



## PRARANCANGAN PABRIK ALUMINIUM KLORIDA DARI BAUKSIT DAN HCl MELALUI PROSES KALSINASI KAPASITAS 18.000 TON/TAHUN

Adhe Paramita<sup>1\*</sup>, Anna Sumardi<sup>1</sup>

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

\*Corresponding Author: [adheprm23@gmail.com](mailto:adheprm23@gmail.com)

### Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang banyak melakukan pembangunan diberbagai bidang termasuk bidang perindustrian. Salah satu bahan baku utama dan penunjang yang masih diimpor dari luar negeri adalah aluminium klorida ( $\text{AlCl}_3$ ). Kebutuhan impor senyawa ini cenderung terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pabrik ini direncanakan didirikan di kabupaten Sanggau Kalimantan Barat dengan kapasitas 18.000 ton/tahun dengan luas tanah 44.294,62 m<sup>2</sup> dan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan jumlah karyawan 125 orang.

Proses yang digunakan pada pembuatan  $\text{AlCl}_3$  yaitu proses kalsinasi dengan cara mereaksikan bauksit dan HCl sebagai pelarut yang diperoleh dari PT. Asahimas Chemical dan bauksit diperoleh dari PT ANTAM (Aneka Tambang) yang bertempat di Kalimantan Barat. Reaksi pencampuran bauksit dengan HCl adalah reaksi eksotermis. Reaktor yang digunakan berupa *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) yang dijaga suhunya menggunakan jaket pendingin. Reaktor beroperasi pada suhu 90 °C dengan tekanan 1 atm selama 1 jam dengan kemurnian 99,6%. Proses pemurnian menggunakan alat evaporator, *rotary drum vacuum filter*, *crystallizer* dan *rotary dryer* dengan hasil produk utama aluminium klorida ( $\text{AlCl}_3$ ) dan produk samping berupa *silica* ( $\text{SiO}_2$ ), besi (III) klorida ( $\text{FeCl}_3$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan besi (III) oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Berdasarkan analisa ekonomi menunjukkan bahwa pabrik ini memiliki total *capital investment* sebesar Rp 388.008.248.974,3- pabrik ini dapat dinyatakan layak dilihat dari nilai *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 24% dan ROI sesudah pajak sebesar 16% dengan laba bersih pertahun sebesar Rp 61.737.953.266,83,-. Adapun *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 3,1 tahun dan sesudah pajak adalah 4,2 tahun. *Break Even Point* (BEP) adalah 52% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 32%. Dari uraian di atas maka pabrik aluminium klorida dari bauksit dan HCl melalui proses kalsinasi kapasitas 18.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

**Kata kunci :** aluminium klorida ( $\text{AlCl}_3$ ), bauksit, HCl dan kalsinasi

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang banyak melakukan pembangunan diberbagai bidang termasuk bidang perindustrian. Pasar bebas sudah dilaksanakan atau yang kita kenal dengan "Masyarakat Ekonomi Asean (MEA)". Berdasarkan kesepakatan yang dilakukan oleh negara – negara anggota ASEAN pada tahun 2003, bahwa akan diadakannya pasar bebas ASEAN, yang telah dimulai pada tahun 2016 lalu. Oleh karena itu, pada awal tahun 2016 lalu akan dikembangkan beberapa kawasan industri baru serta perluasan kawasan industri yang ada di Indonesia.

$\text{AlCl}_3$  telah digunakan dalam memproduksi bubuk logam aluminium, yang merupakan bahan baku untuk pembuatan sel surya dan komponen elektromagnetik. Selain itu, diterapkan secara luas sebagai katalis asam,

isomerisasi hidrokarbon, katalis sintesis aldehida, dan katalis polimerisasi kation.  $\text{AlCl}_3$  adalah logam golongan III A dengan nomor atom 13 dan nomor massa 26,9815 g/mol.  $\text{AlCl}_3$  adalah asam lewis yang paling umum digunakan juga termasuk yang paling kuat.

