

## PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ALUMINA DARI BAUKSIT DAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN PROSES BAYER KAPASITAS PRODUKSI 440.000 TON/TAHUN

Fariz Maulana Akbar\*<sup>1</sup>, Muhammad Aulia Fadhil<sup>2</sup>

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

\*Corresponding Author: [maulanafariz41@gmail.com](mailto:maulanafariz41@gmail.com)

### Abstrak

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang banyak meningkatkan kualitas diberbagai bidang dan salah satunya di bidang perindustrian. Salah satu industri yang berpotensi untuk menggerakkan roda perekonomian di Indonesia adalah Industri alumina ( $Al_2O_3$ ). Prarancangan pabrik kimia alumina akan dibangun dengan kapasitas produksi 440.000 ton/tahun yang berada di Kabupaten Pelalawan Riau seluas 137.497 m<sup>2</sup> dan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan karyawan berjumlah 315 orang.

Proses pembuatan alumina ( $Al_2O_3$ ) yang digunakan yaitu proses Bayer dengan cara mereaksikan bauksit dan NaOH sebagai pelarut yang diperoleh dari PT. Asahimas Chemical dan Bauksit diperoleh dari pertambangan bauksit yang bertempat di Pulau Bintan. Reaksi utama pada proses Bayer sendiri akan direaksikan dengan menggunakan reaktor bertipe Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) dengan kondisi operasi suhu 140 °C dan tekanan 4 atm dengan reaksi yang bersifat endotermis (memerlukan panas). Sedangkan pemurnian menggunakan alat rotary drum vacuum filter, presipitator, centrifuge dan rotary kiln dengan hasil produk utama berupa alumina ( $Al_2O_3$ ).

Berdasarkan analisa ekonomi menunjukkan bahwa pabrik ini memiliki Total Capital Investment (TCI) sebesar Rp 7.713.908.983.068,-. Pabrik ini dapat dinyatakan layak dilihat dari nilai Return On Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 152% dan ROI sesudah pajak sebesar 99% dengan laba bersih pertahun sebesar Rp 1.456.688.839.882,-. Adapun Pay Out Time (POT) sebelum pajak adalah 0,6 tahun dan sesudah pajak adalah 0,9 tahun. Break Even Point (BEP) adalah 45% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 39%. Dari uraian di atas maka pabrik aluminium oksida dari bauksit dan NaOH melalui proses bayer kapasitas 440.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

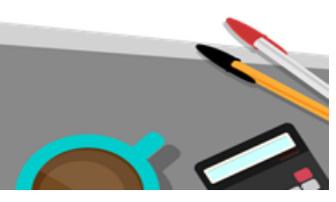
**Kata kunci:** Aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ), alumina, bauksit, bayer dan NaOH

### 1. Pendahuluan

Pemerintah Indonesia melakukan peningkatan kinerja perekonomian nasional yang salah satunya sektor industri kimia menjadi tumpuan dan harapan. Meningkatnya pendapatan negara menjadi harapan dari sektor industri kimia dimasa mendatang. Salah satunya adalah potensi industri alumina. Alumina bahan setengah jadi dari bauksit yang dijadikan sebagai bahan baku pengolahan logam aluminium. Diperkirakan kebutuhan alumina tersebut akan terus meningkat seiring dengan kebutuhan aluminium tersebut. Bahan baku untuk produksi alumina adalah bauksit yang diperoleh dari

penambangan bauksit di pulau Bintan sedangkan NaOH diperoleh dari PT. Asahimas Indonesia.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tahun 2020 tercatat bahwa jumlah impor dan ekspor alumina di Indonesia dari tahun 2014-2019 dilihat pada tabel 1 sebagai berikut.



**Tabel 1** Data Impor dan Ekspor Alumina

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)	
	Impor	Ekspor
2014	569.958,477	120
2015	509.413,184	19.379,922
2016	514.226,532	421.473,316
2017	399.991,875	967.917,686
2018	439.902,033	947.717,926
2019	435.827,585	1.080.694,312

Berdasarkan data tersebut, jika direncanakan pabrik berdiri pada tahun 2025

maka prakiraan kebutuhan Alumina dapat dihitung dengan persamaan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 2004).

