

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM SILIKAT PENTAHIDRAT
($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) DARI SODIUM HIDROKSIDA (NaOH) DAN SILIKON
DIOKSIDA (SiO_2) KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN
DENGAN TUGAS KHUSUS REAKTOR (RE201)**

Oleh
AGUNG KHAERU ZAMAN
(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Lampung



JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG

2023

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM SILIKAT PENTAHIDRAT
($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) DARI SODIUM HIDROKSIDA (NaOH) DAN SILIKON
DIOKSIDA (SiO_2) KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN
DENGAN TUGAS KHUSUS REAKTOR (RE-201)**

Oleh
AGUNG KHAERU ZAMAN
(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik Universitas Lampung



JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG

2023

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK SODIUM SILIKAT PENTAHIDRAT ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) DARI SODIUM HIDROKSIDA (NaOH) DAN SILIKON DIOKSIDA (SiO_2) KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN DENGAN TUGAS KHUSUS REAKTOR (RE-201)

Oleh
AGUNG KHAERU ZAMAN

Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) berbahan baku Sodium Hidroksida (NaOH) dan Silikon Dioksida (SiO_2) direncanakan didirikan di Cilegon, Banten. Pendirian pabrik berdasarkan atas pertimbangan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja yang mudah didapatkan dan kondisi lingkungan.

Pabrik direncanakan memproduksi Sodium Silikat Pentahidrat sebanyak 25.000 ton/tahun, dengan waktu operasi 24 jam/hari, 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan Silikon Dioksida adalah sebanyak 958,252 kg/jam dan Sodium Hidroksida sebanyak 1268,471 kg/jam.

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik terdiri dari unit pengadaan air, pengadaan *hot oil*, pengadaan listrik, pengadaan udara *instrument*, dan pengadaan *refrigerant*.

Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) menggunakan struktur organisasi *line* dan *staff* dengan jumlah karyawan sebanyak 136 orang. Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	=	Rp. 422.505.703.448,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	=	Rp. 74.559.830.020,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	=	Rp. 497.065.533.468,-
<i>Breakeven Point</i>	(BEP)	=	52%
<i>Shutdown Point</i>	(SDP)	=	25%
<i>Pay Out Time</i>	(POT)	=	3,47 tahun
<i>Return on Investment</i>	(ROI)	=	15,97%
<i>Internal Rate of Return</i>	(IRR)	=	23,22%

Mempertimbangkan paparan di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik Sodium Silikat Pentahidrat ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif baik.

ABSTRACT

PRE-DESIGN OF SODIUM SILICATE PENTAHYDRATE ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) PLANT FROM SODIUM HYDROXIDE (NaOH) AND SILICON DIOXIDE (SiO_2) CAPACITY 25,000 TON/YEAR WITH SPECIAL TASK REACTOR (RE-201)

By
AGUNG KHAERU ZAMAN

A plant of Sodium Silicate Pentahydrate ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) made of raw Sodium Hydroxide (NaOH) and Silicon Dioxide (SiO_2) is planned to be established in Cilegon, Banten. The establishment of a plant is based on consideration of availability of raw materials, adequate means of transport, readily available labour and environmental conditions.

The plant is planned to produce 25,000 tons of Sodium Silicate Pentahydrate per year, with 24 hours a day, 330 days a year. The raw material used was Silicon Dioxide at 958,252 kg/hour and Sodium Hydroxide at 1268,471 kg/hour.

Plant utility supplies consist of water supply units, hot oil supply, electricity supply, instrument air supply, and refrigerant supply.

The form of the company is a Limited Company (PT) using the organizational structure of the line and staff with the number of employees as many as 136 people.

From economic analysis obtained:

Fixed Capital Investment (FCI)	=	Rp. 422.505.703.448,-
Working Capital Investment (WCI)	=	Rp. 74.559.830.020,-
Total Capital Investment (TCI)	=	Rp. 497.065.533.468,-
Breakeven Point (BEP)	=	52%
Shutdown Point (SDP)	=	25%
Pay Out Time (POT)	=	3,47 year
Return on Investment (ROI)	=	15,97%
Internal Rate of Return (IRR)	=	23,22%

Considering the summary above, it is appropriate for the establishment of this Sodium Silicate Pentahydrate plant to be studied further, as it is a profitable plant from the economic side and has a relatively good prospect.

Judul Skripsi

**: PRARANCANGAN PABRIK SODIUM
SILIKAT PENTAHIDRAT ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
DARI SODIUM HIDROKSIDA (NaOH) DAN
SILIKON DIOKSIDA (SiO_2) KAPASITAS
25.000 TON/TAHUN DENGAN TUGAS
KHUSUS REAKTOR (RE-201)**

Nama Mahasiswa

: **Agung Khaeru Zaman**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1715041045

Program Studi

: Teknik Kimia

Fakultas

: Teknik





Dr. Lillis Hermida, S.T., M.Sc.
NIP. 196902081997032001



Ir. Azhar, M.T.
NIP. 196604011995011001

2. Ketua Jurusan



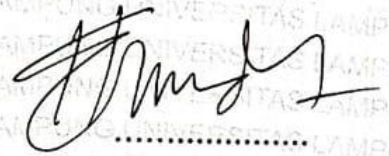
Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.



Sekretaris

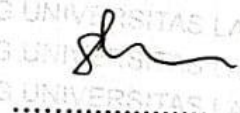
: Ir. Azhar, M.T.



Penguji

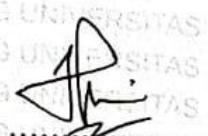
Bukan Pembimbing I

: Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T.



Bukan Pembimbing II

: Muhammad Haviz, S.T., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian/Skripsi : 19 Desember 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 19 Desember 2023



Agung Khaeru Zaman

NPM. 1715041045

SANWACANA

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia, kekuatan juga kesabaran sehingga Tugas Akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dari Sodium Hidroksida (NaOH) Dan Silikon Dioksida (SiO_2) dengan Kapasitas 25.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan.

Tugas Akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Laporan Tugas Akhir yang diakui sebagai akhir cerita dari perkuliahan ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis baik secara moril dan non-moril selama penulis masih mengenyam bangku perkuliahan sampai berada di akhir perjuangan untuk meraih gelar Sarjana Teknik Kimia :

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, atas kesabaran membimbing, memberi banyak masukan serta wawasan selama proses pengerjaan tugas akhir
4. Bapak Ir. Azhar, M.T., selaku Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah mengajarkan pola pikir kritis serta ilmu dan wawasan yang telah diberikan kepada saya, semoga ilmu yang diberikan dapat berguna suatu hari nanti.
5. Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I Tugas Akhir, atas saran, kritik dan ilmu yang membangun untuk memperbaiki tugas akhir saya.
6. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II Tugas Akhir, atas saran, kritik serta atas ilmu yang membangun untuk memperbaiki tugas akhir saya..
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Joni Agustian, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi dan semangat selama kuliah.
8. Seluruh Dosen dan Staff di Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
9. Kedua orang tua, saudara, serta keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan moral dan material kepada saya selama menjalani perkuliahan sehingga saya bisa menjadi sarjana.
10. Levi Andreas *partner* kerja praktek dan juga tugas akhir sangat berterima kasih sudah mau berjuang bersama menyelesaikan tugas akhir penentu kelulusan ini.