Penentuan kapasitas dilakukan dengan cara melihat besarnya kebutuhan impor senyawa  $\text{AlCl}_3$  tersebut di Indonesia dan besarnya kebutuhan impor senyawa  $\text{AlCl}_3$  di beberapa negara – negara di kawasan Asia Tenggara pada tahun 2017, seperti tertera pada tabel berikut (UNdata.org, 2019):



**Tabel 1** Kapasitas Impor Senyawa  $AlCl_3$  di ASEAN tahun 2017

No.	Negara	Kapasitas <i>Import</i> (Ton)
1	Indonesia	27.396,546
2	Malaysia	20.248,867
3	Myanmar	1.272,901
4	Philipina	7.321,688
5	Singapore	8.200,276

**Tabel 2** Produksi  $AlCl_3$  di Indonesia

No.	Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	PT. Talitha Utama	960
2	PT. Lambung Sumber Rejeki	2.000
3	PT PACI	2.000
4	PT Primapackimia	1.000
5	PT PACAL	1.5000
6	PT Lautan Luas	18.400
Total		25.860

Data kebutuhan impor dan export alumunium klorida di Indonesia dari tahun 2012-2017 dapat dilihat pada tabel berikut (BPS, 2018).

**Tabel 3** Kebutuhan Impor dan Ekspor  $AlCl_3$

No.	Tahun	Jumlah <i>Import</i>	Pertumbuhan <i>Ekspor</i>
1	2012	17.956,953	2.133,562
2	2013	19.519,523	3.640,235
3	2014	21.639,798	3.617,11
4	2015	24.238,692	6.168,805
5	2016	24.786,157	5.761,868
6	2017	27.396,546	6.337,65

Berdasarkan data di atas, perkiraan jumlah kebutuhan alumunium klorida pada tahun 2024 dapat diperkirakan menggunakan perhitungan *discounted method* dengan rumus sebagai berikut (Peters, 1991) :

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

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan *discounted method* menunjukkan peluang kapasitas alumunium klorida yang akan didirikan tahun 2024 yaitu sebesar 115.973 ton/tahun. Pada prarancangan pabrik ini akan didirikan dengan mengambil 15% dari total seluruh kapasitas. Sehingga didapat kapasitas sebesar  $17.395,95 \approx 18.000$  (15%) ton/tahun.

**Tabel 4.** Jenis-Jenis Proses Pembuatan Aluminium klorida ( $AlCl_3$ )

No	Parameter	Kalsinasi (PATEN)	Klorinasi (Patent )
1.	Kondisi Proses		
a.	Suhu	Reaktor 90 °C Rotary Kiln 650 °C	450 °C – 800 °C
b.	Tekanan	1 atm	0,1 – 10 atm
c.	$\Delta H_f$ (Kj/mol)	-3.402,1 Kj/mol	-995,5 Kj/mol
d.	$\Delta G_f$ (Kj/mol)	150,8 Kj/mol	649,4 Kj/mol
2.	Konversi	78,8 %	97 %
3.	Waktu Tinggal Reaksi	1 jam	4 jam
4.	Ekonomi		
	Harga Bahan Baku	Rp. 7.855/kg	Rp. 7.855/kg
5.	Lingkungan (Limbah yang dihasilkan)	HCl	HCl