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

Ketersediaan bahan baku juga sangat mempengaruhi kapasitas produksi dari pabrik yang akan dibangun. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2016 mencatat bahwa Indonesia memiliki sumber daya dan cadangan bauksit yang dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut

**Tabel 2** Sumber Daya dan Cadangan Bauksit

Komoditi	Sumber Daya/ Resources (Ton)				Cadangan/ Reserves (ton)	
	Hipotesis	Tereka	Tertunjuk	Terukur	Terkira	Terbukti
Bauksit	64.410.958	2.888.528.100	62.583.193,5	602.248.630,18	1.045.776.399	211.392.968

Sedangkan untuk bahan baku NaOH dapat diperoleh dari produsen NaOH di Indonesia dilihat pada tabel 3 sebagai berikut.

**Tabel 3** Produsen NaOH

No	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
1.	PT Asahimas Chemical, Cilegon	700.000
2.	PT. Sulfindo Adiusaha	215.000
<b>Total</b>		<b>915.000</b>

Berdasarkan berbagai pertimbangan diatas, baik melalui perkiraan nilai impor dan ekspor di tahun 2025, produksi dalam negeri, maupun ketersediaan bahan baku, maka kapasitas produksi ditetapkan pada perancangan pabrik Alumina yang direncanakan didirikan tahun 2025 adalah jumlah dari perhitungan prediksi kebutuhan nasional yaitu sebesar 440.000 ton/tahun.

## 2. Deskripsi Proses

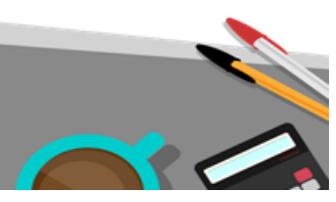
### 2.1 Jenis-jenis Proses

Alumina dapat diproduksi dengan 2 metode yaitu dengan menggunakan proses kristalisasi dan netralisasi. Kristalisasi dengan mengekstrak alumina menggunakan senyawa alkali. Sedangkan proses netralisasi adalah dengan mereaksikan bauksit dengan senyawa asam.

Metode dalam proses ekstraksi alumina dari bauksit dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain:

1. Proses Sinter
2. Proses *Nepheline-based*
3. Proses Bayer

Perbandingan proses dari pembuatan alumina dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut.



**Tabel 4** Perbandingan Proses Pembuatan Alumina

No	Kriteria	Sinter	Nepheline Based	Bayer
1	Bahan baku utama	Bauksit (kadar silika > 10%), tanah liat dan kapur	Napheline	Bauksit (kadar silika < 10 %)
2	Bahan baku pendukung	CO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	tanah liat, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaOH
3	Proses khusus	-	Desilicafication (pemisahan <i>sodium silicat</i> pada <i>aluminat liquor</i> )	-
4	Yield	70 - 90 %	88,3 %	99,5 %
5	Konsumsi energi	Tinggi	Tinggi	Rendah
6	Suhu Operasi	1200 °C	1200 °C	120 – 150 °C
7	Ekonomi	Tinggi	Tinggi	Rendah
8	Produk samping	<i>Red Mud</i>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dan <i>gray mud</i>	<i>Red Mud</i>

Berdasarkan Tabel 4 maka dipilih proses bayer sebagai pembuatan alumina. Hal ini dikarenakan bahan baku bauksit yang memiliki kadar silika kurang dari 10 % sehingga tidak memerlukan proses khusus dan energi yang dibutuhkan relatif rendah dibandingkan dengan proses lain.

