



## PRARANCANGAN PABRIK MELAMIN DARI UREA DENGAN PROSES BADISCHE ANILIN AND SODA FABRIK (BASF) KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Iandra Retno Pratiwi \*<sup>1</sup>, Nia Gratsya Kristiana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat  
Jalan A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

\*Corresponding Author: retnoiandra@gmail.com

### Abstrak

*Pembuatan melamin dengan proses Badische Anilin and Soda Fabrik (BASF) berkapasitas 50.000 ton/tahun, diperkirakan dibangun di wilayah Cikampek, Jawa Barat, Indonesia pada 2027. Menggunakan lahan seluas 20.000 m<sup>2</sup> dengan total 120 pekerja dan waktu operasi 330 hari per tahun. Bahan baku utama berupa urea sebesar 18.965,16763 kg/jam yang dilebur terlebih dahulu sebelum diumpangkan kedalam reaktor Fluidized Bed (FBR) menggunakan katalis alumina pada tekanan 3 atm dan temperatur 395 °C. Reaksi ini akan menghasilkan off-gas dengan tingkat konversi 95% dan kemurnian 99,9% pada produk akhir. Setelah itu, melamin dikristalisasi. Padatan dan gas produk sampingan dari reaktor dipisahkan menggunakan siklon. Selanjutnya, padatan melamin didinginkan sebelum dikemas. Kemudian, produk samping off-gas memasuki unit scrubber untuk memisahkan padatan yang masih terikut. Sungai Citarum di Jawa Barat digunakan untuk keperluan utilitas, menghasilkan uap sebesar 8557.219 kg/jam. Konsumsi listrik pabrik sebesar 322, 64 kW disuplai dari generator dengan daya 467 kW. Generator tersebut menggunakan solar sebesar 1.668,7284 kg/jam. Menurut analisa perhitungan ekonomi, pabrik ini membutuhkan modal tetap (FCI) sebesar Rp 117.467.807.052,00 dan modal kerja (WCI) sebesar Rp 150.828.467.380,00. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 64.547.252.700,00 dan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp 41.955.714.255,00. Analisa ini menunjukkan Percent Return On Investment (ROI) sebelum pajak 54,95% dan ROI sesudah pajak 35,72%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 1,54 Tahun, POT sesudah pajak yaitu 2,19 Tahun. Nilai Break Even Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP) adalah 44,44% dan 33,54% kapasitas. Sedangkan Net Present Value (NPV) senilai Rp 15.200.807.456,00 dan Interest rate of return (IRR) adalah 14,35%. Berdasarkan analisa ekonomi, pabrik ini layak untuk dibangun.*

*Kata kunci: Fluidized Bed Reactor, Urea, Melamin, Proses BASF.*

### 1. Pendahuluan

Pada periode ini, pertumbuhan industri Indonesia telah meningkat dalam beberapa hal, terutama di industri kimia dengan berbagai teknologi mutakhir dan mahal. Pemerintah Indonesia kini tengah berekspansi di sejumlah sektor industri. Salah satunya adalah membangun pabrik industri kimia dalam rangka memenuhi permintaan bahan baku industri. Pembangunan pabrik melamin dianggap sangat diperlukan ketika mempertimbangkan permintaan melamin saat ini dan industri yang memanfaatkannya dengan cepat. Memperkirakan

permintaan domestik, menurunkan impor melamin, dan menambah lapangan kerja adalah tujuan dari hal ini. Selain itu, pembangunan pabrik yang menggunakan melamin sebagai bahan baku dapat mengambil manfaat dari pendirian pabrik melamin ini. Melamin merupakan zat yang sering diimpor. Melamin, juga dikenal sebagai 2-4-6 triamino 1-3-5 triazine, adalah salah satu jenis zat yang dibuat dalam industri petrokimia dan memiliki rumus kimia C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>N<sub>6</sub>. Kristal monosiklik dari senyawa ini berwarna putih (Ullman's Vol. A16, 1990). Melamin



biasanya digunakan sebagai bahan baku untuk produksi resin melamin, produk sintesis organik, pelapis kertas, produk atau cat pencampuran warna, penyamakan kulit, dan produk lainnya.