11. Keluarga Besar Teknik Kimia Angkatan 2017 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang, telah memberikan dukungan dan meringkankan selama menjalankan perkuliahan dan organisasi, serta cerita selama kurang dari 7 tahun ini. Jangan mudah menyerah untuk menggapai sarjana teknik kimia, doa saya akan selalu menyertai langkah kita dalam meraih kesuksesan.
12. Anak-anak MABESHOD yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terutama untuk si bungsu didi wardoyo, terimakasih untuk waktu, cerita dan kenangan yang sudah banyak mengukir cerita selama masa perkuliahaan dengan segala canda tawa dan kebocilan yang selalu membuat tertawa.
13. Putri Nurlita Dewi yang telah membantu dan menyemangati penulis selama masa perkuliahan hingga sekarang.
14. Adik-adik mahasiswa teknik kimia yang telah banyak membantu penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
15. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan sampai akhirnya dapat mendapatkan gelar Sarjana Teknik.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, Penulis sebagai manusia biasa menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang dikarenakan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Besarharapan penulis untuk kritik dan saran dari para pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Bandarlampung, 19 Desember 2023

Agung Khaeru Zaman

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	vi
SANWACANA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kegunaan Produk	2
1.3 Analisis Pasar	3
1.4 Kapasitas Perancangan	6
1.5 Tempat dan Lokasi Pabrik.....	7
1.5.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	7
1.5.2 Pemasaran Produk dan Transportasi.....	7
1.5.3 Utilitas.....	8
1.5.4 Ketersediaan Tenaga Kerja.....	8
1.5.5 Keadaan Lingkungan Masyarakat	8
BAB II PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES	9
2.1 Sejarah	9
2.2 Pemilihan Proses	10
2.3 Tinjauan Termodinamika	10
2.4 Tinjauan Ekonomi	12
2.5 Uraian Proses.....	13
BAB III SPESIFIKASI BAHAN	15
3.1 Sifat-sifat Bahan Baku.....	15
3.1.1 Sodium Hidroksida (NaOH)	15

3.1.2 Silikon Dioksida (SiO ₂)	16
3.2 Produk	17
3.2.1 Sodium Silikat Pentahidrat (Na ₂ SiO ₃ .5H ₂ O).....	17
3.2.2. Air	18
BAB IV NERACA MASSA DAN PANAS	19
4.1 Neraca Massa	19
4.1.1 Tangki Pelarutan (TP-101)	20
4.1.2 <i>Hopper Feeder Pasir Silika</i> (HF-102B)	20
4.1.3 Reaktor (RE-201).....	21
4.1.4 <i>Rotary Drum Screener</i> (RDS-301)	21
4.1.5 <i>Evaporator</i> (EV-301).....	22
4.1.6 <i>Crystallizer</i> (CR-301)	22
4.1.7 <i>Rotary Drum Filter</i> (RDF-301)	22
4.2 Neraca Panas	23
4.2.1 Tangki Pelarutan (TP-101)	25
4.2.2 Reaktor (RE-201).....	25
4.2.3 <i>Rotary Drum Screener</i> (RDS-301)	26
4.2.4 <i>Evaporator</i> (EV-301).....	26
4.2.5 <i>Crystallizer</i> (CR-301)	26
4.2.6 <i>Rotary Drum Filter</i> (RDF-301)	26
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	27
5.1 Spesifikasi Alat Unit Proses	27
5.1.1 <i>Screw Conveyor I</i> (SC-101A).....	27
5.1.2 <i>Bucket Elevator I</i> (BE-101A)	27
5.1.3 <i>Hopper Feeder I</i> (HF-101A).....	28
5.1.4 <i>Solid Storage I</i> (SS-101)	28
5.1.5 <i>Screw Conveyor II</i> (SC-101B).....	29
5.1.6 <i>Bucket Elevator II</i> (BE-101B)	29
5.1.7 <i>Hopper Feeder II</i> (HF-101B)	30
5.1.8 <i>Screw Conveyor III</i> (SC-102A)	31
5.1.9 <i>Bucket Elevator III</i> (BE-102A).....	31
5.1.10 <i>Hopper Feeder III</i> (HF-102A).....	32

5.1.11 <i>Solid Storage II</i> (SS-102).....	32
5.1.12 <i>Screw Conveyor IV</i> (SC-102B)	33
5.1.13 <i>Bucket Elevator IV</i> (BE-102B).....	33
5.1.14 <i>Hopper Feeder IV</i> (HF-102B).....	34
5.1.15 <i>Tangki Pelarutan</i> (TP-101)	34
5.1.16 <i>Pompa Proses I</i> (PP-101)	35
5.1.17 <i>Reaktor</i> (RE-201).....	36
5.1.18 <i>Rotary Drum Screener</i> (RDS-301)	37
5.1.19 <i>Evaporator</i> (EV-301).....	37
5.1.20 <i>Crystallizer</i> (CR-301)	38
5.1.21 <i>Screw Conveyor V</i> (SC-301)	39
5.1.22 <i>Rotary Drum Filter</i> (RDF-301)	39
5.1.23 <i>Screw Conveyor VI</i> (SC-302).....	40
5.1.24 <i>Bucket Elevator V</i> (BE-301).....	40
5.1.25 <i>Solid Storage III</i> (SS-301)	41
5.1.26 <i>Gudang Produk</i> (GP-301)	41
5.1.27 <i>Pompa Proses II</i> (PP-201).....	42
5.1.28 <i>Pompa Proses III</i> (PP-301)	42
5.1.29 <i>Pompa Proses IV</i> (PP-302)	43
5.1.30 <i>Pompa Proses V</i> (PP-303)	43
5.1.31 <i>Pompa Proses VI</i> (PP-304).....	44
5.2 <i>Spesifikasi Alat Unit Utilitas</i>	45
5.2.1 <i>Unit Penyedia Air</i>	45
5.2.1.1 <i>Bak Sedimentasi</i> (BS-401).....	45
5.2.1.2 <i>Alum Solution Tank</i> (ST-401)	45
5.2.1.3 <i>NaOH Solution Tank</i> (ST-402)	46
5.2.1.4 <i>Kaporit Solution Tank</i> (ST-403)	46
5.2.1.5 <i>Clarifier</i> (CL-401).....	47
5.2.1.6 <i>Sand Filter</i> (SF-401)	47
5.2.1.7 <i>Tangki Air Filter</i> (ST-404)	48
5.2.1.8 <i>Domestic Water Tank</i> (DOWT-401).....	48
5.2.1.9 <i>Hydrant Water Tank</i> (HT-401)	49