Proses Bayer terbagi menjadi 3 tahap, yaitu:

1. Tahap *Digestion*
2. Tahap *Precipitation*
3. Tahap *Calcination*

Proses pembuatan alumina dilakukan dengan beberapa tahap proses antara lain sebagai berikut.

a. Tahap Penyimpanan Bahan Baku

Proses ini memiliki 2 jenis bahan baku yaitu bauksit dan NaOH. Bahan Baku bauksit dilakukan proses *size reduction* untuk menyamakan ukuran menjadi 200 *mesh*. Kemudian bauksit disimpan dalam gudang penampung sementara dengan temperatur kamar dan tekanan 1 atm. Sedangkan untuk NaOH disimpan dalam tangki penyimpanan dengan temperatur kamar dan tekanan 1 atm.

b. Tahap Persiapan Bahan Baku

NaOH diencerkan terlebih dahulu menggunakan H<sub>2</sub>O dengan persen campuran 1 : 4 atau hingga konsentrasi NaOH 5,16 % (2,75 M). Sebelum masuk ke dalam reaktor, kemudian NaOH dipanaskan hingga suhu 140 °C. Selanjutnya NaOH direaksikan dengan bauksit di reaktor CSTR.

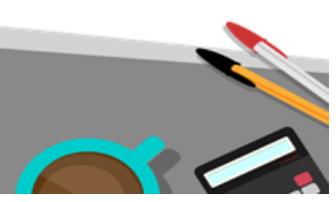
c. Tahap *Digestion*

Bauksit direaksikan dengan NaOH pada temperatur 140 °C dengan konversi 90 % di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (CSTR). Karena reaksi berlangsung endotermis, maka digunakan media pemanas yaitu air yang dilewatkan melalui *Jacket* pemanas yang terdapat disekelilingi reaktor dengan pemanas *steam*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.



d. Tahap Pemisahan Red Mud

Setelah proses *digestion* maka dilakukan proses pemisahan padatan dan cairan pada langkah ini. Sebagian bauksit yang tidak larut akan mengendap biasanya disebut *red mud* akan dipisahkan menggunakan *Rotary Drum Vacum Filter*, dimana pada fase ini *red mud* akan dibuang, sedangkan fase cair berupa NaAlO<sub>2</sub> akan diteruskan ke tangki *precipitator*. Sebelum masuk ke *precipitator*, filtrat harus diturunkan suhunya menjadi 62 °C 72 °C. Dalam tahap ini, larutan NaAlO<sub>2</sub> akan mengalami kondisi *supersaturated* dimana akan terbentuk kristal dari alumina trihidrat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



