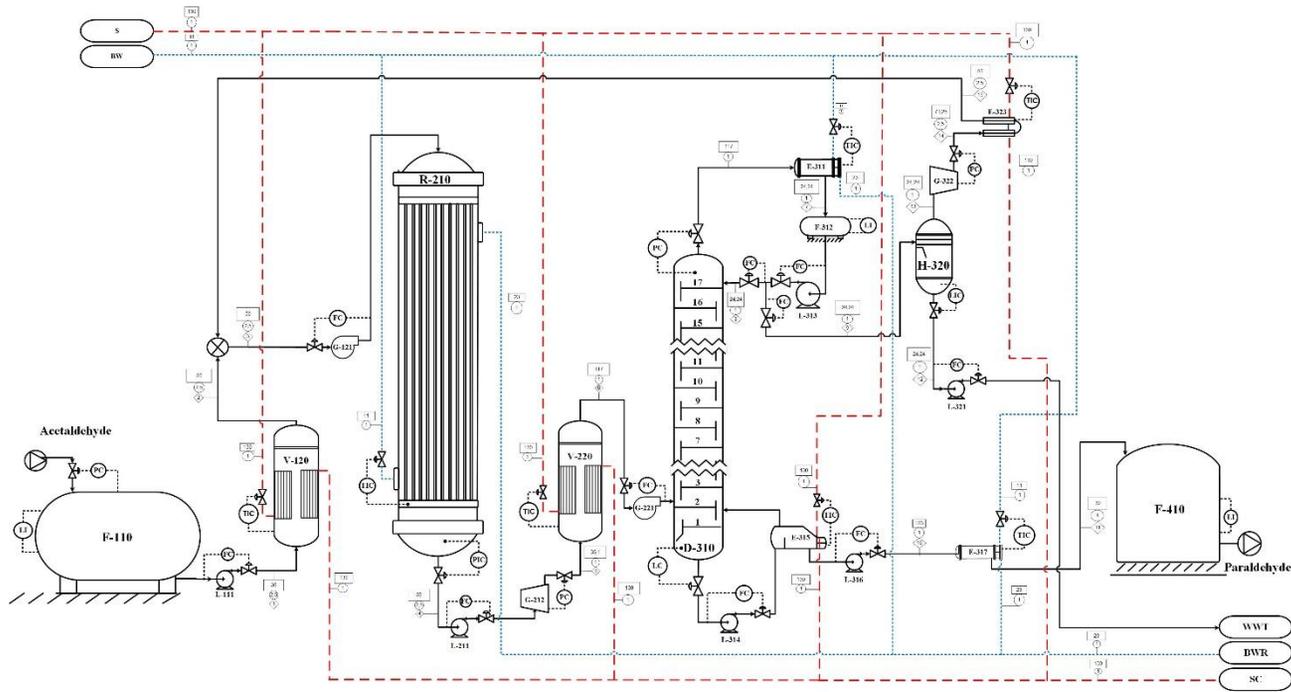
Hasil perhitungan neraca massa, komposisi masuk dan keluar reaktor dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Aliran Masuk	Aliran Keluar
	Kg/Jam	Kg/Jam
	Aliran 2	Aliran 3
C ₂ H ₄ O	4.097,9065	327,8325
C ₂ H ₆ O	20,5925	20,5925
C ₆ H ₁₂ O ₃	0,000	3.770,0740
Total	4.118,4990	4.118,4990



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA PARALDEHYDE DARI ACETALDEHYDE MENGGUNAKAN PROSES
POLIMERISASI SECARA KONTINYU DENGAN KATALIS DUOLITE C 20 C KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN



Komponen	Neraca Massa (Kg/Jam)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C ₂ H ₄ O	3773,3523	3773,3523	4097,9065	327,8325	327,8325	327,8325	598,0044	270,1719	327,8325	0,0000	0,0000	3,2783	324,5542	324,5542	324,5542
C ₂ H ₆ O	18,9616	18,9616	20,5925	20,5925	20,5925	20,5925	4,3974	1,9867	2,4107	18,1818	18,1818	0,7798	1,6309	1,6309	1,6309
C ₆ H ₁₂ O ₃	0,0000	0,0000	0,0000	3770,0740	3770,0740	3770,0740	0,6877	0,3107	0,3770	3769,6970	3769,6970	0,3770	0,0000	0,0000	0,0000
Total	3792,3139	3792,3139	4118,4990	4118,4990	4118,4990	4118,4990	603,0894	272,4692	330,6202	3787,8788	3787,8788	4,4351	326,1851	326,1851	326,1851

KETERANGAN	
S	Steam
SC	Steam Condensar
BW	Brine Water
BWR	Brine Water Return
WWT	Water Water Treatment
FC	Flow Control
PC	Pressure Control
LI	Level Indicator
LL	Level Control
NI	Nomor Aliran
TC	Temperature (°C)
TK	Tekanan (atm)
PI	Produk
LI	Level Indicator Control
PI	Pressure Indicator Control
TI	Temperature Indicator Control

NO	KODE	NAMA ALAT	JUMLAH
22	F-410	TANGKI PENYIMPANAN PRODUK	10
21	E-323	COOLER-02	1
20	G-322	KORPUS-04	1
19	E-321	POMPA-06	1
18	H-320	SEPARATOR	1
17	E-317	COOLER-01	1
16	L-316	POMPA-08	1
15	E-315	REBOILER	1
14	L-314	POMPA-04	1
13	L-313	POMPA-03	1
12	E-312	ACCL. SULAJOH	1
11	E-311	CONDENSOR	1
10	D-310	MENARA DISTILASI	1
9	G-211	BLOWER-02	1
8	V-220	VAPORIZER-02	1
7	L-212	EVAPORATOR	1
6	L-211	POMPA-02	1
5	R-210	REAKTOR FIXED BED	1
4	G-121	BLOWER-01	1
3	V-120	VAPORIZER-01	1
2	L-111	POMPA-01	1
1	F-110	TANGKI ACETALDEHYDE	10
NO	KODE	NAMA ALAT	JUMLAH

Dibuatkan Oleh :		(HDI1307)
EKA PRASELIA		(HDI13210)
Diperiksa Oleh :		
Luthi N'Prak, S.T., M.Eng		
NIP. 19840119 201212 2 003		
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRARANCANGAN PABRIK KIMIA PARALDEHYDE DARI ACETALDEHYDE MENGGUNAKAN PROSES POLIMERISASI SECARA KONTINYU DENGAN KATALIS DUOLITE C 20 C KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN		
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGUNKURAI BANJARBARU 2017		

Gambar 2. Proses Engineering Flow Diagram Prarancangan Pabrik Kimia Paraldehyde dari Acetaldehyde Menggunakan Proses Polimerisasi Secara Kontinyu dengan Katalis Duolite C 20 C Kapasitas 30.000 Ton/Tahun



3. Utilitas

Utilitas merupakan unit penyedia kebutuhan steam dan pendingin sebagai penunjang berjalannya proses produksi dalam suatu pabrik. Sarana dan prasarana dalam unit utilitas beroperasi sedemikian rupa untuk memenuhi kebutuhan utilitas pabrik. Kebutuhan utilitas pabrik paralehida antara lain air sanitasi, air pendingin, *steam*, bahan bakar, listrik, udara instrumen, dan unit pengolahan limbah. Sumber air untuk pabrik paralehida diperoleh dari Sungai Kuto yang terletak di kawasan pabrik dengan debit air sebesar 504,7 m³/s yang melewati proses pengolahan air di unit utilitas untuk dapat digunakan untuk kebutuhan pabrik (kantor, laboratorium, kantin dan tempat ibadah serta poliklinik). Kebutuhan tenaga listrik utama pabrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan bantuan generator cadangan. Sedangkan bahan bakar pabrik untuk generator dan *boiler* berupa solar yang dapat diperoleh dari PT. Pertamina. Kebutuhan rutin yang diperlukan dalam kegiatan operasi pabrik paralehida ditunjukkan pada dalam Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6 Kebutuhan Utilitas Pabrik Isobutilena

Kebutuhan	Jumlah
Air	52.917,7623 kg/jam
Uap (<i>steam</i>)	568,6445 kg/jam
Pembangkit Tenaga Listrik	283,3580 kW
Bahan Bakar	19,3229 L/jam
Udara Instrumen	1200 m ³ /jam
Pengolahan Limbah	115,604 L/jam

4. Analisis Ekonomi

Pabrik paralehida memerlukan modal seperti yang tersaji dalam Tabel 7.

