



PRARANCANGAN PABRIK PRECIPITATED SILICA DARI ASAM SULFAT DAN SODIUM SILIKAT MENGGUNAKAN PROSES ASIDIFIKASI LARUTAN ALKALI SILIKAT DENGAN KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN

Abdul Malik Karim Amruulah¹, Ditta Kharisma Yolanda Putri¹, Ferdy Septian Hidayat¹, Helda Wika Amini¹, Istiqomah Rahmawati¹, Meta Fitri Rizkiana¹, Nor Elisah¹

¹Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37, Jember

*Corresponding Author: malikkarim070@gmail.com

Abstrak

Pabrik precipitated silica dengan menggunakan bahan baku berupa Asam sulfat dan Sodium silikat. Pabrik precipitated silica didirikan dengan kapasitas 38.000 ton/tahun dengan masa operasi selama 330 hari. Bahan baku terdiri dari asam sulfat sebesar 2636,82 kg/jam dan sodium silikat sebesar 6512,09 kg/jam. Precipitated silica menggunakan proses reaksi asidifikasi, Proses diawali dengan pengenceran asam sulfat dan dilakukan proses netralisasi asam sulfat dengan larutan sodium silikat. Proses ini menggunakan reaktor CSTR dengan produk yang dihasilkan memiliki ukuran partikel yang seragam. Proses ini dilakukan pengadukan agar dapat menghindari produk yang berbentuk gel. Reaktor beroperasi secara eksotermik. Pada reaktor akan dilakukan pereaksian antara kedua bahan dengan kondisi operasi yakni pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Proses reaksi kedua bahan ialah reaksi eksotermis sehingga diperlukan adanya jaket pendingin pada reaktor untuk menjaga tidak terjadinya kenaikan suhu yang diakibatkan oleh reaksi kedua bahan dan menjaga suhu tetap pada kondisi operasi optimal. Proses pemurnian produk sebagai filtrasi dan pencucian untuk mengurangi kadar sodium sulfat dimana endapan precipitated silica akan tertahan dan filtratnya yakni sodium sulfat. Endapan dibawa menuju dryer yang berfungsi mengurangi kadar air pada endapan dengan kadar maksimal 10%, kemudian endapan yang sudah kering dibawa oleh cooling conveyor menuju ball mill. Uap dan sisa partikel padatan yang keluar dari dryer akan terbawa menuju siklon untuk disisihkan partikel padatan yang ikut terbuang bersama uap, nantinya padatan pada siklon akan dikembalikan lagi menuju cooling conveyor. Pada conveyor endapan akan didinginkan. Ball mill berfungsi untuk menghancurkan ukuran produk menjadi 325 mesh. Pabrik precipitated silica direncanakan akan didirikan di daerah Cikarang kabupaten Bekasi, Jawa Barat dengan luas wilayah sebesar 2,8 hektar. Jumlah karyawan yang dibutuhkan sebanyak 119 orang. Hasil analisis ekonomi menunjukkan Pay out time (POT) sebesar 2,8 tahun. ROR yang didapatkan 27% dan BEP didapatkan sebesar 46% Berdasarkan evaluasi ekonomi tersebut pabrik precipitated dengan kapasitas produksi 38.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Kata kunci: precipitate silica, asidifikasi larutan alkali, reaktor CSTR

1. Pendahuluan

Industri di Indonesia memiliki perkembangan yang sangat pesat, salah satu jenis produksi yang dibutuhkan adalah *precipitated silica*. Menurut data Badan Pusat Statistik (Badan Pusat Statistika, 2023) untuk konsumsi *Precipitated silica* dalam negeri setiap tahunnya sebesar 103,759,49. *precipitated*

silica digunakan dalam berbagai industri, seperti dalam pembuatan karet sebagai penguat, dalam pasta gigi dan kosmetik sebagai bahan pematat atau anti caking, dan dalam industri cat sebagai pengental dan peningkat adsorpsi. (Muljani et al., 2019).

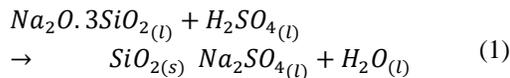




Precipitated silica adalah senyawa silikat atau serbuk silika dengan rumus molekul SiO_2 , yang merupakan senyawa oksida non logam. Itu padat, tidak memiliki rasa, berwarna putih, dan tidak dapat larut dengan air atau asam kecuali asam fluoride. (Marhamah & Nur, 2023).