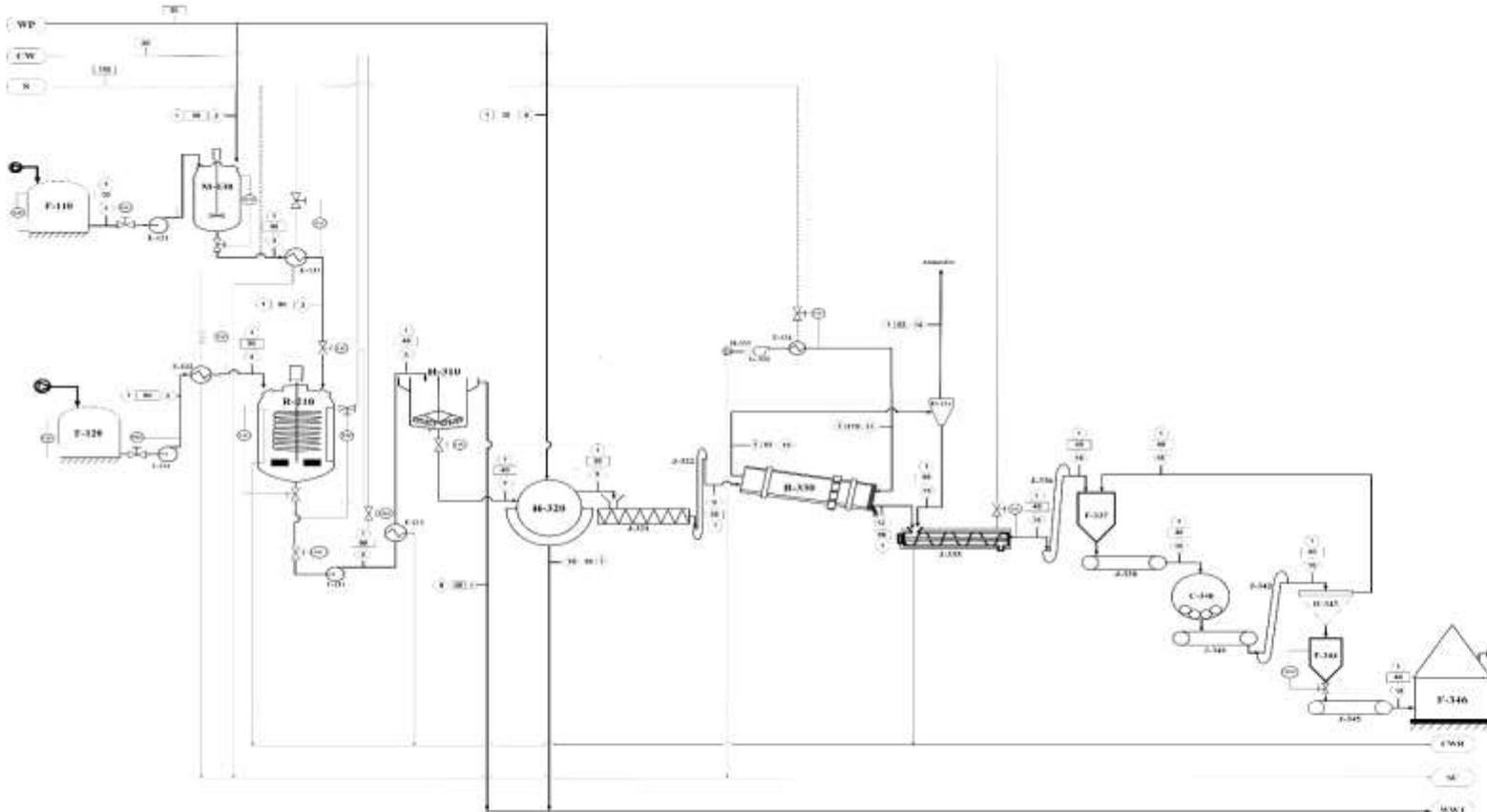
## 2. Deskripsi Proses

Pembuatan alumunium klorida dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan proses kalsinasi dan proses klorinasi. Pada masing-masing proses memiliki keunggulan masing-masing sehingga pemilihan proses menyesuaikan proses mana yang paling ekonomis dan yang paling aman. Adapun perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan ketiga aspek tersebut, maka dipilih proses asidifikasi larutan alkali silikat dengan

pertimbangan dari segi teknis yaitu kondisi operasi atmosferis yang berlangsung pada suhu 90 – 91 °C dengan tekanan 1 atm sehingga lebih mudah dalam pengontrolan reaksi, desain peralatan lebih murah serta kemurnian produk yang dihasilkan lebih tinggi. Selain itu dari segi ekonomi, bahan baku yang digunakan lebih murah jika dibandingkan dengan dua proses yang lainnya. Sedangkan berdasarkan segi lingkungan, limbah yang dihasilkan berbentuk garam, sehingga lebih mudah dalam penanggulangannya.



**PRARANCANGAN PABRIK *PRECIPITATED SILICA* DARI ASAM SULFAT DAN SODIUM SILIKAT MENGGUNAKAN PROSES ASIDIFIKASI LARUTAN ALKALI SILIKAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**



KETERANGAN			
Aliran Proses	Aliran Proses		
CW	Cooling Water	$\diamond$	Manometer
WP	Water Pressure	$\square$	Temperature (°C)
S	Steam	$\odot$	Instrumentation
CWS	Cooling Water Return	$\otimes$	Water Meter
M	Motor Listrik	$\odot \otimes$	Produk
MWT	Mud Water Treatment		

TI	Temperature Indicator Control	MI	Weight Indicator Control
LI	Level Indicator Control	PI	Pressure Indicator Control
FC	Flow Indicator Control		

