

## PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM KLORIDA DARI BATU KAPUR DAN ASAM KLORIDA DENGAN METODE NETRALISASI KAPASITAS PRODUKSI 10.000 TON/TAHUN

Hari Apriyan Saputra<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: hariapriyan@gmail.com

### Abstrak

Kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) merupakan salah satu jenis garam yang mudah larut dalam air dan bersifat higroskopis, sehingga kalsium klorida amat luas penggunaannya dalam industri. Kalsium klorida umumnya digunakan sebagai zat pengering (*dessicant*), zat pencair es (*de-icing*), zat aditif dalam industri makanan, zat aditif dalam pemrosesan plastik dan pipa, sebagai sumber ion kalsium dan dapat digunakan dalam bidang kedokteran. Kemampuan kalsium klorida untuk menyerap banyak cairan merupakan salah satu kualitas yang membuatnya begitu serbaguna.

Pabrik kalsium klorida yang akan dibangun diproduksi dari batu kapur dan asam klorida. Batu kapur yang telah dihancurkan kemudian dimasukkan ke dalam Reaktor Asam dengan menambahkan larutan asam klorida ( $\text{HCl}$ ) 30%. Hasil reaksi kemudian dipompakan ke dalam Reaktor Penetral dengan menambahkan larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  20%. Larutan kalsium klorida yang telah dipekatkan dipompakan ke kristalisator untuk diperoleh kristal kalsium klorida. Produk  $\text{CaCl}_2$  yang dihasilkan diseragamkan ukurannya dengan menggunakan *screening*. Kapasitas produksi 10.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun dan dioperasikan mulai tahun 2022.

**Kata Kunci:** kalsium klorida, asam klorida, batu kapur

### 1. Pendahuluan

Kalsium klorida dapat dihasilkan dari bahan baku batu kapur dengan penambahan asam klorida ( $\text{HCl}$ ). Batu kapur digunakan dalam pembuatan kalsium klorida karena batu kapur mengandung kalsium dengan kadar yang paling tinggi yaitu sebesar 98,9%. Bahan baku batu kapur di Indonesia juga tersedia dalam jumlah yang banyak dan tersebar hampir merata di seluruh Indonesia.

Kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) merupakan salah satu jenis garam yang mudah larut dalam air dan bersifat higroskopis, sehingga kalsium klorida amat luas penggunaannya dalam industri. Senyawa kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) adalah senyawa ionik yang terdiri dari unsur kalsium (logam alkali) dan klorin. Senyawa ini bersifat padat pada suhu kamar, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak beracun, sehingga dapat digunakan secara ekstensif di berbagai industri dan aplikasi di seluruh dunia.

Kalsium klorida umumnya digunakan sebagai zat pengering (*dessicant*), zat pencair es (*de-icing*), zat aditif dalam industri makanan, zat

aditif dalam pemrosesan plastik dan pipa, sebagai sumber ion kalsium dan dapat digunakan dalam bidang kedokteran. Sebanyak 40% konsumsi kalsium klorida adalah sebagai zat pencair es (*de-icing*), 20% untuk mengendalikan debu di jalanan pada saat musim panas, 20% untuk proses industri, khususnya, dalam industri makanan, industri pemrosesan plastik, pipa dan semen, 10% digunakan dalam pengeboran minyak dan gas, 5% untuk pembuatan beton dan 5% untuk kegunaan – kegunaan lainnya.

Kemampuan kalsium klorida untuk menyerap banyak cairan merupakan salah satu kualitas yang membuatnya begitu serbaguna. Zat ini bekerja jauh lebih efisien daripada natrium klorida dalam hal mencairkan es. Kalsium klorida juga dapat digunakan dalam sejumlah aplikasi lain. Misalnya sebagai sumber ion kalsium untuk mengurangi erosi beton di dalam kolam renang, untuk mengeringkan rumput laut sehingga dapat menghasilkan abu soda dan untuk keperluan medis.



Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, kebutuhan kalsium klorida di Indonesia mengalami kenaikan sekitar 6% setiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat dari Tabel 1 berikut:

**Tabel 1** Pabrik Kalsium Klorida yang Telah Beroperasi di Seluruh Dunia

Company	Lokasi	Kapasitas (kg/tahun)
<b>Eropa Barat</b>		
Brunner Mond	Northwich, Inggris	84.000.000
Kemax	Delfzijl, Belanda	85.000.000
LII	Frankfurt, Jerman	10.000.000
NedMag	Veendam, Belanda	40.000.000
Solvay	Rosignano, Italy	62.000.000
Tetra Europe	Helsingborg, Swedia	58.000.000
<b>Amerika Utara</b>		
BJ Services/OSCA	Geismar, Amerika	105.000.000
Dow Chemical	Ludington, Amerika	513.000.000
Industrial del Alkali	Meksiko	100.000.000
Mag Corp	Rowley, Amerika	31.000.000
National Chloride	Amboy, Amerika	14.000.000
Tetra Technologies	Lake Charles, Amerika	235.000.000
	Norco, Louisiana, Amerika	73.000.000
	Parkersburg, Amerika	85.000.000
	San Bernadino, Amerika	32.000.000
Tetra/Honeywell	Baton Rouge, Amerika	70.000.000
Tetra/Vulcan	Wichita, Kansa, Amerika	26.000.000

Tiger Calcium	Slave Lake, Kanada	108.000.000
Ward Chem	Calling Lake, Kanada	161.000.000
Wilkinson	Mayville, Amerika	38.000.000

Dalam penentuan kapasitas produksi, faktor-faktor yang harus dipertimbangkan adalah kebutuhan pasar, kapasitas minimum pabrik dan ketersediaan bahan baku, maka perlu dilakukan analisa untuk mendapatkan kapasitas produksi perancangan.

**Tabel 2** Data Pertumbuhan Impor Kalsium Klorida di Indonesia

Tahun	Data Impor (kg)
2011	11,749,722
2012	13,372,320
2013	14,143,940
2014	15,658,347
2015	15,733,288
2016	17,522,208

Dari data tersebut maka dapat diperkirakan jumlah kebutuhan kalsium klorida pada tahun 2022 yang didapatkan dari perhitungan *discounted method* dengan rumus:

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

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dan data kalsium klorida pada tahun 2011 sampai 2016 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik kalsium klorida yang akan didirikan pada tahun 2022 yaitu 25.000 ton/tahun. Kapasitas produksi pabrik kalsium klorida yang akan didirikan yaitu 40% dari kebutuhan yang diproduksi yaitu sebesar 10.000 ton/tahun untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri. Sebagai pertimbangan kapasitas pabrik, dilihat juga kapasitas produksi pabrik kalsium klorida diseluruh dunia. Dengan pertimbangan ini kapasitas yang ditentukan setidaknya masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah berproduksi diseluruh dunia.

## 2. Deskripsi Proses

Perbandingan kelebihan dan kekurangan dari beberapa proses pembuatan kalsium klorida dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini :





**Tabel 3** Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan dari Beberapa Proses Pembuatan Kalsium Klorida

No.	Proses	Kelebihan	Kekurangan
1.	Pembuatan dari air asin secara alami	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proses pembuatan <math>\text{CaCl}_2</math> lebih sederhana, karena <math>\text{CaCl}</math> diambil langsung dari air laut.</li> <li>Konversi <math>\text{CaCl}_2</math> tergolong tinggi yaitu 94 – 95%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kemurnian <math>\text{CaCl}_2</math> yang dihasilkan lebih rendah yaitu dibawah 10%</li> <li>Gas bromida harus dihilangkan selama pemrosesan.</li> <li>Kebutuhan utilitas tergolong tinggi yaitu 82%.</li> </ul>
2.	Solvay (Pembuatan dari batu kapur dan natrium klorida dengan katalis amonium)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kebutuhan utilitas rendah tergolong rendah yaitu 70%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kalsium klorida (<math>\text{CaCl}_2</math>) diproduksi sebagai produk samping.</li> <li>Kemurnian <math>\text{CaCl}_2</math> yang dihasilkan rendah yaitu 10 – 15%.</li> <li>Konversi <math>\text{CaCl}_2</math> tergolong</li> </ul>