Tabel 7 Jumlah Biaya Pendirian Pabrik Paralehida

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	777.107.577.201,44
TPC	2.121.272.062.387,12
TCI	1.241.313.820.069,55
WC	408.698.558.782,29

Layak atau tidak layak suatu pabrik berdiri dapat diketahui melalui analisis ekonomi yang dilakukan untuk mengetahui besar keuntungan suatu perusahaan. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan pendirian pabrik

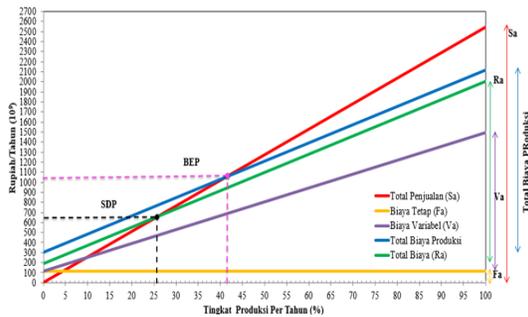
isobutilena antara lain *Return on investment* (ROI), *Pay out time* (POT), *interest rate of return* (IRR), *Break Event Point* (BEP) dan *shut down point* (SDP).

Tabel 8 Analisis Ekonomi

Analisa Kelayakan	Nilai	Batasan	Ket
ROI	59%	Minimal 11%	Layak
POT	1,439 th	Maksimal 5 th	Layak
IRR	18,69%	> 13%	Layak
BEP	41,49%	40% - 60%	Layak
SDP	25,58%	20%-40%	Layak

Return On Investment (ROI) merupakan persentase keuntungan bersih yang dapat diperoleh perusahaan dari besar investasi yang dilakukan. Semakin besar persentase nilai ROI, maka pabrik tersebut memiliki keuntungan yang semakin baik keadaan perusahaan dan layak untuk didirikan (Annisa, 2014). POT (*Pay Out Time*) merupakan waktu yang diperlukan agar modal kembali dengan memperhiungkan keuntungan perusahaan dan besarnya depresiasi (Alimah, 2013). Pabrik layak didirikan jika waktu modal kembali sangat singkat. IRR (*Interest Rate of Return*) ialah suatu tingkat bunga yang untuk menentukan kelayakan pabrik dengan melihat perbandingan nilainya dengan bunga bank. Pabrik dikatakan layak untuk didirikan dan memberikan keuntungan untuk perusahaan apabila nilai IRR lebih besar dari bunga bank (Haryadi, 2012). Berdasarkan hasil perhitungan, nilai bunga bank yang diperoleh untuk melunasi modal pinjaman pada bank dalam waktu 10 tahun adalah 13%. BEP adalah suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan total biaya dan total penghasilan yang jumlahnya sama sehingga pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian (Alimah, 2013). SDP adalah suatu titik penentuan aktivitas produksi dimana akan lebih baik pabrik dihentikan daripada dipertahankan untuk beroperasi (Sari, 2016). Grafik kelayakan analisa ekonomi pabrik isobutilena disajikan pada Gambar 3 sebagai berikut.