NO	NO. DES	Uraian	Jumlah
10	0-006	CEKUNG PENYIMPANAN PRODUK	1
10	0-007	ADIT CONTROLLER 01	1
10	0-008	ADIT 01	1
10	0-009	ADIT 02	1
10	0-010	ADIT CONTROLLER 02	1
10	0-011	ADIT 03	1
10	0-012	ADIT CONTROLLER 03	1
10	0-013	ADIT 04	1
10	0-014	ADIT CONTROLLER 04	1
10	0-015	ADIT 05	1
10	0-016	ADIT CONTROLLER 05	1
10	0-017	ADIT 06	1
10	0-018	ADIT CONTROLLER 06	1
10	0-019	ADIT 07	1
10	0-020	ADIT CONTROLLER 07	1
10	0-021	ADIT 08	1
10	0-022	ADIT CONTROLLER 08	1
10	0-023	ADIT 09	1
10	0-024	ADIT CONTROLLER 09	1
10	0-025	ADIT 10	1
10	0-026	ADIT CONTROLLER 10	1
10	0-027	ADIT 11	1
10	0-028	ADIT CONTROLLER 11	1
10	0-029	ADIT 12	1
10	0-030	ADIT CONTROLLER 12	1
10	0-031	ADIT 13	1
10	0-032	ADIT CONTROLLER 13	1
10	0-033	ADIT 14	1
10	0-034	ADIT CONTROLLER 14	1
10	0-035	ADIT 15	1
10	0-036	ADIT CONTROLLER 15	1
10	0-037	ADIT 16	1
10	0-038	ADIT CONTROLLER 16	1
10	0-039	ADIT 17	1
10	0-040	ADIT CONTROLLER 17	1
10	0-041	ADIT 18	1
10	0-042	ADIT CONTROLLER 18	1
10	0-043	ADIT 19	1
10	0-044	ADIT CONTROLLER 19	1
10	0-045	ADIT 20	1
10	0-046	ADIT CONTROLLER 20	1
10	0-047	ADIT 21	1
10	0-048	ADIT CONTROLLER 21	1
10	0-049	ADIT 22	1
10	0-050	ADIT CONTROLLER 22	1
10	0-051	ADIT 23	1
10	0-052	ADIT CONTROLLER 23	1
10	0-053	ADIT 24	1
10	0-054	ADIT CONTROLLER 24	1
10	0-055	ADIT 25	1
10	0-056	ADIT CONTROLLER 25	1
10	0-057	ADIT 26	1
10	0-058	ADIT CONTROLLER 26	1
10	0-059	ADIT 27	1
10	0-060	ADIT CONTROLLER 27	1
10	0-061	ADIT 28	1
10	0-062	ADIT CONTROLLER 28	1
10	0-063	ADIT 29	1
10	0-064	ADIT CONTROLLER 29	1
10	0-065	ADIT 30	1
10	0-066	ADIT CONTROLLER 30	1
10	0-067	ADIT 31	1
10	0-068	ADIT CONTROLLER 31	1
10	0-069	ADIT 32	1
10	0-070	ADIT CONTROLLER 32	1
10	0-071	ADIT 33	1
10	0-072	ADIT CONTROLLER 33	1
10	0-073	ADIT 34	1
10	0-074	ADIT CONTROLLER 34	1
10	0-075	ADIT 35	1
10	0-076	ADIT CONTROLLER 35	1
10	0-077	ADIT 36	1
10	0-078	ADIT CONTROLLER 36	1
10	0-079	ADIT 37	1
10	0-080	ADIT CONTROLLER 37	1
10	0-081	ADIT 38	1
10	0-082	ADIT CONTROLLER 38	1
10	0-083	ADIT 39	1
10	0-084	ADIT CONTROLLER 39	1
10	0-085	ADIT 40	1
10	0-086	ADIT CONTROLLER 40	1
10	0-087	ADIT 41	1
10	0-088	ADIT CONTROLLER 41	1
10	0-089	ADIT 42	1
10	0-090	ADIT CONTROLLER 42	1
10	0-091	ADIT 43	1
10	0-092	ADIT CONTROLLER 43	1
10	0-093	ADIT 44	1
10	0-094	ADIT CONTROLLER 44	1
10	0-095	ADIT 45	1
10	0-096	ADIT CONTROLLER 45	1
10	0-097	ADIT 46	1
10	0-098	ADIT CONTROLLER 46	1
10	0-099	ADIT 47	1
10	0-100	ADIT CONTROLLER 47	1
10	0-101	ADIT 48	1