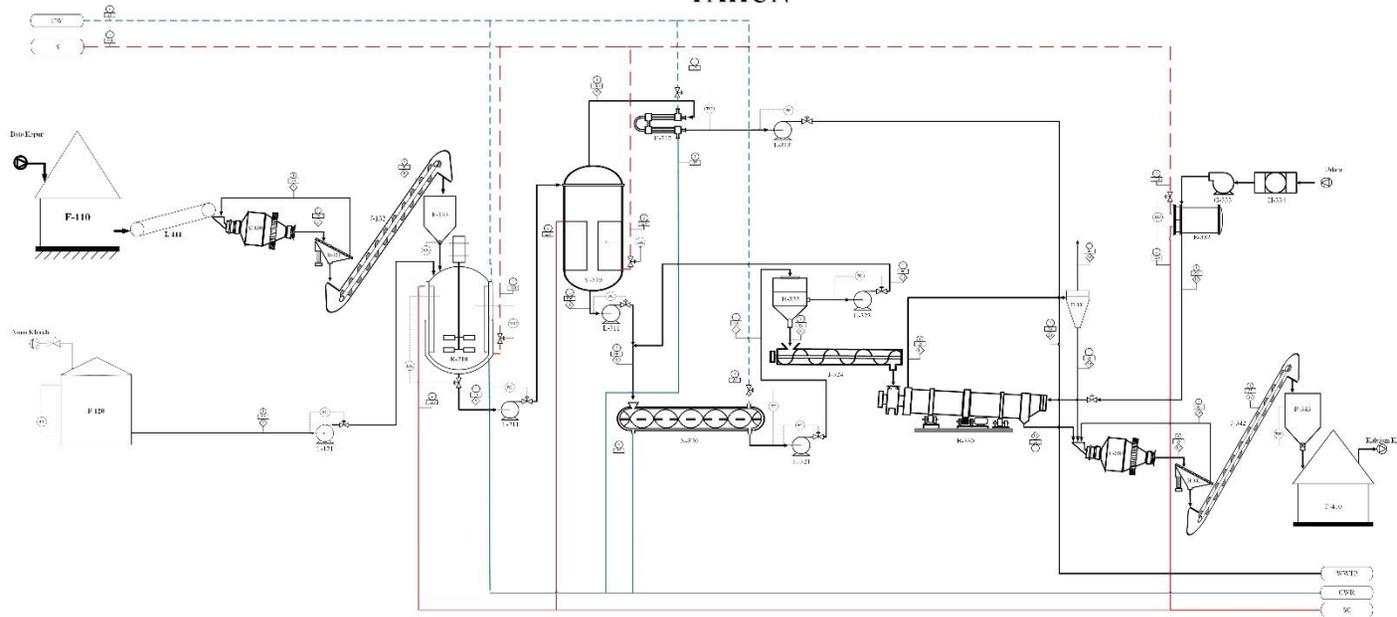
			rendah yaitu 55%.
3.	Netralisasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kemurnian <math>\text{CaCl}_2</math> relatif lebih tinggi yaitu mencapai 37%</li> <li>Kebutuhan utilitas tergolong rendah yaitu 60 – 80%.</li> <li>Konversi <math>\text{CaCl}_2</math> tinggi yaitu mencapai 96 - 99% .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terdapat senyawa <math>\text{Mg}(\text{OH})_2</math> dalam produk <math>\text{CaCl}_2</math>.</li> <li>Semakin tinggi konsentrasi <math>\text{HCl}</math> yang digunakan, semakin tinggi konsentrasi <math>\text{CaCl}_2</math> yang dihasilkan.</li> </ul>

Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari ketiga proses di atas, maka dalam pra rancangan pabrik ini, proses yang digunakan adalah proses pembuatan kalsium klorida dari batu kapur dan asam klorida. Pemilihan ini didasarkan pada kelebihan proses ini, jika dibandingkan dengan proses pemurnian air garam alami dan proses Solvay, yaitu :

1. Kebutuhan utilitas tergolong rendah yaitu 60 – 80%.
2. Kemurnian  $\text{CaCl}_2$  relatif lebih tinggi yaitu mencapai 37%.
3. Konversi  $\text{CaCl}_2$  tinggi yaitu mencapai 96 - 99%.



# PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM KLORIDA DARI BATU KAPUR DAN ASAM KLORIDA DENGAN PROSES NETRALISASI KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN



KETERANGAN			
Aliran Proses	Aliran Proses	Aliran Proses	Aliran Proses
S	Screen	◇	Nonner Aliran
CW	Cooling Water	□	Temperature (°C)
WWTP	Waste Water Treatment	○	Tekanan (atm)
SC	Steam Condensat	⊗	Bahan Bahan
CWR	Cooling Water Return	⊕	Produk
FC	Flow Indicator Control	LI	Level Indicator Control
TC	Temperature Control	PIC	Pressure Indicator Control
TK	Temperature Indicator Control	WC	Weight Control
LI	Level Indicator		

29	F-110	GUDANG KALSUM KLORIDA	1
28	F-140	HOPPER 2	1
27	J-342	BUCKET ELEVATOR 2	1
26	H-341	SCREEN 2	1
25	C-340	BALL MILL 2	1
24	H-334	FILTER UDARA	1
23	G-333	HOPPER	1
22	E-332	HEATER UDARA	1
21	H-331	CYCLONE	1
20	B-330	ROTARY DRYER	1
19	A-324	SCREEN CONDENSOR	1
18	L-323	POMPA CENTRIFUGE	1
17	H-322	CENTRIFUGE	1
16	L-321	POMPA CRYSTALLIZER	1
15	S-320	CRYSTALLIZER	1
14	L-313	POMPA COOLER	1
13	E-312	COOLER	1
12	L-311	POMPA EVAPORATOR	1
11	V-310	EVAPORATOR	1
10	L-311	POMPA REAKTOR	1
9	R-210	REAKTOR CSTR	1
8	F-113	HOPPER 1	1
7	J-112	BUCKET ELEVATOR 1	1
6	H-111	SCREEN 1	1
5	C-110	BALL MILL 1	1
4	L-121	POMPA TANGKI ASAM KLORIDA	1
3	F-120	TANGKI ASAM KLORIDA	1
2	L-111	BALL CONDENSATOR	1
1	F-110	GUDANG BATU KAPUR	1
NO	KODE	NAMA ALAT	JUMLAH

Diketahui Oleh :  
**HARI APRIVAN SAPUTRA** (R1D112035)

Dosen Pembimbing :  
 Dr. Iona Syamjah, S.T., M.T. (196906081997022002)

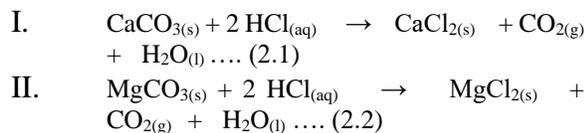
PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM KLORIDA DARI BATU KAPUR DAN ASAM KLORIDA DENGAN PROSES NETRALISASI DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