Pendirian pabrik *precipitated silica* akan memberikan dampak yang baik, seperti memenuhi permintaan, mengurangi ketergantungan impor, menghemat devisa negara, membuka lapangan kerja baru, sehingga mengurangi pengangguran dan kemiskinan. Selain itu juga dapat menyediakan bahan baku bagi industri yang membutuhkan silika *precipitasi* sebagai bahan baku produksinya.

Berikut reaksi pembentukan *precipitated silica*



Pabrik direncanakan didirikan pada tahun 2027 yang berlokasi di cikarang kabupaten bekasi. perencanaan pabrik *precipitated silica* memiliki keuntungan dari segi ekonomi karena dapat menciptakan lapangan kerja. dan dapat mengurangi jumlah impor di Indonesia

Tabel 1 Kebutuhan Impor *precipitated silica* di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2017	39.934,52	-
2	2018	43.358,69	8,57
3	2019	51.807,24	19,49
4	2020	57.267,13	10,54
5	2021	64.286,30	12,26
Pertumbuhan Rata-rata			12,71

Tabel 2 Ekspor *precipitated silica* dari Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2017	5.149,14	-
2	2018	4.552,38	-11,59
3	2019	5.305,97	16,55
4	2020	7.430,09	40,03
5	2021	8.575,91	15,42
Pertumbuhan Rata-rata			15,10

Kebutuhan *Precipitated silica* di Indonesia ditentukan dengan analisis ekspor, impor, produksi, perkiraan nilai peredaran suatu produk pada tahun

berdirinya pabrik, dan konsumsi pasar per tahun sehingga diperoleh jumlah kapasitas pabrik. Dapat dituliskan dalam perumusan pada Persamaan 2.1 berikut:

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \quad (2)$$

Keterangan:

m_1 : Nilai impor

m_2 : Produksi pabrik di dalam negeri

m_3 : Kapasitas pabrik baru

m_4 : Jumlah ekspor

m_5 : Konsumsi dalam negeri

Beberapa data yang digunakan dalam perhitungan penentuan kapasitas pabrik yakni :

Berdasarkan data ekspor dan impor, estimasi kebutuhan pada tahun 2027 dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$m = P (1+i)^n \quad (3)$$

menggunakan persamaan 3, diperoleh data masing-masing untuk perkiraan impor tahun 2027 sebesar 131.820,37 ton/tahun; perkiraan ekspor tahun 2027 sebesar 19.945,04 Ton/tahun; dan menggunakan persamaan 2 kebutuhan pada tahun 2027 didapatkan sebesar 75.765,41 ton/tahun. Sehingga kapasitas direncanakan 50% dari hasil perhitungan kebutuhan teoritis yakni 38.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

Terdapat beberapa jenis proses dalam pembuatan *precipitated silica*. Tabel 3 menunjukkan perbandingan jenis proses:

Tabel 3 Perbandingan Proses

Parameter	Proses Kering (Sani, 2022)	Proses Hidrolisis SiCl_4 (Schonfeld, n.d.)	Proses Asidifikasi (Marhamah & Nur, 2023)
Bahan	SiCl_4	SiCl_4	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_3$
Katalis	-	Flouride	-
Reaktor	Flame	Batch	CSTR
Suhu	1800°C	60°C	90°C
Tekanan	1-5 atm	1 atm	1 atm
Konversi	85%	90%	99,4%
Produk	HCl	HCl	Na_2SO_4
Sampling			





Berdasarkan Tabel 3 disimpulkan bahwa jenis proses yang dipilih untuk pembuatan *precipitated silica* adalah proses asidifikasi larutan alkali. Hal tersebut dikarenakan kondisi operasi proses yang lebih aman dan mudah, konversi produk yang tinggi dan proses pemisahan yang lebih muda dibandingkan dengan proses yang lain.