10	0-102	ADIT CONTROLLER 48	1
10	0-103	ADIT 49	1
10	0-104	ADIT CONTROLLER 49	1
10	0-105	ADIT 50	1
10	0-106	ADIT CONTROLLER 50	1
10	0-107	ADIT 51	1
10	0-108	ADIT CONTROLLER 51	1
10	0-109	ADIT 52	1
10	0-110	ADIT CONTROLLER 52	1
10	0-111	ADIT 53	1
10	0-112	ADIT CONTROLLER 53	1
10	0-113	ADIT 54	1
10	0-114	ADIT CONTROLLER 54	1
10	0-115	ADIT 55	1
10	0-116	ADIT CONTROLLER 55	1
10	0-117	ADIT 56	1
10	0-118	ADIT CONTROLLER 56	1
10	0-119	ADIT 57	1
10	0-120	ADIT CONTROLLER 57	1
10	0-121	ADIT 58	1
10	0-122	ADIT CONTROLLER 58	1
10	0-123	ADIT 59	1
10	0-124	ADIT CONTROLLER 59	1
10	0-125	ADIT 60	1
10	0-126	ADIT CONTROLLER 60	1
10	0-127	ADIT 61	1
10	0-128	ADIT CONTROLLER 61	1
10	0-129	ADIT 62	1
10	0-130	ADIT CONTROLLER 62	1
10	0-131	ADIT 63	1
10	0-132	ADIT CONTROLLER 63	1
10	0-133	ADIT 64	1
10	0-134	ADIT CONTROLLER 64	1
10	0-135	ADIT 65	1
10	0-136	ADIT CONTROLLER 65	1
10	0-137	ADIT 66	1
10	0-138	ADIT CONTROLLER 66	1
10	0-139	ADIT 67	1
10	0-140	ADIT CONTROLLER 67	1
10	0-141	ADIT 68	1
10	0-142	ADIT CONTROLLER 68	1
10	0-143	ADIT 69	1
10	0-144	ADIT CONTROLLER 69	1
10	0-145	ADIT 70	1
10	0-146	ADIT CONTROLLER 70	1
10	0-147	ADIT 71	1
10	0-148	ADIT CONTROLLER 71	1
10	0-149	ADIT 72	1
10	0-150	ADIT CONTROLLER 72	1
10	0-151	ADIT 73	1
10	0-152	ADIT CONTROLLER 73	1
10	0-153	ADIT 74	1
10	0-154	ADIT CONTROLLER 74	1
10	0-155	ADIT 75	1
10	0-156	ADIT CONTROLLER 75	1
10	0-157	ADIT 76	1
10	0-158	ADIT CONTROLLER 76	1
10	0-159	ADIT 77	1
10	0-160	ADIT CONTROLLER 77	1
10	0-161	ADIT 78	1
10	0-162	ADIT CONTROLLER 78	1
10	0-163	ADIT 79	1
10	0-164	ADIT CONTROLLER 79	1
10	0-165	ADIT 80	1
10	0-166	ADIT CONTROLLER 80	1
10	0-167	ADIT 81	1
10	0-168	ADIT CONTROLLER 81	1
10	0-169	ADIT 82	1
10	0-170	ADIT CONTROLLER 82	1
10	0-171	ADIT 83	1
10	0-172	ADIT CONTROLLER 83	1
10	0-173	ADIT 84	1
10	0-174	ADIT CONTROLLER 84	1
10	0-175	ADIT 85	1
10	0-176	ADIT CONTROLLER 85	1
10	0-177	ADIT 86	1
10	0-178	ADIT CONTROLLER 86	1
10	0-179	ADIT 87	1
10	0-180	ADIT CONTROLLER 87	1
10	0-181	ADIT 88	1
10	0-182	ADIT CONTROLLER 88	1
10	0-183	ADIT 89	1
10	0-184	ADIT CONTROLLER 89	1
10	0-185	ADIT 90	1
10	0-186	ADIT CONTROLLER 90	1
10	0-187	ADIT 91	1
10	0-188	ADIT CONTROLLER 91	1
10	0-189	ADIT 92	1
10	0-190	ADIT CONTROLLER 92	1
10	0-191	ADIT 93	1
10	0-192	ADIT CONTROLLER 93	1
10	0-193	ADIT 94	1
10	0-194	ADIT CONTROLLER 94	1
10	0-195	ADIT 95	1
10	0-196	ADIT CONTROLLER 95	1
10	0-197	ADIT 96	1
10	0-198	ADIT CONTROLLER 96	1
10	0-199	ADIT 97	1