5.2.1.10 <i>Hot Basin</i> (HB-401)	49
5.2.1.11 <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	50
5.2.1.12 Tangki Asam Sulfat (ST-404).....	50
5.2.1.13 Tangki <i>Dispersant</i> (ST-405)	51
5.2.1.14 Tangki <i>Inhibitor</i> (ST-406)	51
5.2.1.15 <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	52
5.2.1.16 <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	52
5.2.1.17 Tangki Air Demin (DWT-401)	53
5.2.2 Unit Penyedia Steam.....	53
5.2.2.1 <i>Deaerator</i> (DA-501)	53
5.2.2.2 Tangki Hidrazin (ST-501).....	54
5.2.2.3 <i>Boiler</i> (BO-501)	55
5.2.2.4 Tangki Bahan Bakar (ST-502)	55
5.2.2.5 Tangki Air Kondensat (ST-503)	56
5.2.3 Unit Penyedia Pendingin (Refrigerasi)	56
5.2.3.1 <i>Receiver Tank</i> (RC-601)	56
5.2.3.2 Kompresor (CP-601).....	57
5.2.3.3 <i>Expansion Valve</i> (EXP-601)	57
5.2.4 Unit Penyedia Pemanas (<i>Hot Oil</i>).....	57
5.2.4.1 <i>Fired Heater</i> (FH-601).....	57
5.2.4.2 Tangki Bahan Bakar (ST-602).....	58
5.2.5 Unit Penyedia Udara Instrumen.....	59
5.2.5.1 <i>Air Dryer</i> (AD-501)	59
5.2.5.2 <i>Air Compressor</i> (AC-501)	59
5.2.5.3 <i>Cyclone</i> (CN-501)	59
5.2.5.4 <i>Blower Udara 1</i> (BU-501).....	60
5.2.5.5 <i>Blower Udara 2</i> (BU-502).....	60
5.2.5.6 <i>Blower Udara 3</i> (BU-503).....	60
5.2.6 Pompa Utilitas.....	60
5.2.7 Unit Penyedia Listrik	71
5.2.7.1 Generator Penyedia Listrik (GS-701)	71
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	72

6.1. Unit Penyediaan Air	72
6.2. Unit Penyediaan <i>Steam</i>	84
6.3. Unit Penyedia <i>Refrigerant</i>	84
6.4. Unit Penyedia <i>Hot Oil</i>	86
6.5. Unit Pembangkit Tenaga Listrik	87
6.6. Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	87
6.7. Unit Penyediaan Udara Instrumen	87
6.8. Unit Pengolahan Limbah.....	88
6.9. Laboratorium	88
6.10. Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	91
BAB VII TATA LETAK PABRIK.....	93
7.2 Lokasi Pabrik.....	93
7.2 Tata Letak Pabrik	95
7.3 Estimasi Area Pabrik	98
7.4 Tata Letak Peralatan Proses.....	99
BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN	102
8.1 Bentuk Perusahaan	102
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan.....	104
8.3 Status Karyawan Dan Sistem Penggajian	112
8.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	112
8.5 Penggolongan Jabatan Dan Jumlah Karyawan.....	114
BAB IX INVESTASI DAN ANALISIS EKONOMI.....	121
9.1 Investasi.....	121
9.2 Evaluasi Ekonomi.....	125
9.3 Angsuran Pinjaman	128
9.4 <i>Cash Flow</i> (CF).....	128
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN	129
10.1 Kesimpulan.....	129
10.2 Saran	129
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Impor Sodium Silikat Pentahidrat di Indonesia	3
Tabel 2 Data Produksi Sodium Silikat Pentahidrat yang telah berdiri di Indonesia	4
Tabel 3 Pabrik Deterjen di Indonesia	5
Tabel 4 Nilai ΔH_f° Reaktan dan Produk.....	10
Tabel 5 Nilai harga ΔG° Reaktan dan Produk.....	11
Tabel 6 Komposisi Pasir Silika	16
Tabel 7 Komposisi Produk Sodium Silikat Pentahidrat	17
Tabel 8 Data Cp.....	24
Tabel 9 Panas Pelarutan.....	24
Tabel 10 Panas Pembentukan	24
Tabel 11 Kebutuhan Air untuk <i>General Uses</i>	73
Tabel 12 Kebutuhan Air untuk Pembangkit <i>Steam</i>	74
Tabel 13 Kebutuhan Air Pendingin	76
Tabel 14 Kebutuhan Air Proses.....	77
Tabel 15 Kebutuhan Air <i>Hydrant</i>	78
Tabel 16 Kebutuhan Air Total.....	78
Tabel 17 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	92
Tabel 18 Pengendalian Variabel Utama Proses.....	92
Tabel 19 Perincian Luas Area Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat.....	98
Tabel 20 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	113
Tabel 21 Perincian Tingkat Pendidikan	114
Tabel 22 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	115
Tabel 23 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas	116
Tabel 24 Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	116
Tabel 25 Perincian FCI Prarancangan Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat	121
Tabel 26 Estimasi <i>Manufacturing Costs</i> Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat.....	123
Tabel 27 Estimasi <i>General Expenses</i> Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat.....	123
Tabel 28 Estimasi Biaya Administratif Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat.....	124

Tabel 29 <i>Minimum Acceptable Percents ROI</i>	126
Tabel 30 <i>Acceptable POT Beragam Industri Berdasarkan Tingkat Risiko</i>	126
Tabel 31 Analisis Ekonomi Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat.....	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kurva regresi linear kebutuhan impor Sodium Silikat Pentahidrat di Indonesia.	3
Gambar 2 Viskositas larutan NaOH terhadap suhu dan konsentrasi NaOH	16
Gambar 3 <i>Solubility</i> Sodium Silikat Pentahidrat.....	18
Gambar 4 Tata Letak Pabrik.....	98
Gambar 5 Tata Letak Alat Proses.....	100
Gambar 6 Peta Kota Cilegon	101
Gambar 7 Area pabrik di Kota Cilegon.....	101
Gambar 8 Grafik BEP dan SDP	127
Gambar 9 Kurva <i>cumulative cash flow</i>	128

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang saat ini sedang giat melaksanakan pembangunan diberbagai bidang, salah satunya adalah pembangunan pada bidang industri. Pertumbuhan industri bidang manufaktur besar dan sedang pada triwulan III tahun 2019 naik sebesar 4,35% terhadap triwulan III 2018 (BPS, 2022), nilai pertumbuhan industri tersebut diharapkan selalu mengalami kenaikan setiap waktu. Maka dari itu, Indonesia dituntut untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produk barang atau produk jasa yang dihasilkan sehingga Indonesia dapat mengejar ketertinggalannya dan mampu bersaing dengan negara lainnya yang terutama adalah dengan negara yang dikategorikan negara maju dibidang perindustrian. Pembangunan industri diharapkan dapat membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat dan mendorong pertumbuhan ekonomi di sektor lain yang berhubungan. Penentuan tujuan dari pembangunan industri memerlukan waktu yang panjang dengan harapan bukan hanya untuk mengatasi kelemahan dan permasalahan disektor industri semata, melainkan dapat menyelesaikan permasalahan dalam skala nasional seperti menaikkan pangsa pasar dalam negeri maupun luar negeri.