KOMPONEN	NERACA MASSA (KG/JAM)																	
	ARUS 1	ARUS 2	ARUS 3	ARUS 4	ARUS 5	ARUS 6	ARUS 7	ARUS 8	ARUS 9	ARUS 10	ARUS 11	ARUS 12	ARUS 13	ARUS 14	ARUS 15	ARUS 16	ARUS 17	ARUS 18
CaCO <sub>3</sub>	1245,1781	1245,1781	1245,1781	0	12,4518	12,4518	0	0	12,4518	11,2066	1,2451	11,1954	0,0112	0,0112	0	13,448	11,2066	2,2413
MgCO <sub>3</sub>	2,2608	2,2608	2,2608	0	0,0226	0,0226	0	0	0,0226	0,0203	0,0022	0,0203	0	0	0	0,024	0,0203	0,0041
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,2608	2,2608	2,2608	0	2,2608	2,2608	0	0	2,2608	2,0346	0,2260	2,0337	0,0020	0,0020	0	2,442	2,0347	0,4069
H <sub>2</sub> O	1,0048	1,0048	1,0048	1612,4486	1835,6246	642,4686	543,2210	1193,1560	642,4686	578,3317	64,2468	22,7241	555,4976	0	555,4976	27,269	22,7241	4,5448
HCl	0	0	0	907,9923	7,1347	7,1347	0	0	7,1347	6,4212	0,7134	6,4148	0,0064	0,0064	0	7,706	6,4213	1,2843
CaCl <sub>2</sub>	0	0	0	1366,9124	1366,9124	0	0	1366,9124	1230,2212	136,6912	1238,9910	1,2302	1,2300	0,0012	0,0012	1476,264	1230,2200	246,0440
MgCl <sub>2</sub>	0	0	0	2,5274	2,5274	0	0	2,5274	2,2746	0,2527	2,2724	0,0023	0,0023	0	2,730	2,2746	0,4549	
Total	1255,9758	1255,9795	1255,9795	2519,4509	3232,2094	2039,0534	543,2210	1193,1560	2039,0534	1835,1418	203,9053	1278,3935	556,7546	1,2557	555,4989	1535,5790	1279,6492	255,9298

Gambar 1 Process Flow Diagram

Deskripsi proses dalam proses pembuatan kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) dari batu kapur dan asam klorida yaitu sebagai berikut.

Batu kapur dimasukkan ke dalam *ball mill* untuk dihancurkan dengan ukuran produk yang dihasilkan 200 mesh. Batu kapur yang telah dihancurkan kemudian dimasukkan ke dalam Reaktor. Di dalam Reaktor, batu kapur diaduk dengan menambahkan larutan asam klorida (HCl) 36% dari tangki pelarutan HCl pada temperatur  $40^\circ\text{C}$  pada tekanan 1 atm dengan pengadukan terus menerus sehingga terjadi reaksi yang menghasilkan  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{CO}_2$ . Adapun reaksi yang terjadi di dalam Reaktor adalah sebagai berikut :



Keluaran dari reaktor asam kemudian diumpankan ke dalam evaporator. Larutan kalsium klorida yang telah dipekatkan dipompakan ke *crystallizer* untuk diperoleh kristal kalsium klorida. Setelah itu kristal  $\text{CaCl}_2$  yang dihasilkan diumpankan ke *centrifuge* untuk proses pemisahan *cake* dan filtrat. *Cake* berupa kristal kalsium klorida diumpankan ke *rotary dryer*. Pada *rotary dryer* terjadi pengeringan kristal dengan bantuan udara panas secara *counter-current* dari *blower* yang sudah dipanaskan dengan *heater*. Udara panas dan padatan terikut kemudian dipisahkan pada *cyclone*, dimana udara panas dibuang ke udara bebas. Produk  $\text{CaCl}_2$  yang dihasilkan diseragamkan ukurannya dengan menggunakan *screening*. Bahan yang tidak lolos dari *screening* dihancurkan dengan *ball mill* kemudian di *recycle* kembali ke *screening* dan diangkut ke dalam gudang penyimpanan  $\text{CaCl}_2$ .