10	0-200	ADIT CONTROLLER 97	1
10	0-201	ADIT 98	1
10	0-202	ADIT CONTROLLER 98	1
10	0-203	ADIT 99	1
10	0-204	ADIT CONTROLLER 99	1
10	0-205	ADIT 100	1
10	0-206	ADIT CONTROLLER 100	1
10	0-207	ADIT 101	1
10	0-208	ADIT CONTROLLER 101	1
10	0-209	ADIT 102	1
10	0-210	ADIT CONTROLLER 102	1
10	0-211	ADIT 103	1
10	0-212	ADIT CONTROLLER 103	1
10	0-213	ADIT 104	1
10	0-214	ADIT CONTROLLER 104	1
10	0-215	ADIT 105	1
10	0-216	ADIT CONTROLLER 105	1
10	0-217	ADIT 106	1
10	0-218	ADIT CONTROLLER 106	1
10	0-219	ADIT 107	1
10	0-220	ADIT CONTROLLER 107	1
10	0-221	ADIT 108	1
10	0-222	ADIT CONTROLLER 108	1
10	0-223	ADIT 109	1
10	0-224	ADIT CONTROLLER 109	1
10	0-225	ADIT 110	1
10	0-226	ADIT CONTROLLER 110	1
10	0-227	ADIT 111	1
10	0-228	ADIT CONTROLLER 111	1
10	0-229	ADIT 112	1
10	0-230	ADIT CONTROLLER 112	1
10	0-231	ADIT 113	1
10	0-232	ADIT CONTROLLER 113	1
10	0-233	ADIT 114	1
10	0-234	ADIT CONTROLLER 114	1
10	0-235	ADIT 115	1
10	0-236	ADIT CONTROLLER 115	1
10	0-237	ADIT 116	1
10	0-238	ADIT CONTROLLER 116	1
10	0-239	ADIT 117	1
10	0-240	ADIT CONTROLLER 117	1
10	0-241	ADIT 118	1
10	0-242	ADIT CONTROLLER 118	1
10	0-243	ADIT 119	1
10	0-244	ADIT CONTROLLER 119	1
10	0-245	ADIT 120	1
10	0-246	ADIT CONTROLLER 120	1
10	0-247	ADIT 121	1
10	0-248	ADIT CONTROLLER 121	1
10	0-249	ADIT 122	1
10	0-250	ADIT CONTROLLER 122	1
10	0-251	ADIT 123	1
10	0-252	ADIT CONTROLLER 123	1
10	0-253	ADIT 124	1
10	0-254	ADIT CONTROLLER 124	1
10	0-255	ADIT 125	1
10	0-256	ADIT CONTROLLER 125	1
10	0-257	ADIT 126	1
10	0-258	ADIT CONTROLLER 126	1
10	0-259	ADIT 127	1
10	0-260	ADIT CONTROLLER 127	1
10	0-261	ADIT 128	1
10	0-262	ADIT CONTROLLER 128	1
10	0-263	ADIT 129	1
10	0-264	ADIT CONTROLLER 129	1
10	0-265	ADIT 130	1
10	0-266	ADIT CONTROLLER 130	1
10	0-267	ADIT 131	1
10	0-268	ADIT CONTROLLER 131	1
10	0-269	ADIT 132	1
10	0-270	ADIT CONTROLLER 132	1
10	0-271	ADIT 133	1
10	0-272	ADIT CONTROLLER 133	1
10	0-273	ADIT 134	1
10	0-274	ADIT CONTROLLER 134	1
10	0-275	ADIT 135	1
10	0-276	ADIT CONTROLLER 135	1
10	0-277	ADIT 136	1
10	0-278	ADIT CONTROLLER 136	1
10	0-279	ADIT 137	1
10	0-280	ADIT CONTROLLER 137	1
10	0-281	ADIT 138	1
10	0-282	ADIT CONTROLLER 138	1
10	0-283	ADIT 139	1
10	0-284	ADIT CONTROLLER 139	1
10	0-285	ADIT 140	1
10	0-286	ADIT CONTROLLER 140	1
10	0-287	ADIT 141	1
10	0-288	ADIT CONTROLLER 141	1
10	0-289	ADIT 142	1
10	0-290	ADIT CONTROLLER 142	1
10	0-291	ADIT 143	1
10	0-292	ADIT CONTROLLER 143	1
10	0-		