Salah satu produk hasil industri di Indonesia yang sampai sekarang masih bergantung kepada impor yaitu Sodium Silikat Pentahidrat. Sodium Silikat Pentahidrat ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) lebih dikenal dengan nama *water glass* yang biasanya tersedia dalam bentuk padat atau cair. Sebagian besar Sodium Silikat Pentahidrat ini dimanfaatkan dalam industri katalis yang berdasar silika dan gel silika. Kemudian juga dimanfaatkan dalam pembuatan sabun, detergen, pigmen dan adhesif, pembersih logam, pengolahan air dan pengolahan kertas (PQ-Europe, 2004)

Indonesia merupakan salah satu negara yang membutuhkan Sodium Silikat Pentahidrat untuk diproses lebih lanjut, namun dalam memperoleh Sodium Silikat Pentahidrat tersebut masih impor dari negara-negara seperti China, Jepang, Amerika Serikat, dan Singapura. Padahal Sodium Silikat Pentahidrat merupakan salah satu bahan baku/pendukung dalam industri kimia yang diprioritaskan dalam PP Republik Indonesia No.14/2015 mengenai Perencanaan Strategis Pengembangan Industri Nasional 2015-2035. Selain itu mendirikan sebuah industri baru seperti pabrik Sodium Silikat Pentahidrat akan menyerap tenaga kerja yang diharapkan dapat menurunkan tingkat pengangguran masyarakat di Indonesia.

Berdasarkan pertimbangan diatas, industri Sodium Silikat Pentahidrat mempunyai prospek yang baik untuk dikembangkan di Indonesia. Selain itu, bahan baku untuk memproduksi Sodium Silikat Pentahidrat yaitu adalah Sodium hidroksida dan silika dioksida sudah banyak diproduksi di Indonesia.

1.2 Kegunaan Produk

Beberapa kegunaan dari produk Sodium Silikat Pentahidrat ini adalah sebagai berikut :

- a. Sebagian besar Sodium Silikat Pentahidrat ini dimanfaatkan dalam industri katalis yang berdasar silika dan gel silika.
- b. Sodium Silikat Pentahidrat dimanfaatkan dalam pembuatan sabun dan detergen.
- c. Sodium Silikat Pentahidrat dimanfaatkan dalam proses pembersihan logam.
- d. Sodium Silikat Pentahidrat dimanfaatkan dalam proses pengolahan air sebagai pencegahan korosi, pengontrol timah dan tembaga, serta stabilisasi besi dan mangan.
- e. Sodium Silikat Pentahidrat dimanfaatkan dalam proses pengolahan kertas sebagai bleaching peroksida pada pulp dan de-inking
- f. Sodium Silikat Pentahidrat dimanfaatkan pada bidang konstruksi sebagai pengeras beton, sprayed pada beton, dan pengerasan tanah.

1.3 Analisis Pasar

Saat ini kebutuhan Sodium Silikat Pentahidrat masih dalam skala besar, untuk itu terdapat peluang ekonomi dalam mendirikan industri Sodium Silikat Pentahidrat yaitu mengisi pasar domestik sehingga dapat memenuhi kebutuhan Sodium Silikat Pentahidrat di dalam negeri. Analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk. Adapun analisis pasar meliputi data impor, data kebutuhan/konsumsi, dan data produksi Sodium Silikat Pentahidrat

1) Data Impor

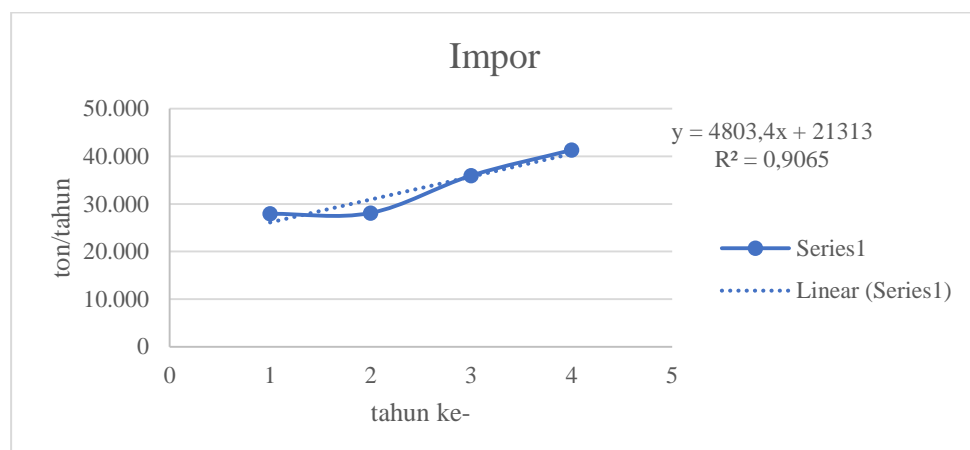
Data impor Indonesia berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Impor Sodium Silikat Pentahidrat di Indonesia

Tahun	Volume (ton)
2018	27.922,13
2019	28.099,17
2020	35.944,03
2021	41.318,39

Sumber : (Badan Pusat Statistik, 2018-2021)

Berdasarkan data pada Tabel 1 diatas diperoleh persamaan regresi linear seperti pada Gambar dibawah ini :



Gambar 1 Kurva regresi linear kebutuhan impor Sodium Silikat Pentahidrat di Indonesia.

Kebutuhan impor pada tahun 2027 dapat diasumsikan berdasarkan persamaan regresi linear yang telah diperoleh yaitu

$$y = 4803,4x + 21313$$

untuk pendirian pabrik pada tahun 2027 diperkirakan kebutuhan impor Sodium Silikat Pentahidrat mencapai :

$$y = 4803,4x + 21313$$

$$y = 4803,4(10) + 21313$$

$$y = 69.346,16$$

Dari data diatas diperkirakan kebutuhan impor Sodium Silikat Pentahidrat di indonesia pada tahun 2027 adalah 69.346,16 ton/tahun.

2) Data Produksi

Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat di indonesia yang sudah beroperasi tercatat ada 5 pabrik dengan produksi :

Tabel 2 Data Produksi Sodium Silikat Pentahidrat yang telah berdiri di Indonesia

Perusahaan	Produksi (ton/tahun)
PT. Mahkota Indonesia	16.788
PT. Liku Telaga	5.475
PT. Tirta Bening Mulia	25.200
PT. Sinar Sakti Kimia ^c	29.000
PT Ajidharmamas	27.000
Jumlah	103.463

Sumber: (P3DN, 2022)

3) Data Konsumsi

Konsumsi Sodium Silikat Pentahidrat paling banyak digunakan yaitu pada pemanfaatan pembuatan katalis dan bahan *builders* pada pembuatan deterjen. Akan tetapi untuk Sodium Silikat Pentahidrat yang akan digunakan sebagai pembuatan katalis memerlukan syarat dan ketentuan khusus. Maka dari itu pasar atau konsumsi Sodium Silikat Pentahidrat yang akan dibuat dapat diwakilkan oleh pabrik deterjen.