Proses pembuatan *precipitated silica* terdiri dari beberapa tahap yaitu:

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Asam sulfat disimpan dalam tangki penyimpanan (F-110) dan Sodium silikat disimpan dalam tangki penyimpanan (F-130). Asam sulfat diencerkan dalam *mixer* (M-120) untuk menurunkan konsentrasi yang semula 98% menjadi 5%. Asam sulfat dan Sodium silikat dinaikan suhu hingga 90°C sesuai dengan kondisi operasi *reactor* dengan bantuan *heater* (E-122) dan *heater* (E-132).

b. Tahap Proses

Asam sulfat dan Sodium silikat yang sudah dipanaskan dialirkan kedalam *reactor CSTR* (R-210). Kondisi operasi pada *reactor* yaitu suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Proses reaksi antara kedua bahan tersebut merupakan reaksi eksotermik, sehingga diperlukan jaket pendingin di dalam reaktor untuk mencegah kenaikan suhu akibat reaksi kedua bahan tersebut dan menjaga suhu pada kondisi operasi yang optimal. Reaktor juga menggunakan pengaduk yang bertujuan agar mempercepat terjadinya reaksi yang terjadi antara kedua bahan

Produk keluaran dari reaktor (R-210) dialirkan menuju cooler (E-311) untuk didinginkan hingga suhu 50°C dan dibawa menuju pemurnian produk..

c. Tahap Pemurnian

Produk dialirkan menuju *thickener* (J-310) untuk mengurangi jumlah liquid yang terkandung pada produk. Pengurangan liquid ini menghasilkan endapan yang dibawa oleh *conveyor* (J-312) menuju *Rotary drum vacum filter* (H-320) untuk filtrasi dan pencucian dengan tujuan mengurangi kadar sodium sulfat dimana endapan *precipitated silica* akan tertahan dan filtratnya yakni sodium sulfat akan alirkan menuju *waste water treatment process* untuk diolah lebih lanjut.

Endapan dibawa menuju *dryer* (B-330) untuk mengurangi kadar air pada endapan dengan kadar maksimal 10%. Endapan yang sudah kering dibawa *cooling conveyor* (H-331) untuk dibawa menuju *ball mill* sembari didinginkan. Uap dan sisa partikel padatan yang keluar dari *dryer* akan terbawa menuju *cyclone* (B-340) untuk disisihkan partikel padatan yang ikut terbuang bersama uap. Pada *cooling conveyor* (H-331) *Ball mill* (C-350) berfungsi untuk menghancurkan ukuran produk menjadi 325 mesh. Produk yang sudah berukuran sesuai akan dibawa *conveyor* (H-351) menuju *vibrating screen* (X-360) untuk diayak guna memisahkan produk yang sesuai dan tidak dengan ukuran. Produk yang tidak sesuai akan kembali dibawa kembali menuju *ball mill*, sedangkan produk yang sudah sesuai akan menuju tangki penyimpanan produk atau *Silo* (F-370).

Diagram alir proses prarancangan pabrik *Precipitated silica* dapat dilihat pada **Gambar 1**.

3. Utilitas

Utilitas merupakan komponen terpenting dalam kelancaran proses pengolahan produksi pabrik. Utilitas pada Pabrik *precipitated silica* ini memiliki beberapa unit yang digunakan untuk membantu proses produksi agar berjalan sesuai dengan yang diinginkan. unit utilitas pabrik *precipitated silica* diantaranya:

- Unit Pengolahan Air
- Unit Pengadaan *Steam*
- Unit Pengadaan Tenaga Listrik
- Unit Bahan Bakar
- Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan air pada pabrik *precipitated silica* yang dibutuhkan yaitu sebesar 9,8906 m³/hari dengan menggunakan faktor keamanan 20%, unit *steam* sebesar 4569,91 lb/jam dan unit pengadaan listrik sebesar 864 kW/jam, digunakan 20% faktor keamanan b sehingga total kebutuhan listrik menjadi 1037 kW/jam. Bahan bakar yang digunakan yaitu jenis diesel oil (solar) yang digunakan untuk memutar generator set untukn kebutuhan listrik sekunder, massa diesel oil yang dibutuhkan sebesar 230,2883 lb/jam.

Limbah yang terkandung dalam produksi *precipitated silica* merupakan limbah cair. Limbah cair dari unit regenerasi dan pengolahan, air limbah sanitasi,





limbah proses produksi i. Pengolahan limbah pada pabrik *precipitated silica* sesuai kebijakan pengelolaan limbah yang berkelanjutan dengan bekerja sama langsung dengan pihak ketiga yang telah terverifikasi dan memiliki izin resmi dari pemerintah untuk menangani dan mengelola limbah sesuai dengan peraturan yang berlaku. Proses. semua limbah hasil produksi pada pabrik *precipitated silica* tidak diolah sendiri, melainkan langsung diserahkan kepada pihak ketiga tersebut. Penyerahan limbah pada pihak ketiga dipakai untuk memastikan bahwa pengelolaan limbah dilakukan dengan cara yang paling efisien dan ramah lingkungan, dan memenuhi untuk standar keselamatan dan lingkungan yang ketat. Pihak ketiga yang mengolah dan memproses limbah yang dihasilkan dari pabrik *precipitated silica* yaitu Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang berada di daerah Cikarang, kabupaten Bekasi. Mendeskripsikan proses dan unit penunjang operasi pabrik, meliputi jumlah kebutuhan steam, air, bahan bakar dan listrik serta sumbernya.