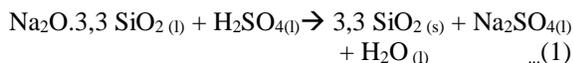
Proses pembuatan *Precipitated silica* ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

a. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku asam sulfat 98% dialirkan ke dalam *mixer* untuk diencerkan hingga konsentrasinya mencapai 5%. Agar reaksi berlangsung sempurna, digunakan asam sulfat berlebih 10%. Selanjutnya hasil dari pengenceran ini dipompa menuju *heater* untuk memanaskan suhu asam sulfat tersebut menjadi 90 °C sesuai kondisi operasi reaktor. Natrium silikat dari tangki penyimpanan juga dipanaskan pada *heater* sebelum dialirkan ke reaktor.

b. Pembentukan Produk

Pada tahap ini, asam sulfat yang sudah diencerkan akan direaksikan dengan natrium silikat pada sebuah reaktor CSTR. Reaktor bekerja pada suhu 90 °C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, maka diperlukan *coil* pendingin untuk menjaga suhu operasi tetap pada batas yang diinginkan. Pada reaktor digunakan pengaduk untuk mempercepat terjadinya reaksi. Adapun reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



c. Pemurnian Produk

Produk yang dihasilkan dari reaktor ini akan didinginkan terlebih dahulu dalam *cooler* sebelum dialirkan ke *thickener*. *Thickener* digunakan untuk mengurangi jumlah *liquid* sebelum dialirkan ke *rotary drum vacuum filter*. *Cake* yang dihasilkan akan dialirkan ke *rotary dryer* untuk dikeringkan, sedangkan filtrat yang dihasilkan akan dialirkan menuju WTP. *Rotary dryer* digunakan untuk mengurangi kadar air pada *cake* menjadi maksimum 10% dengan media pemanas *steam*. Selanjutnya *cake* yang sudah kering akan diangkut dengan *cooling conveyor* untuk didinginkan sebelum menuju ke *ball mill*. Produk dihancurkan hingga ukuran produk menjadi 325 mesh/44 mikron. Setelah itu, produk diayak menggunakan *vibrating screen* untuk memisahkan produk yang ukurannya sudah memenuhi spesifikasi dengan yang belum memenuhi spesifikasi. Produk yang belum memenuhi spesifikasi akan dikembalikan lagi ke *ball mill*, sedangkan untuk produk yang ukurannya telah memenuhi spesifikasi akan masuk ke dalam gudang produk dan di-*packing* dengan ukuran 50 kg/karung.

Berdasarkan tinjauan termodinamika, dapat diketahui bahwa reaksi pembentukan produk bersifat

endotermis atau eksotermis dengan perhitungan sebagai berikut.

**Tabel 4.** Data  $\Delta H_f^\circ$  pada temperatur 25 °C (Yaws, 1999)

Komponen	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/kmol)
Asam Sulfat	-175,583
Sodium Silikat	-383,91
<i>Precipitated Silica</i>	-217,517
Sodium Silikat	-331,303
Air	-68,317

Perhitungan entalpi pada temperatur 25 °C

$$\Delta H \text{ reaksi} = \Delta H_f \text{ produk} - \Delta H_f \text{ reaktan} \\ = - 57,644 \text{ kkal/mol.}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa reaksi pembentukan *precipitated silica* bersifat eksotermis ditandai dengan nilai  $\Delta H_f$  yang negatif.

Reaksi pembentukan *precipitated silica* merupakan reaksi orde 2 dengan nilai k sebesar  $1,2 \times 10^{13} \times e^{-9087,8482/T}$  ( $\text{m}^3/\text{kmol} \cdot \text{menit}$ ) (Patent Genius No. 5851502) dengan konversi sebesar 99,4% (Patent Genius No. 5034207). Adapun persamaan kecepatan reaksi adalah sebagai berikut.

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B \\ = k \cdot C_{A0} (1 - x) (C_{B0} - x \cdot C_{A0}) \\ = k \cdot C_{A0}^2 (1 - x) (M - x)$$

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

**Tabel 5.** Neraca Massa Reaktor (R-210)

Komponen	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
	3	4	5
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 3,3 \text{SiO}_2$	-	1.650,7685	9,9046
$\text{H}_2\text{SO}_4$	684,1507	-	65,9273
$\text{SiO}_2$	-	-	1.250,1250
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	-	-	895,3777
$\text{H}_2\text{O}$	12.998,8637	1.024,7072	14.137,1557
<b>Total</b>	<b>13.683,0145</b>	<b>2.675,4758</b>	<b>16.358,4902</b>
<b>Setimbang</b>	<b>16.358,4902</b>		<b>16.358,4902</b>

### 3. Utilitas

Sumber air untuk pabrik *precipitated silica* diperoleh dari Sungai Cidanau dengan debit air sebesar 101.160  $\text{m}^3/\text{jam}$ . Pembangkit listrik utama menggunakan generator dengan bahan dasar *diesel oil* yang diperoleh dari PT. Pertamina dan sebagian kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN. Kebutuhan total utilitas yang diperlukan pada operasi pabrik *precipitated silica* dapat dilihat pada Tabel 6.