Tabel 3 Pabrik Deterjen di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Kapasitas Produksi ton/tahun	Lokasi
1	Blessindo Anugrah Sentosa	1.000	Kabupaten Gresik, Jawa Timur
2	Motto Beringin Abadi	1.000	Kabupaten Bogor, Jawa Barat
3	Prometta Abadi	100	Kabupaten Bekasi, Jawa Barat
4	Tandi Jaya Perkasa	1.000	Kota Jakarta Barat, DKI Jakarta
5	Unilever Indonesia	283.500	Kabupaten Bekasi, Jawa Barat
6	Indo Sukses Sentra Usaha	126.000	Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur
7	KAO INDONESIA	13.000	Kabupaten Bekasi, Jawa Barat
8	Mandiri Investama Sejati	30.000	Kabupaten Bogor, Jawa Barat
9	PZ Cussons Indonesia	15.500	Kota Tangerang, Banten
10	SAYAP MAS UTAMA	485.000	Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta
11	Total Chemindo Loka	12.000	Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta
12	WINGS SURYA	677.500	Kabupaten Gresik, Jawa Timur
Total		1.645.600	

Sumber : (kemenperin.go.id)

Dari tabel di atas diketahui total produksi deterjen sebesar 1.645.600 ton/tahun, kebutuhan Sodium Silikat Pentahidrat sebagai *builders* dalam deterjen adalah :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan} &= 7\% \times 1.645.600 \text{ ton/tahun} \\ &= 115.192,00 \text{ ton/tahun.}\end{aligned}$$

Menurut Asosiasi Pengusaha Deterjen Indonesia (Apedi), menyatakan volume produksi deterjen tumbuh pada 2019 tumbuh 10% secara tahunan. Menurutnya, hal tersebut akan berlanjut pada akhir tahun dan meningkat hingga 15%. Pertumbuhan industri deterjen pada 2018 sama dengan pada 2019 yaitu sekitar 10%. Dari pernyataan ini dapat diperkirakan akan kenaikan konsumsi Sodium Silikat Pentahidrat pada tahun 2027 adalah 224.476 ton/tahun.

1.4 Kapasitas Perancangan

Berdasarkan data impor, data pabrik yang telah ada di Indonesia dan data konsumsi, kemudian di tentukan besarnya kapasitas produksi. Adapun persamaan kapasitas produksi adalah sebagai berikut :

$$PK = DK - DI - DP$$

Dimana;

PK = Peluang Kapasitas Pada Tahun X

DK = Data Konsumsi Pada Tahun X

DI = Data Impor pada tahun X

DP = Data Produksi Telah Ada Pada Tahun X

Dengan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan kapasitas Sodium Silikat Pentahidrat pada tahun 2027, yaitu :

$$\begin{aligned}\text{Peluang kapasitas} &= (224.476 - 69.346 - 103.463) \text{ ton/tahun} \\ &= 51.667 \text{ ton/tahun.}\end{aligned}$$

Dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan Sodium Silikat Pentahidrat dan penentuan berdasarkan kebutuhan bahan baku pasir silika dan Sodium Hidroksida (NaOH) dari PT. Silicaindo Makmur Sentosa dan PT. Asahimas Chemical, maka untuk menutupi kekurangan dari jumlah impor dan produksi pabrik yang sudah ada

sehingga kapasitas perancangan pabrik Sodium Silikat Pentahidrat adalah sebesar 25.000 ton/tahun atau 50% dari kebutuhan pada tahun 2027.

1.5 Tempat dan Lokasi Pabrik

Keberlangsungan satu pabrik juga ditentukan oleh letak pabrik itu berdiri. Hal ini disebabkan karena lokasi pabrik akan mempengaruhi nilai investasi awal, kemudahan bahan baku, tenaga kerja, fasilitas transportasi, keadaan lingkungan dan lain-lain. Lokasi pabrik dirancang sedemikian rupa sehingga mampu mendatangkan keuntungan teknis maupun ekonomis seoptimal mungkin. Tata letak lokasi pabrik meliputi 2 faktor utama yaitu faktor primer dan faktor sekunder. Faktor primer meliputi letak pabrik terhadap bahan baku dan pasar, transportasi, ketersediaan tenaga kerja dan ketersediaan sumber daya alam dan listrik. Faktor sekunder meliputi harga tanah, peraturan daerah dan keadaan masyarakat setempat, iklim serta keadaan tanah.

Berdasarkan faktor – faktor diatas maka dipilihlah Cilegon, Provinsi Banten sebagai lokasi berdirinya pabrik Sodium Silikat Pentahidrat, dengan beberapa pertimbangan.

1.5.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pasir silika (SiO_2) diperoleh dari PT. Silicaindo Makmur sentosa dengan kapasitas produksi 50.000 ton/tahun kemurnian SiO_2 99.28% yang berlokasi di Tangerang, Banten dan Sodium Hidroksida (NaOH) dari PT. Asahimas Chemical dengan kapasitas produksi 200.000 ton/tahun yang berlokasi di Cilegon, Banten.

1.5.2 Pemasaran Produk dan Transportasi

Sodium Silikat Pentahidrat merupakan produk yang digunakan oleh banyak pabrik industri lainnya sebagai bahan baku utama maupun bahan baku pembantu, sehingga lokasi pabrik diharapkan dekat dengan tujuan pemasaran sehingga dapat menghemat biaya transportasi dan mempermudah konsumen untuk memperolehnya. Dalam hal ini lokasi pabrik sangat strategis karena dengan beberapa industri pengguna Sodium Silikat Pentahidrat sebagai bahan baku seperti

PT. Total Chemindo Loka, PT. Tessindo Sejati, dan Adimulia Sarimas Indonesia. Selain itu adanya kemudahan akses jalan tol Trans Jawa, serta dekatnya akses ke pelabuhan merak serta ke pelabuhan terbesar di Indonesia yaitu pelabuhan Tanjung Priok sehingga memungkinkan pemasaran ke seluruh Indonesia maupun negara lain dapat dilakukan dengan cepat dan efisien.

1.5.3 Utilitas

Kebutuhan air untuk unit utilitas, sanitasi, konsumsi, hingga pemadam kebakaran dapat dipenuhi dari pengolahan air waduk nadra krenceng, Kabupaten Cilegon, Provinsi Banten.

1.5.4 Ketersediaan Tenaga Kerja

Data Badan Pusat Statistik Kota Cilegon Tahun 2015 menyebutkan bahwa persentase penduduk laki-laki adalah 51,09% dan penduduk perempuan sebanyak 48,91% dari total penduduk sebanyak 398.304 jiwa (BPS, 2022), serta jumlah angkatan kerja yang ada pada tahun 2015 sebanyak 250.772 jiwa dan tingkat pengangguran terbuka pada tahun 2015 sebesar 47.796 jiwa (BPS, 2022).

Meninjau Data Badan Pusat Statistik diatas, kebutuhan tenaga kerja pabrik dapat terpenuhi dari dalam ataupun luar daerah Cilegon, mulai dari tenaga kerja terdidik, terlatih, terampil, hingga tenaga kerja kasar. Dengan memanfaatkan masyarakat sekitar ataupun luar daerah cilegon sebagai tenaga kerja, maka berdirinya pabrik ini dapat mengurangi pengangguran di daerah tersebut serta membuka peluang bagi tenaga kerja dari luar daerah. Selain itu lokasi pabrik berada di kawasan pabrik industri yang diijinkan pemerintah sehingga tidak susah untuk mendapatkan tenaga kerja.