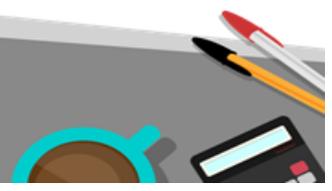


e. Tahap Pemisahan Flok-Flok Alumina Trihidrat

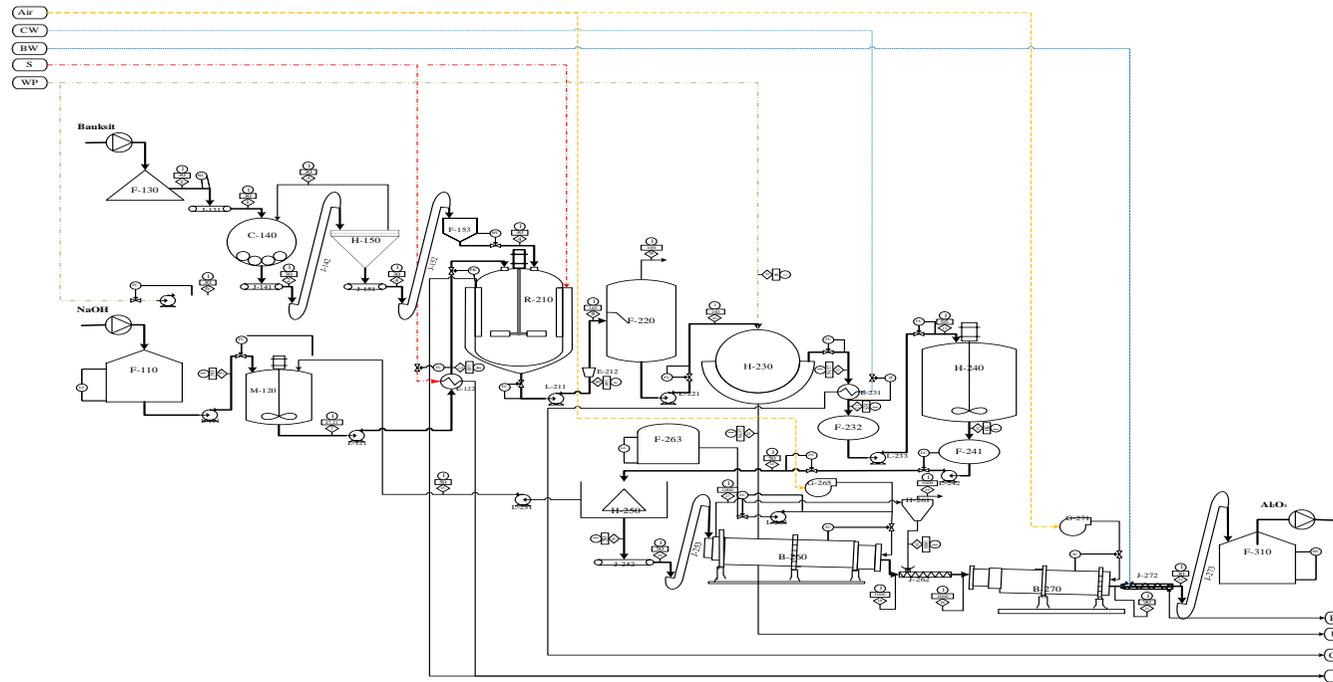
Kristal alumina trihidrat yang terbentuk dalam tangki presipitator kemudian dipisahkan dengan NaOH menggunakan *centrifuge*. Pengendapan ini terjadi pada temperatur 50 °C dan tekanan 1 atm.

f. Tahap *Calcination*

Alumina Trihidrat kemudian dikalsinasi pada suhu 1000 °C untuk menghilangkan kandungan airnya, reaksi sebagai berikut.



# PRARANCANGAN PABRIK KIMIA ALUMINA DARI BAUKSIT DAN NATRIUM HIDROKSIDA DENGAN PROSES BAYER KAPASITAS 440.000 TON/TAHUN



Komponen	Neraca Massa (kg/jam)																				
	Aliran																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O	94280,8164	94280,8164	952,3315	95233,1478	-	-	-	-	6180,5682	-	6180,5682	-	6180,5682	-	84599,9506	-	84599,9506	-	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21827,6711	21827,6711	220,4815	22048,1527	-	-	-	-	22048,1527	-	22048,1527	-	22048,1527	-	-	-	-	-	-	-	-
SiO <sub>2</sub>	2645,8612	2645,8612	26,7259	2672,5870	-	-	-	-	2672,5870	-	2672,5870	-	2672,5870	-	-	-	-	-	-	-	-
TiO <sub>2</sub>	1444,0555	1444,0555	14,5864	1458,6419	-	-	-	-	1458,6419	-	1458,6419	-	1458,6419	-	-	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub> O	5882,6058	5882,6058	59,4203	5942,0260	2720,8766	157245,2518	923248,4418	970328,9809	83448,2924	886880,6885	81611,2660	125955,3004	842536,6541	803455,0667	763282,3134	40172,7533	69217,5901	275,8436	69217,0378	0,5522	276,395799
NaOH	-	-	-	-	2511,5784	-	-	50231,5685	-	4566,5062	-	228,3253	4338,1809	47719,9901	47719,9901	-	-	-	-	-	-
NaAlO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	93579,1289	-	93579,1289	-	4678,9564	88900,1725	-	-	-	-	-	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110,5585	55168,7118	0,1106	110,4480	55279,1598
Total	126081,0099	126081,0099	1273,5456	127354,5555	5232,4551	157245,2518	973480,0104	1100834,5658	83448,2924	1017386,2735	81611,2660	163222,5320	935775,0075	935775,0075	811002,3035	124772,7040	69328,1486	55444,5554	69217,1484	111,0002	55555,5556