4. Analisis Ekonomi

Evaluasi ekonomi digunakan untuk menentukan layak atau tidaknya mendirikan pabrik. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk mengetahui seberapa besar keuntungan yang dapat diperoleh dari suatu kapasitas produksi tertentu. Tabel 4 menunjukkan hasil evaluasi ekonomi pabrik *precipitated silica* :

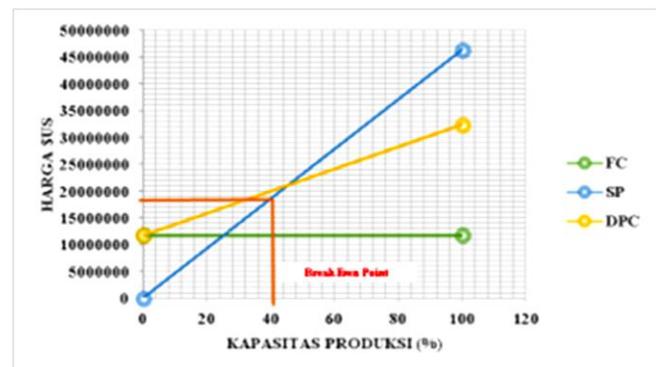
Tabel 4. Evaluasi Ekonomi Pabrik *Precipitated Silica*

Parameter	Hasil	Kesimpulan
ACF	37%	Layak
POT	2,87 Tahun	Layak
NOPTLP	Rp. 1,8 T	Layak
TCS	Rp. 1,55 T	Layak
ROR	27%	Layak
BEP	46%	Layak

Kelayakan pendirian pabrik didasarkan pada hasil evaluasi ekonomi yang dilakukan. Parameter kelayakan pabrik dapat dilihat dari **Tabel 4**. Hasil evaluasi ekonomi pada pabrik ini didapatkan :

- a. ACS (*Annual Cash Flow*): ACS dinyatakan layak jika lebih besar dari bunga bank. Pada