1.5.5 Keadaan Lingkungan Masyarakat

Lokasi pabrik berada pada kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintahan sehingga pendirian pabrik di kawasan ini lebih mudah dalam hal perizinan, selain itu adaptasi masyarakat yang tinggal di sekitar pabrik juga lebih mendukung.

BAB II

PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

2.1 Sejarah

Soluble silicate glasses, powders dan *liquids* merupakan salah satu bahan kimia sintetik dengan volume terbesar. Volumennya hanya dilampau oleh asam dan basa komoditas. Mereka juga mewakili salah satu bahan kimia antropogenik tertua, di mana ada indikasi kuat bahwa (Sodium Silikat) telah diproduksi oleh Mesir Kuno lebih dari 5.000 tahun yang dengan meleburkan campuran pasir kuarsa dan natrium karbonat alami (CEES, 2010)

Sodium silikat atau *Waterglass* diamati pertama kali tahun 1500-an di Eropa oleh alkamis yaitu orang yang mempelajari ilmu cabang kuno filsafat alam, tradisi filosofis dan protosains. Referensi lain yang menjadi cikal bakal alkali silikat adalah pada tahun 1520 oleh Basil Valentine dan Agricola pada tahun 1550. Pada tahun 1640, Jean Baptist van Helmont mengamati bahwa silika dapat diendapkan secara kuantitatif dengan menambahkan asam ke larutan *Waterglass* di buat pada tahun 1818 oleh Johann Nepomuk von Fuchs dengan menggabungkan asam silikat dengan alkali. Hasilnya akan larut didalam air akan tetapi tidak menyebabkan perubahan pada atmosfir air. Pada tahun 1846 Leopold Wolff kemudian menyebutnya dengan istilah *waterglass*. (Tanur Mas Utama, 2021).

Pembuatan silikat larut soda dan kalium di AS dimulai pada tahun 1850-an dan mendapat dorongan kuat ketika ditemukan sebagai pengganti forrosin yang memuaskan dalam pembuatan sabun kuat selama perang antar negara bagian. Produk kristal alkali yang sekarang digunakan secara luas dalam deterjen dikembangkan pada awal tahun 1930-an, berdasarkan paten dan studi fase Chester L. Baker. Pembuatan katalis dan gel lainnya serta penggantian fosfat dalam deterjen dengan silikat larut dan bahan tambahan lainnya pada tahun 1950-an (Wills, 1982).

2.2 Pemilihan Proses

Proses pembuatan Sodium Silikat Pentahidrat dapat dilakukan dengan proses Hidrotermal (*Hydrothermal route*). Berikut ini adalah rangkain dari proses hidrotermal

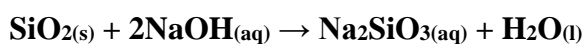
2.2.1 Proses hidrotermal (*Hydrothermal route*)

Proses hidrotermal menggunakan bahan baku yang digunakan adalah Silikon Dioksida dalam pasir silika (SiO_2) dan Sodium Hidroksida (NaOH). NaOH terlebih dahulu dilarutkan dengan menggunakan air proses sebagai pelarut. Larutan NaOH dan pasir silika selanjutnya akan dialirkan menuju reaktor, di mana kondisi reaktor pada suhu $150\text{-}300^\circ\text{C}$ dengan tekanan $10\text{-}40$ atm. Produk keluaran reaktor berupa larutan Sodium Silikat yang selanjutnya dialirkan menuju *evaporator* untuk diuapkan airnya. Produk *bottom evaporator* dialirkan menuju *crystallizer* unuk dilakukan proses pengkristalan. Selanjutnya menuju *rotary drum filter* untuk memisahkan cairan yang tidak mengkristal dengan padatan hasil kristalisasi. Sehingga padatan Sodium Silikat Pentahidrat ini sebagai produk utama.

2.3 Tinjauan Termodinamika

2.3.1 Panas pembentukan standar (ΔH_f°)

Tinjauan secara termodinamika bertujuan menentukan sifat reaksi sehingga perlu perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan dari reaktan dan produk. Reaksi pembentukan Sodium Silikat adalah sebagai berikut.



Tabel 4 Nilai ΔH_f° Reaktan dan Produk (Perry, 1997)

Komponen	$\Delta H_f^{298^\circ}$ (kJ/mol)	Koefisien Stoikiometri
SiO_2	-909,476	-1
NaOH	-416,894	-2
Na_2SiO_3	-1.510,880	1
H_2O	-285,830	1

Maka panas pembentukan standar dapat dicari dengan,

$$\begin{aligned}\Delta H_{f298^\circ} &= (n \times \Delta H_{f298^\circ} \text{ produk}) - (n \times \Delta H_{f298^\circ} \text{ bahan baku}) \\ &= ((\Delta H_f \text{ Na}_2\text{SiO}_3) + \Delta H_f \text{ H}_2\text{O}) - ((\Delta H_f \text{ SiO}_2) + (2 \times \Delta H_f \text{ NaOH})) \\ &= (-1.510,880 + (-285,830)) - (-909,476 + 2 \times (-416,894)) \\ &= -53,466 \text{ kJ/kmol}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan Sodium Silikat adalah reaksi Eksotermis atau melepaskan panas.

2.3.2 Energi Bebas Gibbs (ΔG°)

Perhitungan atau kalkulasi energi bebas Gibbs digunakan untuk meramalkan arah reaksi kimia cenderung spontan atau tidak, serta menentukan kelayakan suatu reaksi kimia dilakukan dalam skala industri ΔG° bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan ΔG° bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi.

Harga ΔG° masing-masing komponen pada suhu 298,15K dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5 Nilai harga ΔG° Reaktan dan Produk (chemicalaid.com)

Komponen	Harga ΔG° (kJ/mol)	Koefisien Stoikiometri
SiO ₂	-855,87904	-1
NaOH	-374,13328	-2
Na ₂ SiO ₃	-1.426,744	1
H ₂ O	-228,588656	1

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= \Delta G^\circ_{\text{produk}} - \Delta G^\circ_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta G^\circ_{\text{H}_2\text{O}} + \Delta G^\circ_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}) - (\Delta G^\circ_{\text{NaOH}} + \Delta G^\circ_{\text{SiO}_2}) \\ &= (-1.426,744 + (-228,588656)) - (-855,87904 + 2 \times (-374,13328)) \\ &= -1.655,332656 - (-1604.1456) \\ &= -51.187056 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Karena $\sum \Delta G^\circ$ (reaktan) > $\sum \Delta G^\circ$ (produk) sehingga $\Delta G^\circ < 0$ (negatif) maka reaksi berlangsung secara spontan (eksergonik).

2.4 Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ditunjukkan untuk melihat keuntungan kasar yang diperoleh dari setiap reaksi yang ada untuk memproduksi Sodium Silikat Pentahidrat. Untuk tinjauan ekonomi reaksi hidrotermal Sodium Silikat adalah sebagai berikut ini.