Gambar 1 Flow Diagram Process

KETERANGAN

<p>S : Steam</p> <p>SR : Steam Return</p> <p>CW : Cooling Water</p> <p>AW : Udara</p> <p>CWR : Cooling Water Return</p> <p>WP : Water Process</p> <p>UPL : Unit Pengolahan Limbah</p> <p>BW : Brine Water</p>	<p>Tekanan (atm)</p> <p>Temperane (°C)</p> <p>Nomor Aliran</p> <p>Bahan Baku</p> <p>Produk</p>
---	--

<p>WC : Weight Controller</p> <p>PC : Pressure Controller</p> <p>TC : Temperature Controller</p> <p>LC : Level Controller</p>	<p>FC : Flow Control</p>
---	--------------------------

NO	KODE	NAMA	JUMLAH
41	F-310	GUDDANG ALUMINA	1
40	J-273	BUCKET ELEVATOR 04	1
39	J-272	COOLING CONVEYOR	1
38	G-271	BLOWER 02	1
37	B-270	ROTARY COOLER	1
36	G-265	BLOWER 01	1
35	L-264	POMPA 08	1
34	F-263	TANGKI FUEL OIL	1
33	J-262	SCREW CONVEYOR	1
32	H-261	CYCLONE	1
31	B-260	ROTARY KILN	1
30	J-253	BUCKET ELEVATOR 03	1
29	J-252	BELT CONVEYOR 04	1
28	L-251	POMPA 07	1
27	H-250	CENTRIFUGE	1
26	L-245	POMPA 06	1
25	F-241	AKUMULATOR 02	1
24	H-240	TANGKI PRECIPITATOR	8
23	L-235	POMPA 05	8
22	F-232	AKUMULATOR 01	1
21	E-231	COOLER	1
20	H-230	ROTARY DRUM VACUUM FILTER	1
19	L-221	POMPA 04	1
18	F-220	FLASH TANK	1
17	L-212	EXPANDER	1
16	L-211	POMPA 03	10
15	R-210	REAKTOR CSTR	10
14	F-153	HOPPER	10
13	J-152	BUCKET ELEVATOR 02	10
12	J-151	BELT CONVEYOR 03	10
11	H-150	VIBRATING SCRENER	1
10	J-142	BUCKET ELEVATOR 01	1
9	J-141	BELT CONVEYOR 02	1
8	C-140	BALL MILL	1
7	J-131	BELT CONVEYOR 01	1
6	F-130	GUDDANG BAUKSIT	1
5	E-122	HEATER	1
4	L-121	POMPA 02 BERTEKANAN	1
3	M120	MIXER NaOH	1
2	L-111	POMPA 01	1
1	F-110	TANGKI PENYIMPANAN NaOH	1

Dibuat oleh:  
 FARIZ MAULANA AKBAR (1610014210089)  
 MUHAMMAD ATILIA FADHIL (1610014210016)

Dosen Pembimbing:  
 MELIANA DHARMA PRITRA, S. E., M.Sc., Ph.D  
 NIP. 1963031 20061 014

Program Studi S-1 TEKNIK KIMIA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 UNIVERSITAS LAMBUANG MANGKURAT  
 BANBARU  
 2020

### 3. Utilitas

Bahan baku air akan diambil langsung dari Sungai Kampar yang bermuara di Selat Malaka dengan kondisi sebagai berikut (Gautama, 2017).