Bahan baku utama diperlukan dalam sintesis melamin adalah urea, yang dapat diperoleh di dalam negeri berkat produksi urea Indonesia yang signifikan. Hal ini terbukti dari pertumbuhan produksi urea dari tahun ke tahun dan nilai ekspor urea yang signifikan dari Indonesia setiap tahunnya.

Pembangunan pabrik melamin ini dijadwalkan pada 2027. Tabel 1 dan 2 di bawah ini berisi informasi tentang impor dan ekspor melamin di Indonesia dari tahun 2016 hingga 2020. (BPS, 2021).

**Tabel 1** Data Impor Melamin di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2016	20.060,21	-5,66
2	2017	24.901,64	19,44
3	2018	24.340,69	-2,30
4	2019	29.786,85	18,28
5	2020	42.811,83	30,42
Pertumbuhan Rata-rata			12,04

**Tabel 2** Data Ekspor Melamin di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2016	12,748	90,72
2	2017	12,365	-3,09
3	2018	52,001	76,22
4	2019	10,854	-379,07
5	2020	5,291	-105,14
Pertumbuhan Rata-rata			-64,07

Bersumber pada informasi tersebut hingga diperoleh perkiraan jumlah kebutuhan melamin pada tahun 2027 yang didapatkan dengan perhitungan discounted method dengan rumus (Ulrich, 1984):

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

Keterangan:

F = Nilai kebutuhan pada tahun 2027

P = Besarnya data pada tahun sekarang (ton/tahun)

I = Kenaikan data rata-rata

n = Selisih tahun (tahun ke-n)

Dimungkinkan untuk mengamati bahwa kapasitas pabrik melamin yang akan dibuat pada tahun 2027 adalah sebesar 94.852.399 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan impor, berdasarkan temuan perhitungan persamaan metode diskonto dan informasi melamin dari tahun 2016 hingga 2020. Untuk menghitung kapasitas pabrik, kami menggunakan 10% dari kebutuhan melamin, atau 50.000 ton per tahun, berdasarkan kapasitas produksi produsen melamin di Indonesia. Kapasitas pabrik yang telah didirikan dan beroperasi di Indonesia telah diperhitungkan, paling tidak, dengan kapasitas yang ditentukan dan dipilih. Mendiskripsikan pendahuluan dari direncananya pabrik. Pendahuluan meliputi latar belakang dirikannya pabrik, penentuan kapasitas, sumber bahan baku, lokasi pabrik dan organisasi.

## 2. Deskripsi Proses

### 2.1 Jenis-jenis proses

Secara umum proses pembuatan melamin dapat dikelompokkan menjadi 2 :

1. Proses tekanan rendah menggunakan adanya katalis.

Amonia murni atau campuran amonia dan karbon dioksida yang dihasilkan selama reaksi dengan katalis yang digunakan adalah silika atau alumina digunakan sebagai bahan untuk fluidisasi gas. Katalis tekanan rendah yang beroperasi dalam reaktor unggun terfluidisasi pada suhu antara 390 °C dan 410 °C dan tekanan atmosfer hingga 1 MPa.

2. Proses tekanan tinggi ( $\geq 8$  Mpa) tanpa adanya katalis.

Reaksi berlangsung pada tekanan tinggi, atau lebih dari 7 Mpa, dan temperature yang dibutuhkan sangat besar dari 370 °C. Lelehan urea sering dimasukkan ke dalam reaktor bersama dengan lelehan melamin. Kemurnian melamin yang dihasilkan oleh teknik ini adalah >94%. Menggunakan lelehan garam panas akan memberikan reaksi dengan panas yang dibutuhkannya menggunakan pemanas listrik atau alat transfer panas. Setiap produk dibuat dalam tiga langkah: sintesis awal, pemulihan dan pemurnian melamin, dan produksi gas buang.