Gambar 3. Break Even Point dan Shut Down Point Prarancangan Pabrik Paraldehida dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan prarancangan pabrik kimia paraldehida dari asetaldehida menggunakan proses polimerisasi secara kontinyu dengan katalis duolite C 20-C kapasitas 30.000 ton/tahun, dapat disimpulkan bahwa pabrik layak untuk didirikan. Kelayakan pembangunan pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor hasil perhitungan analisa ekonomi, yaitu didapatkan nilai ROI 59%, POT 1,439 tahun, IRR 18,69%, BEP 41,49% dan SDP 25,58%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, Mohammed Nasif. 2011. *Modeling of Porosity Equation For Water Flow Through Packed Bed of Monosize Spherical Packing*. Journal of Engineering and Development, Vol 15, No. 4, Des 2011. ISSN 1813-7822.
- Alimah, Siti. Erlan Dewita. 2013. *Aspek Ekonomi Pengolahan Konsentrat Desalinasi Nuklir*. ISSN 1410-9565, Volume 16 Nomor 1, Juli 2013. BATAN: Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN).
- Anonim¹. 2013. *Unit Pembangkit*. http://www.academia.edu/8971710/RUPTL_PLN_2013_-_2022.
- Anonim². 2014. *Lampu Philips QL Induction*. http://www.lighting.philips.com/pwc/li/us_en/connect/tools_literature/downloads/p-5456.pdf.
- Anonim³. 2016. *Material Safety Data Sheet Alumina 190 Proof MSDS [Online]*. Available:<http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9923956>
- Annisa, Nur Rachma. Suhadak. Muhammad Saifi. 2014. *Analisis return on Investment (ROI) dan Residual Income (RI) untuk Menilai Kinerja Keuangan Perusahaan*. Jurnal Administrasi Bisnis (JAB) Volume 13 Nomor 2, Agustus 2014. Malang: Universitas Brawijaya.
- Aries, R.S.and Newton, R.D., 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: MC Graw Hill Book Company inc.
- Baer, D.H., et al, 1958. *Process For Polymerizing Aldehydes*. US. Patent. No. 2,864,827.
- Benasconi, G. 1995. *Teknologi Kimia*. Jakarta: PT. Pradasa Pasanit.
- Brown, G. G et all. 1956. *Unit Operations*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Brownell, Llyod E and Edwin H.Y. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Chemical Engineering Plant Cost Index-CE PCI 2016. [http://www.Chemengque.eensu.ca./CEP\(1_2017\)Pdf](http://www.Chemengque.eensu.ca./CEP(1_2017)Pdf).
- Considine, Douglas M. 1985. *Instruments and Controls Handbook 3rd Edition*. USA: Mc.Graw-Hill, Inc.
- Coulson, J.M and J. F Richardson. 1999. *Chemical Engineering Design Volume 6*. Department of Chemical Engineering: Butterworth-Heinemann.
- Culp, Russel L.; George Mack Wesner.; dan Gordon L Culp. 1978. *Handbook of Advanced Wastewater Treatment*. New York: Van Nostrand Reinhold Co.

Data.un.org. Diakses pada 1 Juni 2017.





- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2002. *Standar Kualitas Air Bersih*.
- Dolnick, A. A *et al*, 1947. *Process For Preparation Of Paraldehyde*. US. Patent. No. 2,479,559.
- Evans, F.L. *Equipment Design Handbook For Refineries and Chemical Plant*. Houston: Gulf Publishing Company.
- Froment, Gilbert F. Kenneth B. Bischoff. 1979. *Chemical Reactor Analysis and Design*. John Wiley & Sons. New York.
- Foust, Alan S, Leonard A.W, Curtis W.C, Louis M and L. Bryce Andersen. 1980. *Principles of Unit Operation Second Edition*. USA: John Willey and Sons.
- Geankoplis, Christie John. 1997. *Transport Processes and Unit Operation Third Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Glover, William B. 2004. *Selecting Evaporators for Process Applications*. AIChE.
- Gordon, M, Fair. 1968. *Water and Waste Water Engineering Volume 2*. New York: John Willey & Sons Inc.
- Haryadi, Harta. 2013. *Analisis kelayakan finansial pembangunan pabrik SGA (Smelter Grade Alumina) Mempawah dengan Proses Bayer*. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara. Volume 9, Nomor 2, Mei 2013: 74-87. Bandung: Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Hesse, H.C. 1945. *Process Equipment Design*. New Jersey: D. Van Nostrand Company, Inc.
- Himmeblau, David M and James B.Riggs. 2004. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering Seventh Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- <https://comtrade.un.org/data/>. Diakses pada 1 Juni 2017
- <http://www.acidatama.co.id>. Diakses pada 3 Desember 2017.
- <http://www.aquafilsep.com/>. Diakses pada 1 Juni 2017.
- <https://www.bps.go.id/>. Diakses pada 1 Juni 2017.
- <https://www.celanese.com/>. Diakses pada 1 Juni 2017.
- <http://www.icis.com>. Diakses pada 3 Desember 2017.
- <http://www.matche.com>. Diakses pada 3 Desember 2017.
- <http://www.molbase.com>. Diakses pada 3 Desember 2017.
- <http://www.pertamina.co.id>. Diakses pada 3 Desember 2017.
- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. Diakses pada 1 Juni 2017.
- <http://www.rumah123.com>. Diakses pada 3 Desember 2017.
- <http://www.sigmaaldrich.com>. Diakses pada 3 Desember 2017.
- <http://www.thefreelibrary.com/>. Diakses pada 1 Juni 2017.
- Jr, William D. Callister. 2001. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. John Willey & Sons, Inc. New York.
- Kawamura, Susuna. 1995. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. New York: John Wiley & Sons.
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: Mc.Graw Hill.
- Ketta, John, 1990. *Encyclopedia Chemical Process and Design*. Marchell Dekker Inc., New York.





- Kirk, Raymond E. dan Donald F. Othmer. 1996. *Encyclopedia of Chemical Technology, Pigments to Powders, Handling*. John Wiley & Sons, Inc. Universitas Michigan.
- Kualitas Air, 2001 PP No. 8 Tahun 2001. [http://www.hpli.org/reg/P/PP%200%201001\\$20 kualitas air Pdf](http://www.hpli.org/reg/P/PP%200%201001$20%20kualitas%20air%20Pdf).
- Mc.Cabe.JF.Walls. A. 1993. *Applied Dental Material*. Singapore: Blackwell Publishing.
- Perry, R.H. & Don Green. 1999. *Chemical Engineer's Hand Book, 6th ed.* McGraw-Hill Book Co. Tokyo.
- Peters, Max S and Klaus D. Timmerhaus. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fourth Edition*. Mc Graw Hill International. Singapore.
- Rase, Howard F and Holmes J. R. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plants Volume One : Principles and Techniques*. New York: John Wiley and Sons.
- Robinson, R. K. 2012. *Robinson: Modern Dairy Technology Volume 1*. Springer Science & Business Media: New York.
- Roscher, G., 2002, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH, Weinheim, Germany.
- Sari, Fahriya Puspita dan Widya Fatriasari. 2016. *Studi tekno-ekonomi dan analisa kelayakan produksi kertas seni dari kertas bekas d Cibinong Science Center-Botanical Garden (CSC-BG)*. Cibinong: Pusat Penelitian Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Siagian. Sondang P. 1992. *Organisasi Kepemimpinan dan Perilaku Administrasi*. Gunung Agung. Jakarta.
- Smith, J.M, H.C Van Ness and M.M Abbott. 2005. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics Seventh Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Sutarto. 2002. *Dasar-dasar Organisasi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Treybal, R.E. 1981. *Mass Transfer Operation Third Edition*. Singapore: McGraw Hill Book Company.
- Trisnadi, Arifiansyah, Putra Sugili dan SuryoRantjono. 2009. *Optimasi Tawas Dan Kapur untuk Koagulasi Air Keruh dengan Penanda I-131*. Seminar Yogyakarta: Nasional V SDM TeknologiNuklir.
- Ulrich, G.D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Willey and Sons.
- Walas, S.M. 1959. *Chemical Process Equipment (Selection and Design)*. USA: Buterworth-Heineman.
- Yaws, C.L., 1999. *The Yaws Handbook of Vapor Pressure Antoine Coefficients Second Edition*. McGraw Hill, New York.