**Tabel 6** Kondisi Air Sungai Kampar

Parameter	Lokasi	
	Hulu	Muara
pH	6	4,5
Suhu	29	30
Salinitas	0	0,5
TSS	0,01	0,065

Air yang digunakan sebesar 1.593.899,557 kg/jam. Pembangkit listrik didapatkan dari tenaga PLN dan juga menggunakan generator sebagai cadangan energi. Adapun kebutuhan total dari unit utilitas pada prarancangan pabrik alumina dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 7** Kebutuhan Utilitas dari Pabrik Alumina

Kebutuhan	Jumlah
Unit Penyedia Uap ( <i>Steam</i> )	456.746,2662 kg/jam
Unit Penyedia Listrik	4175,7774 kW
Unit Penyedia Bahan Bakar	30.422,4427 Liter/jam
Unit Pengolahan Limbah	14.211,509 Liter/jam

### 4. Analisis Ekonomi

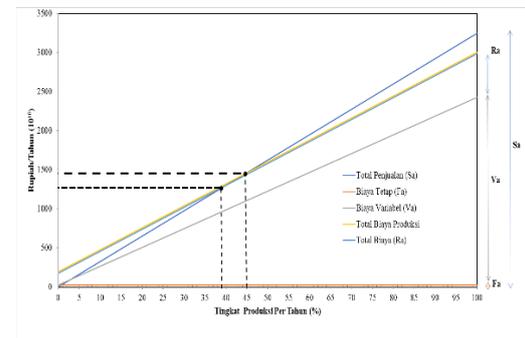
Analisis ekonomi digunakan untuk memperkirakan besar atau kecilnya keuntungan dari pabrik yang akan dibangun dan juga menjadi parameter dari sebuah pabrik apakah layak atau tidak layak didirikan. Adapun hasil analisis ekonomi pabrik alumina dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

**Tabel 8** Analisa Ekonomi Prarancangan Pabrik Alumina

Analisa	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	152%	Min. 11%	Layak
POT	0,9 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	45%	40-60%	Layak
SDP	39%	20-40%	Layak

*Return On Investment* (ROI) adalah nilai suatu keuntungan terhadap jumlah dari investasi yang telah dikeluarkan sebelumnya. *Pay Out Time* (POT) adalah rentang waktu yang dibutuhkan

untuk mengembalikan total pinjaman yang digunakan sebagai modal berdasarkan keuntungan yang dicapai. *Break Even Point* (BEP) titik impas (suatu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan dan tidak mengalami kerugian). Sedangkan *Shut down point* adalah suatu kondisi atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense* ( $F_a$ ) dibandingkan harus produksi. Adapun grafik analisa ekonomi pabrik alumina dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2** Grafik BEP dan SDP Pabrik Alumina

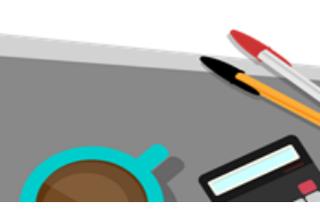
### 5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik Alumina dari Bauksit dan Natrium Hidroksida dengan Proses Bayer Kapasitas Produksi 440.000 ton/tahun akan berdiri di daerah Kabupaten Pelalawan, Riau pada tahun 2025. Manajemen perusahaan akan didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan bentuk organisasi garis dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan berjumlah 315 orang. Dari analisa ekonomi didapati nilai ROI sebesar 152%, POT sebesar 0,9 tahun, BEP sebesar 45% dan SDP sebesar 39%. Sehingga pabrik ini layak didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perancangan pabrik alumina.

### Daftar Pustaka

Budavari, S. (2001): *The Merck Index: An Encyclopedia of Chemical, Drugs and Biologicals, Thirteenth Edition*. Merck & Co. Inc. USA

Mineral, K. E. d. S. D. (2016): *Dampak Hilirisasi Bauksit terhadap Perekonomian Regional Provinsi Kalimantan Barat*. Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral





- Statistik, B. P. (2020): *Ekspor-Impor Aluminium oxide di Indonesia*. Badan Pusat Statistik.
- Ullmann, F. dan Bohnet, M. (2009): Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry.
- Ulrich, G. D. (2004): *Chemical Engineering Process Design and Economics: A Practical Guide*. Process Publishing.
- UN.Comtrade. (2020): *Ekspor-Impor Alumina*. comtrade.un.urg.
- UN.Data. (2020): *Alumina (aluminum oxide), except artificial corundum*. data.un.org.