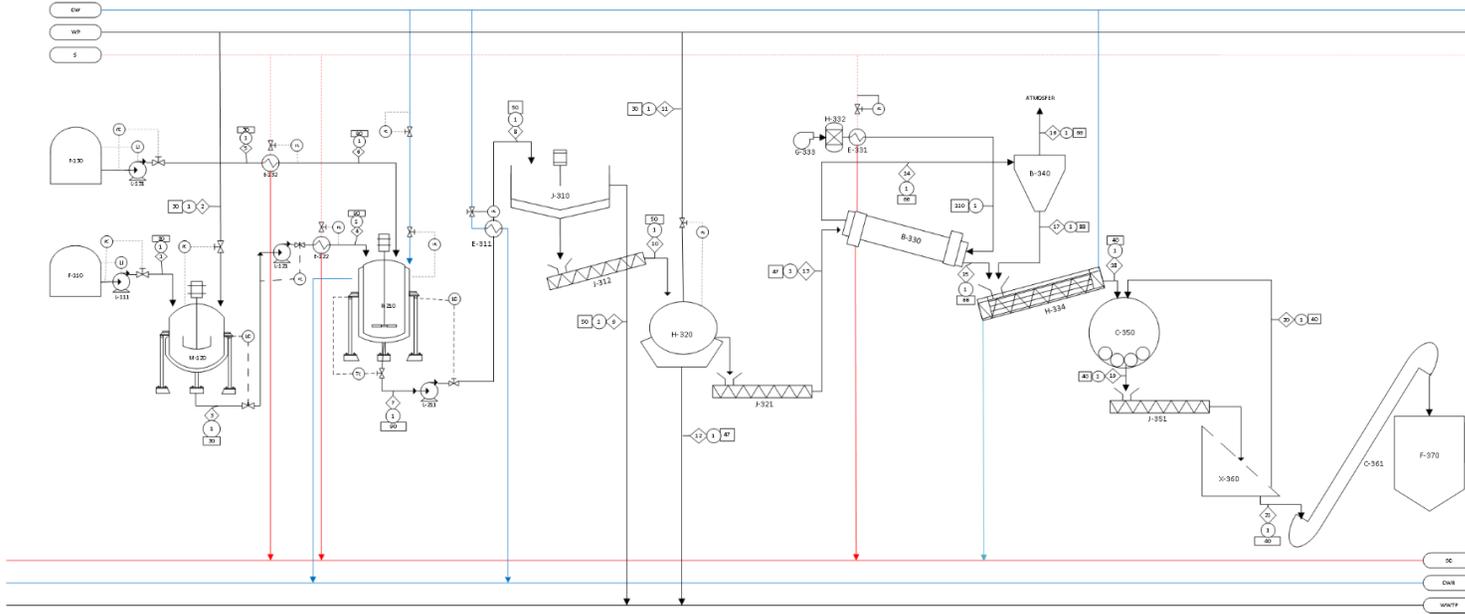
- b. POT (*Pay Our Time*): POT dinyatakan layak menurut Kusnarjo, 2010 jika tidak lebih dari setengah umur pabrik. Pada pabrik ini didapatkan umur pabrik 10 tahun dan POT 2,87 Tahun dimana tidak lebih dari setengah umur pabrik.
- c. NOPTLP (*Net Profit Over Total Life of Project*): NOPTLP dinyatakan layak menurut Timmerhaus, 2023 jika lebih dari nilai TCI + Bunga Bank. Pada pabrik ini didapatkan NPOTLP sebesar 1,8T yang lebih dari TCI + Bunga Bank sebesar .713M
- d. TCS (*Total Capital Sink*): TCS dinyatakan layak menurut Timmerhaus, 2023 jika TCS lebih dari nilai TCI. Pada pabrik ini didapatkan TCS sebesar 1,55 T yang lebih dari TCI sebesar .614M
- e. ROR (*Return of Investment*): ROR dinyatakan layak menurut Kusnarjo, 2010 jika ROR lebih dari nilai Bunga Bank. Pada pabrik ini didapatkan ROR 27% yang lebih dari Bunga Bank 6,25%
- f. BEP (*Break Even Point*) : BEP dinyatakan layak menurut Kusnarjo, 2010 jika nilai BEP berkisar antara 40% - 50%. Pada pabrik ini didapatkan nilai BEP sebesar 46% dan BEP grafik didapatkan 46% dari kedua data dapat divalidasi bahwa nilai BEP sudah sesuai.



Gambar 2. BEP dan SDP Pabrik *Precipitated Silica* Kapasitas 38.000 Ton/Tahun



PRARANCANGAN PABRIK PRECIPITATED SILICA DARI ASAM SULFAT DAN SODIUM SILIKAT MENGGUNAKAN PROSES ASIDIFIKASI LARUTAN ALKALI SILIKAT DENGAN KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN



Kode Alat	Keterangan
F-110	Tangki asam sulfat
L-111	Pompa
M-120	Tangki Miring
L-121	Pompa
E-122	Heat Exchanger
F-130	Tangki Sodium Silikat
L-131	Pompa
E-132	Heat Exchanger
R-210	Tangki CSTR
L-211	Pompa
E-311	Heat Exchanger
F-310	Flasker
J-312	Conveyor
H-320	Rotary Drum vacuum filter
J-321	Conveyor
B-330	Deyer
J-334	Cooling Conveyor
G-333	Penstidih Gas
H-332	Filter
E-331	Heat Exchanger
B-340	silo
C-350	Crusher Ball Mill
H-351	Conveyor
X-360	Vibrating Screen
C-361	Bucket Elevator
F-370	Silo

Simbol	Keterangan
LI	Level Indikator
LC	Level Control
TC	Temperature Control
FC	Flow Control
○	Tekanan
□	Suba
◇	Arus
—	Pipering
- - -	Electric Connection
S	Steam
SC	Steam Condensate
CW	Cooling water
CWR	Cooling water Return
WWTP	Waste Water Treatment Process
WP	Water Process