Produk yang ingin diproduksi adalah Sodium Silikat Pentahidrat ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Produk ini adalah hasil dari kristalisasi Sodium Silikat (Na_2SiO_3). Sodium Silikat diperoleh dari reaksi antara Sodium Hidroksida (NaOH) dengan Silikon Dioksida (SiO_2). Dengan basis bahan baku NaOH yang digunakan adalah 1 kg (1.000 gram) maka, dapat dicari Silikon Dioksida yang dibutuhkan, Sodium Silikat yang terbentuk, dan Sodium Silikat Pentahidrat yang terbentuk.

Berdasarkan Jendoubi (1997) rasio mol antara NaOH dengan SiO_2 adalah 2:1 sehingga mol SiO_2 dapat dicari sebagai berikut.

$$\text{mol NaOH} = \frac{\text{gram NaOH}}{\text{Mr NaOH}} = \frac{1.000 \text{ gram}}{40 \text{ gram/mol}} = 25 \text{ mol NaOH}$$

Perbandingan mol NaOH : mol SiO_2 adalah 1:2 maka,

$$\text{Mol SiO}_2 = \frac{1}{2} \text{ mol NaOH} = \frac{1}{2} \times 25 \text{ mol NaOH} = 12,5 \text{ mol SiO}_2$$

Persamaan reaksi untuk mendapatkan Sodium Silikat adalah sebagai berikut

$$\text{Rasio NaOH dengan SiO}_2 = 2:1$$

$$\text{Konversi reaksi pembentukan produk} = 98\%$$

	$2\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	+	$\text{SiO}_{2(\text{s})}$	\rightarrow	$\text{Na}_2\text{SiO}_{3(\text{aq})}$	+	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
Mula-mula (mol)	25		12,5				
Reaksi (98%) (mol)	24,5		12,25		12,25		12,25
Sisa (mol)	0,5		0,25		12,25		12,25

Maka Na_2SiO_3 yang terbentuk adalah 12,25 mol.

Selanjutnya produk akan dikristalkan menjadi $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Diasumsikan bahwa semua Na_2SiO_3 terkristal seluruhnya dan $5\text{H}_2\text{O}$ tidak diperhitungkan, sehingga banyaknya mol produk $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dari Na_2SiO_3 yang adalah adalah,

$$\begin{aligned} \text{mol Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{Mr Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{\text{Mr Na}_2\text{SiO}_3} \times \text{mol Na}_2\text{SiO}_3 \\ &= \frac{212 \text{ gram/mol}}{122 \text{ gram/mol}} \times 12,25 \text{ mol} \\ &= 21,287 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} &= \text{mol Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \times \text{Mr Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \\ &= 21,287 \text{ mol} \times 212 \text{ gram/mol} \\ &= 4.512,819 \text{ gram} = 4,513 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka keuntungan dari harga penjualah produk adalah

$$\begin{aligned} \text{Harga NaOH/kg} &= \text{Rp}5.000,00/\text{kg} \\ \text{Harga pasir silika} &= \text{Rp}1.200,00/\text{kg} \\ \text{Harga Sodium Silikat Pentahidrat} &= \text{Rp}17.430,00/\text{kg} \end{aligned}$$

Keuntungan produk

$$\begin{aligned} &= \text{Harga produk} - \text{Harga bahan baku} \\ &= (4,513 \text{ kg} \times \text{Rp}17.430,00/\text{kg}) - (\text{Rp}5.000,00/\text{kg} + \text{Rp}1.200,00/\text{kg}) \\ &= \text{Rp}72.461,59^* \end{aligned}$$

*besarnya keuntungan produk jika dianggap,

- Sodium Silikat yang diproduksi dari reaktor mengkristal seluruhnya dalam *crystallizer*.
- Mengabaikan kebutuhan $5\text{H}_2\text{O}$ dalam produk Sodium Silikat Pentahidrat ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) atau H_2O sebagai salah satu bahan baku pembentuk produk bebas biaya (gratis).

2.5 Uraian Proses

Proses pembuatan Sodium Silikat Pentahidrat ini terdiri dari beberapa tahap yaitu, tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi, dan tahap pemurnian.

2.5.1 Tahap persiapan bahan baku

Bahan baku NaOH dan pasir silika dalam bentuk padatan disimpan pada *silo storage*. Sebelum direaksikan ke dalam reaktor, NaOH dilarutkan terlebih dahulu di dalam tangki pelarutan dengan menggunakan air proses sehingga menjadi larutan NaOH dengan perbandingan 12,5 mol NaOH/1 Liter larutan. Selanjutnya larutan NaOH dan pasir silika dimasukkan ke dalam reaktor.

2.5.2 Tahap reaksi

Larutan NaOH dan pasir silika diumpankan ke dalam reaktor untuk direaksikan. Reaksi terjadi pada suhu 220°C dan tekanan 20 atm selama satu jam. Untuk menaikkan suhu di dalam reaktor menggunakan media pemanas yaitu *hot oil* dan untuk menaikkan tekanan menggunakan kompresor. Produk keluaran reaktor kemudian akan masuk ke dalam *cooler* untuk didinginkan terlebih dahulu menjadi 80°C. Kemudian produk keluaran *cooler* dimasukkan ke dalam *rotary drum screener* untuk dipisahkannya antara padatan pasir silika yang tidak habis bereaksi dari campuran larutannya. Kemudian produk cairnya dialirkan menuju *evaporator* untuk mengurangi kadar air di dalam larutannya. Uap air yang terbentuk di *evaporator* kemudian masuk ke kondensor. Produk keluaran *evaporator* berupa larutan jenuh selanjutnya dialirkan menuju *crystallizer* untuk proses pengkristalan.

2.5.3. Tahap pemurnian

Produk keluaran dari *crystallizer* berupa kristal Sodium Silikat Pentahidrat yang masih mengandung cairan dipisahkan terlebih dahulu menggunakan *rotary drum filter*. Keluaran *rotary drum filter* berupa produk padatan dan cairan. Cairan keluaran *rotary drum filter* merupakan larutan yang tidak mengkristal sehingga dialirkan kembali menuju *crystallizer* sebagai *recycle*. Produk padatan dari *rotary drum filter* selanjutnya diangkut menuju *solid storage* dan kemudian diangkut menuju gudang penyimpanan produk.