### 3. Utilitas

Utilitas merupakan unit penunjang kelancaran suatu proses produksi pabrik. Oleh karena itu, unit-unit harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi suatu pabrik. Kebutuhan air total dari pabrik kalsium klorida adalah sebesar 1.391.558,5832 kg/jam. Total kebutuhan listrik dari pabrik adalah sebesar 4865,414 kW. Seluruh sumber listrik digunakan dari PLN, akan tetapi sebagai cadangan jika PLN mengalami pemadaman maka disiapkan lima buah generator pembangkit listrik. Kebutuhan total dari utilitas

yang diperlukan pada operasi pabrik kalsium klorida adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.** Kebutuhan Utilitas Pabrik Kalsium Klorida

Kebutuhan	Jumlah
Steam	67.181,7103 kg/jam
Cooling Water	1.320.924,4396 kg/jam
Air Proses	3.452,4333 kg/jam
Listrik	4865,414 kW
Bahan Bakar	758,6874 liter/jam

### 4. Analisis Ekonomi

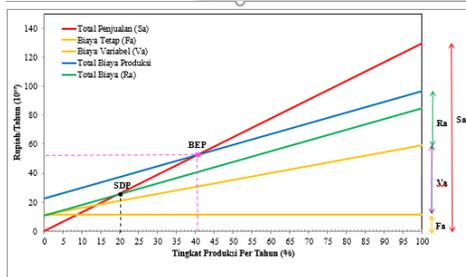
Analisa ekonomi dilakukan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancangkan menguntungkan atau tidak. Dari segi ekonomi, suatu pabrik dikatakan sehat jika dapat memenuhi kewajiban finansial ke dalam dan keluar serta dapat mendatangkan keuntungan yang layak bagi perusahaan dan pemiliknya. Kewajiban finansial ke dalam ini terdiri dari berbagai macam beban pembiayaan operasi seperti bahan baku, bahan penunjang peralatan, gaji/upah karyawan, penyediaan piutang dagang. Sedangkan kewajiban finansial keluar terutama terdiri dari pembayaran pinjaman bank serta bunganya.

**Tabel 5.** Analisis Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	17%	Min. 11%	Layak
POT	4,39 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	41%	40-60%	Layak
SDP	22%	20-40%	Layak

*Return On Investment* (ROI) adalah keuntungani yang dihasilkan dari investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time* (POT) adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. *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 saat dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expanse* (Fa) dibandingkan harus produksi. Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik kalsium klorida dapat dilihat pada Gambar 2.





**Grafik 2.** Grafik BEP dan SDP

Tetra. 2010. *Calcium chloride Production*.  
[www.tetrachemicalseurope.com/](http://www.tetrachemicalseurope.com/)  
 Diakses pada 20 Juli 2017.

## 5. Kesimpulan

Dari segi bahan baku, pemasaran dan lingkungan, lokasi pabrik Kalsium Klorida di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur cukup menguntungkan karena kemudahan akses dalam mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, transportasi dan ketersediaan utilitas. Dari analisis ekonomi diperoleh ROI sebesar 17%, POT selama 4,39 tahun, BEP senilai 41% dan SDP senilai 22%.

## Daftar Pustaka

- Aluchem INC. 2010. *Magnesium Hydroxide*.  
<http://www.aluchem.com/>  
 Diakses pada 28 Juli 2017.
- Anthoni, J. Floor. 2000. *The Chemical Composition of Seawater*.  
<http://www.seafriends.org.nz/>  
 Diakses pada 24 Juli 2017.
- Dow. 2001. *Calcium Chloride*.  
<http://www.ams.usda.gov/>  
 Diakses pada 20 Juli 2017.
- Greenwood. 1997. *Chemistry of the Elements*. edisi ke-2. Oxford : Butterworth Heinemann.
- ICIS PRICING. 2011. *Calcium Chloride*.  
<http://www.icispricing.com/>  
 Diakses pada 20 Juli 2017.
- Kirk, R.E. & D.F. Othmer. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York : John Wiley and Sons.
- Patnaik, Pradyot. 2003. *Handbook of Inorganic Chemical Compounds*. New York : The Mc Graw Hill Companies, Inc.
- Perry, Robert H & Green, Don W. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. New York : The McGraw Hill Companies, Inc.
- Russell. 2007. *Apparatus and Methods for Producing Calcium Chloride and Products Made Therefrom*.  
<http://www.patentsonline.com/>  
 Diakses pada 28 Juli 2017.