Penilaian atau pertimbangan berikut dibuat ketika menggunakan proses tekanan rendah, seperti metode BASF, dengan adanya katalis:



**Tabel 3** Pertimbangan Macam-Macam Proses Tekanan Rendah Menggunakan Katalis

Parameter	Proses (Tekanan Rendah Menggunakan Katalis)			
	BASF	Chemie Linz	Stamicarbon	OSW
Bahan Baku	Urea	Urea	Urea	Urea
Reaktor	Fluidized Bed	Fluidized Bed	Fluidized Bed	Fluidized Bed Catalytic
Suhu	(395-400) °C	350 °C	400 °C	-
Konversi	99,90%	99,80%	99,30%	99,30%
Tekanan	3atm	3,45atm	7 atm	-

Bersumber dari data tabel 3, beberapa keputusan diambilnya proses BASF ialah sebagai berikut:

1. Proses BASF bekerja pada tekanan rendah. Proses BASF dengan tekanan rendah ini lebih mudah dan aman dalam pengawasan.
2. Dihasilkan kemurnian pada proses BASF ini ialah 99,9%. Tidak seperti beberapa metode tekanan rendah lainnya, yang hanya menghasilkan produk dengan kemurnian 99,3% hingga 99,8%.

## 2.2 Uraian Proses

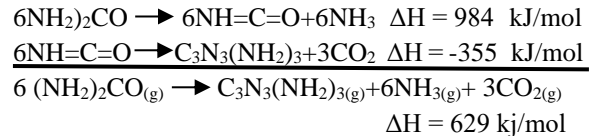
### 2.2.1 Tahap persiapan bahan baku

Kemurnian 99,3% berat bahan baku urea jenis prill disimpan di gudang penyimpanan urea (F-110) pada tekanan 1 atm dan suhu ruang. Dari gudang penyimpanan kemudian urea jenis prill ini diumpankan ke dalam melter (E-110) guna dilelehkan pada tekanan 1 atm dan temperature 140°C. Dalam keadaan ini urea akan meleleh dan air yang terkandung akan teruap.

Lelehan urea keluar melter lalu dipompa ke tangki melt urea (F-116), kemudian dari tangki urea yang meleleh disebarakan ke dua tempat, yaitu scrubber (D-215) dan reactor (R-210). Pada scrubber, sisal melamin yang terikut dalam off gas diserap oleh lelehan urea. Lelehan urea yang akan keluar dari scrubber tadi kemudian dikembalikan lagi ke dalam tangki melt urea dan akan bercampur dengan lelehan urea dari melter. Selanjutnya lelehan urea tadi akan digunakan sebagai umpan pada reaktor.

### 2.2.2 Tahap reaksi

Lelehan urea kemudian akan dipompa dari tangki urea leleh dan disuntikkan ke dalam reaktor unggul terfluidisasi (R-2010) melalui *nozzle* internal reaktor pada suhu 140°C. Urea yang meleleh kemudian akan secara spontan terurai menjadi partikel katalis terfluidisasi dan menguap karena aliran gas fluidisasi di bagian bawah reaktor. Urea meleleh saat menguap dengan spontan terjadilah reaksi proses dengan reaksi berikut:



Terbentuknya melamin disebabkan oleh gas off reaksi, yang dipisahkan dalam scrubber sebagai campuran gas karbon dioksida yang disebut gas fluidisasi. Menggunakan kompresor, gas fluidisasi diangkut dari scrubber ke area tungku (Q-213). Gas yang dikirim ke tungku dipanaskan hingga suhu 400°C dan tekanan 3,2 atm saat terfluidisasi dalam reaktor.

Reaktor ini berlangsung pada temperatur 395°C dan tekanan 3 atm. Reaksi ini berlangsung secara endotermik. Garam cair (garam leleh) yang bersirkulasi melalui kumparan di dalam reaktor memberikan reaksi panas. Urea terurai di dalam reaktor melalui suatu proses ammonia.

### 2.2.3 Tahap pemurnian

Sebagai hasil dari reaksi reaktor, gas yang keluar yang didinginkan dengan pendingin (E-212) hingga suhu 310°C. Desublimer menerima gas berikutnya (E-310). Gas melamin akan mengkristal sebagai akibat dari mendinginkan gas di desublimer dengan air pendingin. Melamin yang 99,9% murni dan mengkristal pada kemurnian 99% (Ullmann, Vol A 16). Pada suhu 200°C, gas reaksi dan melamin yang diendapkan kemudian keluar dari desublimer. Kemudian dibawa ke Hopper (H-311). Semua kristal yang dihasilkan sebagai hasil dekomposisi antara gas off dan kristal melamin dalam siklon ini dapat dipisahkan. Melamin yang mengkristal masih mempunyai temperatur 200°C ini selanjutnya didinginkan di dalam cooling conveyor (E-323) hingga temperaturnya menjadi 40°C, lalu disimpan di dalam hopper (F-320) yang nantinya dilakukan proses pengemasan dan disimpan di dalam gudang serta siap untuk dijual.