**Tabel 6.** Kebutuhan Utilitas Pabrik *Precipitated Silica*

Kebutuhan	Jumlah
Steam	8.542,1873 kg/jam
Air	388.050,8036 kg/jam
Listrik	1.010,8020 kW
Bahan Bakar	396,9646 liter/jam

#### 4. Analisis Ekonomi

Data harga bahan baku dan produk pada pabrik *precipitated silica* dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 7.** Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/Kg)
Asam Sulfat	4.815
Sodium Silikat	3.852
<i>Precipitated Silica</i>	72.589

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik *precipitated silica* dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 8.** Total Biaya Pabrik *Precipitated Silica*

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	270.150.254.878,76
WC	100.073.260.979,5
TCI	390.234.645.849,3
TPC	569.410.221.419,98

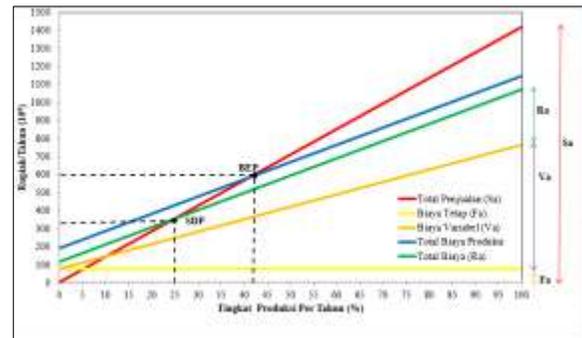
Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil dan pabrik tersebut dapat dikategorikan layak atau tidak untuk didirikan maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonominya. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan ekonomi antara lain adalah *Percent Profit On Sales (POS)*, *Percent Return On Investment (ROI)*, *Pay Out Time (POT)*, *Net Present Value (NPV)*, *Interest Rate of Return (IRR)*, *Break Even Point (BEP)*, dan *Shut Down Point (SDP)*. Hasil analisa ekonomi pabrik *precipitated Silica* dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 9.** Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	30%	Min. 11%	Layak
POT	1,5 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	42%	40-60%	Layak
SDP	25%	20-40%	Layak

*Return On Investment (ROI)* adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time (POT)* adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. *Break Even Point (BEP)* adalah titik impas atau suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan

jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point (SDP)* adalah suatu titik atau saat dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense (Fa)* dibandingkan harus produksi. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi atau tidak menghasilkan profit (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik *precipitated silica* dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik BEP dan SDP Pabrik *Precipitated Silica* Kapasitas 10.000 Ton/Tahun

#### 5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik *Precipitated Silica* dari Asam Sulfat dan Sodium Silikat Menggunakan Proses Asidifikasi Larutan Alkali Silikat akan didirikan di daerah Cilegon, Banten pada tahun 2023 dengan kapasitas 10.000 ton/tahun. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasi yaitu *line* dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan yaitu 157 orang. Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor analisa ekonomi. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 30%, POT sebesar 1,5 tahun, BEP sebesar 42% dan SDP sebesar 25%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik *precipitated silica* ini layak untuk didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

#### Daftar Pustaka

- Aries, R.S. and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc-Graw Hill Book Company Inc. New York.
- Badan Pusat Statistika Indonesia. 2018. *Data Ekspor-Impor*. <http://www/bps.go.id>. Diakses tanggal 10 Januari 2018.
- Kirk R.F and Othmer D.F. 1982. *Encyclopedia of Chemical Technology*. John Willey and Sons Inc. New York.



- Patent Genius. 1986. *Process for the Preparation of Precipitated Silica*.  
<http://www.patentgenius.com>. Diakses tanggal 14 April 2018.
- Peters, M.S and Timmerhouse, K.D. 1991. *Plants Design and Economics for Chemical Engineering 4<sup>th</sup> Edition*. McGraw-Hill Inc. Singapore.
- Ullmann. 1996. *Ullmann's Encyclopedia of Industry Chemistry 5<sup>th</sup> Edition*. Weinheim Wiley-Vch Verlag GmbH & co KgaA. Germany.
- Yaws, Carl. 1999. *Chemical Properties Hand Book*. Lamar University Beaumont. Texas.