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
$Na_2O_2 \cdot 2SiO_2$					2545,35	2545,35	63,00	63,00	12,16	50,84		50,84									
H_2SO_4	119,93		119,93	119,93			23,75	23,75	4,58	4,58	19,16										
SiO_2							4797,98	4797,98		4797,98		4797,98	479,80	4318,18	47,98	431,82	4750	4987,50	237,50	4750,00	
Na_2SO_4							3440,98	3440,98	3440,98	2776,68		2776,68									
H_2O	2,45	2276,13	2278,58	2278,58	3818,03	3818,03	436,18	436,18	84,21	351,97	1559,33	1477,13	474,17	4,85	43,62	0,48	4,36	47,98	50,38	2,40	47,98
Udara Panas													17591,32	27395,8		27395,8					
Uap Air														425,71		425,71					
Temperature	30	30	38	90	30	90	90	45		50	30	47	47	66	66			88	40		
Pressure	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1			1	1		
Total Entalpy	908,242	48370	133583	640347,85	176808,23	2759192,75	1881266,55	729631,86		691054,43	33987,38	236022,660	489019,1491	87236,72	637372,16			119545,45	419405,44		

PRARANCANGAN PABRIK PRECIPITATED SILICA DARI ASAM SULFAT DAN SODIUM SILIKAT MENGGUNAKAN PROSES ASIDIFIKASI LARUTAN ALKALI SILIKAT DENGAN KAPASITAS 38.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

Abdul Malik Karim Amrullah	201910401068
Nur Elisah	201910401020
Ferdy Septian Hidayat	201910401058

Dosen Pembimbing Utama :
 Ir. Meta Fitri Rizkiana ST., M.Sc

Dosen Pembimbing Anggota :
 Ir. Istiqonah Rahmawati S.Si, M.Si

Gambar 1. Flow Diagram Process

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa, Pabrik *Precipitated Silica* memiliki kapasitas produksi 38.000 ton/tahun. Proses produksi menggunakan proses Asidifikasi Larutan Alkali. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT). Pabrik *Precipitated Silica* dari Sodium Silikat dan Asam Sulfat akan direncanakan berdiri pada tahun 2027 di Kawasan Cikarang, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Pabrik beroperasi secara terus menerus 24 jam perhari dan 330 hari setahun yang membutuhkan karyawan sebanyak 119 orang. Evaluasi ekonomi yang didapatkan maka waktu pengembalian modal (POT) selama 2,8 tahun dan BEP sebesar 46%. Berdasarkan evaluasi ekonomi yang didapatkan bahwa Pabrik *Precipitated Silica* dengan kapasitas 38.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistika, 2023, "Data Ekspor Impor Precipitated Silica".
- Brownell, L. E. & Young, E. H., 1959, "Process Equipment Design", John Wiley and Sons.
- Geankoplis, C. J., 2003, "Transport Processes and Separation Process Principles: Includes Unit Operations", Prentice Hall Professional Technical Reference.
- Himmelblau, D. M., 1989, "Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering", Fifth Edition, Singapore.
- Kern, D. Q., 1950, "Process Heat Transfer", International Student Edition, McGraw-Hill, New York.
- McCabe, W. L., Smith, J. C. & Harriot, P., 1993, "Unit Operations of Chemical Engineering", 5th Edition, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Kusnarjo, 2010, "Perancangan Pabrik Kimia", ITS Press.
- Marhamah & Nur, R., 2023, "Prarancangan Pabrik Precipitated Silica dari Asam Sulfat dan Sodium Silikat Menggunakan Proses Asidifikasi Larutan Alkali Silikat dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun", 2(2).
- Muljani, S., Dewati, R. & Sumada, K., 2019, "Precipitated Silica by Precipitation Process of The Sodium Silicate Solution with Carbon Dioxide Gas (CO₂) on Fixed Bed Column", 2018(2018), 231–236, <https://doi.org/10.11594/nstp.2019.0230>.
- Sani, A. Y., 2022, "Desain Proyek Pembuatan Precipitated Silica dengan Proses Asidifikasi Sodium Silikat Kapasitas 35.000 Ton/Tahun", www.aging-us.com.
- Schonfeld, B., n.d., "Process for the Preparation of Precipitated Silica", 19.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D. & West, R. E., 2003, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", McGraw-Hill Chemical Engineering Series, McGraw-Hill Education.
- Perry, R. H. & Green, D., 1978, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 8th Edition.
- Smith, J. M. & Van Ness, H. C., 1996, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 5th Edition.
- Timmerhaus, K. D., 2003, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", McGraw-Hill.
- Ulrich, G. D. & Wiley, J., 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics".
- Walas, S. M., 1990, "Chemical Process Equipment", British Library Cataloguing in Publication.
- Yaws, C. L., 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw-Hill.