*Off gas* yang keluar dari cyclone sebagian disebarakan dengan menggunakan blower (G-312) menuju ke percabangan *purging*. Selanjutnya, aliran



gas dibagi menjadi dua tempat. Yang pertama menuju alat scrubber (D-215) yang selanjutnya dipakai sebagai fluidizing gas untuk media fluidisasi, sedangkan sisanya dipurging untuk mencegah terjadinya penumpukan gas yang mengakibatkan kebakaran ataupun kebocoran pada pipa. Terjadilah proses penguraian melamin serta urea di dalam scrubber yang terbawa dalam off gas. Suhu off gas pada scrubber akan turun menjadi 152°C ketika bersentuhan dengan lelehan urea, yang memiliki suhu 147°C. Unsur-unsur terkondensasi dalam beberapa off gas mengembun sebagai akibat dari penurunan suhu ini, dan mereka kemudian diserap oleh urea yang meleleh. Gas yang tidak terserap akan keluar dari scrubber dan dipergunakan untuk fluidisasi gas di reaktor nanti.

### 3. Utilitas

Sungai Citarum Jawa Barat digunakan sebagai sumber air. Dalam satu jam, 384.479,0366 kg air dikonsumsi. Perusahaan Listrik Negara (PLN), yang memiliki cadangan energi dalam bentuk generator, menyediakan pabrik dengan listrik yang dibutuhkannya. **Tabel 4** berikut menunjukkan kebutuhan utilitas umum yang diperlukan untuk mengoperasikan pabrik melamin ini.

**Tabel 4** Keperluan Utilitas pada Pabrik Melamin

Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
Kebutuhan	Jumlah
Steam	8557,219 kg/jam
Air Pendingin	375284,8176 kg/jam

Mendeskripsikan proses dan unit penunjang operasi pabrik, meliputi jumlah kebutuhan steam, air, bahan bakar dan listrik serta sumbernya.

### 4. Analisis Ekonomi

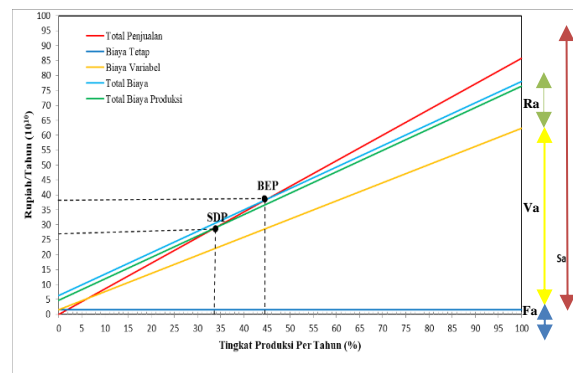
Analisis ekonomi harus dikerjakan untuk menentukan berapa banyak laba yang dihasilkan pabrik ini untuk memutuskan apakah layak untuk membangunnya atau tidak. Tabel 5 berikut menunjukkan analisis ekonomi melamin yaitu:

**Tabel 5** Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	37,92%	Min. 11%	Layak
POT	2,09 tahun	Max.5 tahun	Layak
BEP	42,70%	40-60%	Layak
SDP	32,02%	20-40%	Layak

(Aries dan Newton, 1955)

Pengembalian modal yang diinvestasikan dihitung sebagai jumlah laba yang didapat dari investasi dibagi dengan penghasilan (ROI). *Pay Out Time* (POT) adalah jumlah waktu dana investasi harus dibayarkan kembali setelah keuntungan dihasilkan. Ini sering disebut sebagai periode pengembalian. Jumlah uang yang sama harus dibuat dan dikeluarkan agar *Break Even Point* dapat dihitung (BEP). Titik Mati adalah titik waktu ketika kegiatan produktif diputuskan untuk berhenti (SDP). Biasanya, biaya variabel yang terlalu tinggi dan keputusan manajemen yang disebabkan oleh operasi produksi pabrik yang tidak efektif adalah apa yang mengarah pada penciptaan SDP (tidak mendapatkan keuntungan atau laba). Bagan gambar berikut menggambarkan analisis kelayakan ekonomi pabrik melamin:



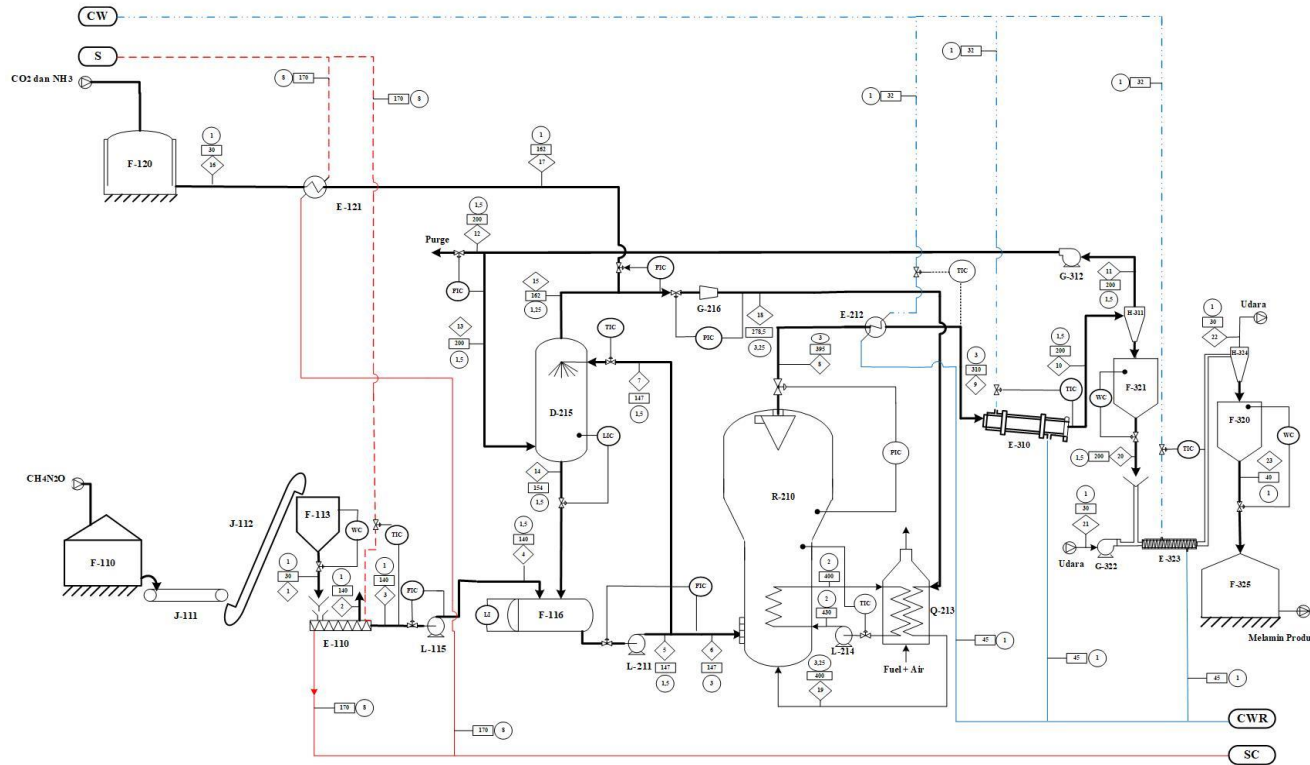
**Gambar 2.** BEP dan SDP Pabrik Melamin Kapasitas 50.000 Ton/Tahun

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan temuan analisis teknik serta ekonomi pada Prarancangan Pabrik Melamin dari Urea dengan Proses BASF Kapasitas 50.000 Ton/Tahun di daerah Cikampek Jawa=Barat, h Indonesia dapat dikatakan bahwa pabrik tersebut akan dibangun pada tahun 2027 dengan kapasitas 50.000 ton/Tahun. Perseroan Terbatas (PT) adalah bentuk umum dari hukum perusahaan. 120 Orang tenaga kerja yang. Perhitungan evaluasi ekonomi menghasilkan ROI 37,92% dan POT 2,09 tahun. Setelah itu, tercapai BEP sebesar 42,70% dan SDP sebesar 32,02%; Akibatnya, temuan analisis menunjukkan bahwa fasilitas melamin ini layak dipertimbangkan.



**FLOW DIAGRAM PROCESS**  
**PRARANCANGAN PABRIK MELAMIN DARI UREA DENGAN PROSES**  
**BADISCHE ANILIN AND SODA FABRIK (BASF) KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**



KETERANGAN			
Aliran Proses		Aliran Proses	
CW	Cooling Water	◇	Nomor Aliran
CWR	Cooling Water Return	○	Temporatur (°C)
S	Steam	○	Tekanan (atm)
SC	Steam Condensat	○	Bahan Baku
		○	Produk
TIC	Temperatur Indicator Control	LIC	Level Indicator Control
FIC	Flow Indicator Control	LI	Level Indicator
PIC	Pressure Indicator Control	WC	Weight Control

NO	KODE	NAMA	JUMLAH
25	F-325	Gudang Produk	1
24	H-324	Cyclone Udara	1
23	E-323	Cooling Comevor	1
22	G-322	Blower Udara	1
21	F-321	Hopper	1
20	F-320	Hopper Produk	1
19	G-312	Blower	1
18	H-311	Cyclone	1
17	E-310	Desublimer	1
16	G-216	Kompresor	1
15	D-215	Scrubber	1
14	L-214	Pompa Molten Salt	1
13	Q-213	Furnace	1
12	E-212	Cooler Gas Reaktor	1
11	L-211	Pompa Umpnan Reaktor	1
10	R-210	Reaktor	1
9	E-121	Heater Gas Make-Up	1
8	F-120	Tangki Gas Make-Up	1
7	F-116	Tangki Melt Urea	1
6	L-115	Pompa Melt Urea	1
5	F-113	Bin Urea	1
4	J-112	Bucket Elevator	1
3	J-111	Belt Conveyor	1
2	E-110	Melter	1
1	F-110	Gudang Urea	1
			JUMLAH

Digambar Oleh:  
 IANDRA RETNO PRATIWI (1810814120009)  
 NIA GRATSYA KRISTIANA (1810814120008)

Diperiksa Oleh:  
 Prof. Ir. MUTHIA ELMA, ST., M.Sc., Ph.D. (19740521 200212 2 003)

**FLOW DIAGRAM PROCESS**  
**PRARANCANGAN PABRIK MELAMIN DARI UREA DENGAN**  
**PROSES BADISCHE ANILIN AND SODA FABRIK (BASF)**  
**KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN**

**PROGRAM STUDI S.1 TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**  
**BANJARBARU**  
 2022

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	
Urea	18965,1676	-	18965,1676	18965,1676	35274,9905	19123,1400	16254,6690	956,1570	956,1570	956,1570	953,0004	897,8467	55,1538	16309,8228	-	-	-	-	-	3,1566	-	-	3,1566	
Buret	108,7212	-	108,7212	108,7212	206,4125	108,7212	92,4130	108,7212	108,7212	108,7212	105,5646	100,2864	5,2783	97,6913	-	-	-	-	-	3,1566	-	-	3,1566	
Water	24,8283	24,8283	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Melamin	-	-	-	-	20,6680	11,1719	9,4961	6370,5234	6370,5234	6370,5234	63,7052	52,5333	11,1719	20,6680	-	-	-	-	-	-	6306,8182	-	-	6306,8182
Amonia	-	-	-	-	-	-	-	21367,3574	21367,3574	21367,3574	21324,8015	5108,9907	16215,8108	-	16215,8108	16215,8108	16215,8108	16215,8108	16215,8108	-	-	-	-	
CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	27607,8151	27607,8151	27607,8151	27552,8306	6601,1004	20951,7302	-	20951,7302	20951,7302	20951,7302	20951,7302	20951,7302	-	-	-	-	
N <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	997,474777	997,474777	-	-
O <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	265,151523	265,151523	-	-
Jumlah Total	19098,7171	24,8283	19073,8888	19073,8888	35602,0710	19243,0331	16356,6781	56410,6741	56410,6741	56410,6741	40999,9023	12760,7575	37239,1450	16428,1822	37167,5410	37167,5410	37167,5410	37167,5410	37167,5410	6313,1313	1262,6263	1262,6263	6313,1313	

**Gambar 1. Flow Diagram Process**

## Daftar Pustaka

- Anonim<sup>1</sup>, 2010, "Chemical Prices"  
<http://www.icis.com/StaticPages/>
- Anonim<sup>2</sup>, 2010, "Mata Uang Dollar dan Valuta Asing", <http://www.seputarforex.com/>
- Anonim<sup>3</sup>, 2009, "Price of Tools",  
<http://www.matche.com>.
- Anonim<sup>4</sup>, 2010, "PT. Indahco Makmur Sejati",  
[http://indonetwork.co.id/ims\\_chemicals/pt-indahco-makmur-sejati](http://indonetwork.co.id/ims_chemicals/pt-indahco-makmur-sejati).
- Aries and Newton, 1995, "Estimasi Biaya Teknik Kimia", Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Bird B., Stewart, W.E, and Lighfoot, E.N, 1960, "Fenomena Perpindahan", John Wiley and Sons, Inc, Madison Wisconsin, USA.
- Brown, G.G, 1978, "Unit Operation", Modem Asia Edition, Charles E. Tuttle Company, Inc, Tokyo, Japan.
- Brownell and Young, 1978, "Process Equipment Design", John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Coulson, J.M and Richardson J.F, 1965, "Introduction to Chemical Engineer Design", Vol 6, Pergamon Press, Oxford.
- Dietzeel, Fritz, 1996, "Turbin dan Kompresor", PT. Erlangga, Jakarta.
- Evanst, F.L., 1974 "Equipmnt Design Hand Book for Refineries and Chemical Plants", Gulf Publishing Company Inc, Hoston.
- Fousth, A.S, 1980, "Prinsip dari Unit Operasi 2<sup>nd</sup>", John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Holmand, J.P, 1993, "Perpindahan Kalor", ed.36, PT. Erlangga, Jakarta.
- Kern, D.Q. 1965, "Proses Perpindahan Panas", International Student Edition, Mc. Graw Hill Co, Inc, Tokyo.
- Kunii, D, and Levenspiel, O., 1977, "Teknik Fluidisasi, Original Edition", Robert E/ Krieger Publishing Co. New York.
- Levenspiel, O. 1972. "Teknik Reaksi Kimia, 2<sup>nd</sup> ed", John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Perry, R.H and Green, D.W., 1984, "Perry's Chemical Engineer Hand Book, 6th ed", Mc. Graw Hill Book Co, Inc, Tokyo.
- Perry, R.H and Green, D. W., 1997, "Perry's Chemical Engineer's Hand Book, 7th ed", Mc. Graw Hill Book Co, Inc, Tokyo.
- Peters, M.S and Timmerhaus, K.D, 1991, "Plant Design and Economics for Chemical Engineerin.g, 4th ed, Mc". Graw Hill Book Co, Inc, New York.
- Severn, et all, 1954, "Steam, Air and Gas Power", John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Smith, J.M and Van Ness, H.C 1996, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 5<sup>th</sup> ed", Mc. Graw Hill Book Company, Singapore.
- Ullman, 1990, "Encyclopedia of Industrial Chemistry", Vol A 16, VCH, Germany.
- Ullman, 1990, "Encyclopedia of Industrial Chemistry", Vol A 27, VCH. Germany.
- Ulman, 1988, "Encyclopedia of Industrial Chemistry", Vol B 2, VCH, Germany.
- Wilman, 1988, "Encyclopedia of Industrial Chemistry", Vol B 3, VCH, Germany.
- Wilman, 1988, "Encyclopedia of Industrial Chemistry", Vol B 4, VCH, Germany.
- Utrich, G.D, 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics", John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Yaws, C.L, 1999, "Thermodynamical and Physical Property Data", Mc. Graw Hill Book Co, Inc, New York.