BAB III

SPEKIFIKASI BAHAN

3.1 Sifat-sifat Bahan Baku

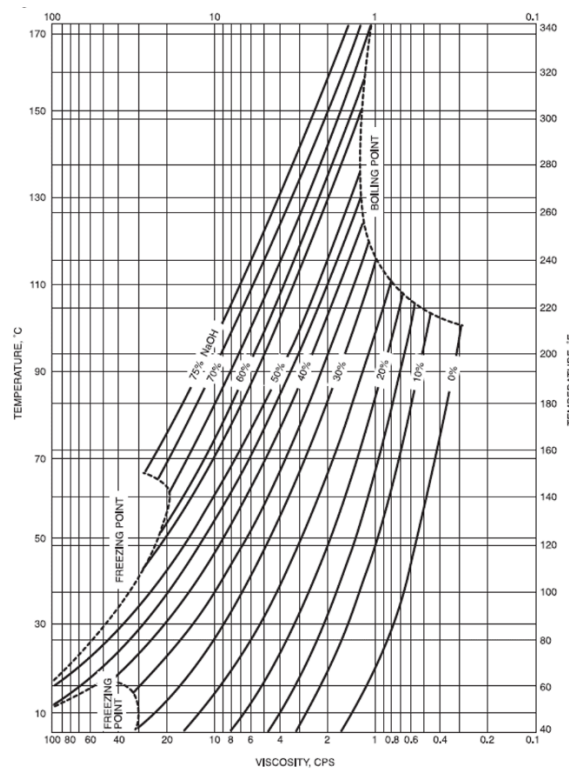
Bahan baku pembuatan Sodium Silikat Pentahidrat (*Sodium Silicate*) terdiri dari:

3.1.1 Sodium Hidroksida (NaOH)

Sodium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau *Sodium Hydroxide*, adalah sejenis basa logam kaustik. Sodium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Sodium Oksida dilarutkan dalam air. Sodium Hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun serta deterjen. Sodium Hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia. Sodium Hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50% yang biasa disebut larutan Sorensen.

Sifat-sifat fisis NaOH:

- Rumus Molekul : NaOH
- Berat Molekul : 40 g/mol
- Fasa : Padat
- Titik Leleh : 318,4^oC
- Titik Didih : 1390 ^oC
- Kemurnian : 98 % (PT Asahimas Chemical, 2009)
- Kelarutan : 420 gr/L (0^oC), 1000 gr/L (25^oC), 3470 gr/L (100^oC)
(Perry, 2008)
- Viskositas :



Gambar 2 Viskositas larutan NaOH terhadap suhu dan konsentrasi NaOH

3.1.2 Silikon Dioksida (SiO₂)

Silicon dioxide atau silika dalam keadaan murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silika selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatan-ikatannya mempunyai sifat yang cukup ionik. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan. Silika relatif tidak reaktif terhadap Cl₂, H₂, asam-asam dan sebagian besar logam pada suhu 25°C atau pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dapat diserang oleh F₂, HF aqua, dan hidroksida alkali serta leburan-leburan karbonat.

Tabel 6 Komposisi Pasir Silika

Komponen	Berat Molekul (BM) (kg/kmol)	Jumlah (%)
SiO ₂	60	99,28
Al ₂ O ₃	102	0,350
Fe ₂ O ₃	160	0,200
TiO ₂	79,8	0,170

(Sumber: PT Silicaindo MS, 2010)

Sifat-sifat fisis silika:

- Rumus Molekul : SiO_2
- Fasa : Padat
- Berat Molekul : 60 g/mol
- Titik Lebur : 1600-1725 °C
- Titik didih : 2230 °C (Perry's, 1999)
- Kemurnian : 99,28%

3.2 Produk

3.2.1 Natrium Silikat Pentahidrat ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Senyawa ini lebih dikenal dengan nama Natrium *metasilicate* dan *waterglass*, bahan-bahan ini tersedia dalam larutan dan dalam bentuk padat. Komposisi murni tidak berwarna atau putih, tetapi commercial sample sering kehijauan atau biru karena kehadiran yang mengandung besi kotor. Mereka digunakan dalam semen, proteksi kebakaran pasif, tekstil dan pengolahan kayu, refraktori dan mobil. Natrium karbonat dan silikon dioksida bereaksi ketika cair untuk membentuk Natrium silikat dan karbon dioksida.

Tabel 7 Komposisi Produk Natrium Silikat Pentahidrat

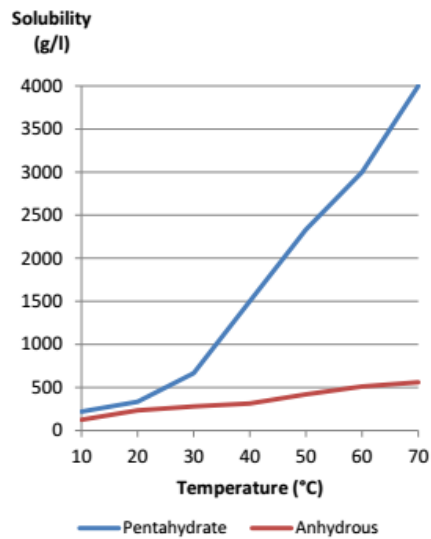
Komponen	Jumlah (%)
$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	95-99,5
H_2O	≤ 2
NaOH	≤ 1
<i>impurities</i>	≤ 1

(Sumber: ThermoFisher, 2021)

Sifat-sifat fisis Natrium Silikat Pentahidrat:

- Rumus Molekul : $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- Fasa : Padat
- Berat Molekul : 212,75 g/mol
- Titik Didih : 1089 °C
- Titik Leleh : 72 °C (Sumber: ThermoFisher, 2021)

- Kelarutan



Gambar 3 Solubility Sodium Silikat Pentahidrat (SILMACO, 2016)

3.2.2. Air

Air merupakan senyawa anorganik dengan ikatan kovalen. Air banyak digunakan sebagai pelarut pada kebanyakan industri kimia, memiliki pH netral (6,8 -7,3) dan berwujud cair pada temperatur ruang (25°C).

Sifat-sifat fisis air :

- Rumus Molekul : H_2O
 - Fasa : Cair
 - Berat Molekul : 18 g/mol
 - Titik Didih : 100 °C
 - Titik Leleh : 0°C
- (Perry's, 1999)

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis Prarancangan Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat dari Silikon Dioksida dan Sodium Hidroksida dengan Kapasitas 25.000 ton/tahun, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Ditinjau dari segi proses produksinya, pabrik Sodium Silikat Pentahidrat ini menggunakan metode *hydrothermal route*.
2. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi, maka pabrik ini layak untuk didirikan dengan hasil perhitungan analisis ekonomi sebagai berikut.
 - a. *Percent return of investment* (ROI) sesudah pajak adalah 15,97%;
 - b. *Payout time* (POT) sesudah pajak adalah 3,47 tahun;
 - c. *Breakeven point* (BEP) sebesar 52%
 - d. Nilai *shutdown point* (SDP) sebesar 25%

10.2 Saran

Pabrik Sodium Silikat Pentahidrat dari Silikon Dioksida dan Sodium Hidroksida dengan Kapasitas 25.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun segi ekonominya sebelum didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- AGC Group, 2009. *Material Safety Data Sheet Sodium Hydroxide Flake 98%*, Banten: PT Chemical Asahimas.
- American Alloy Steel, Inc., 2022. *SA-203 Steel Plates*. [Online] Available at: <https://www.aasteel.com/sa-203/#> [Diakses 25 April 2023].
- Baker, C. L., Jue, L. R. & Wills, J. H., 1950. The System $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ at 50, 70 and 90° . *J. Phys. Chem.*, 72(12), pp. 5369-5382.
- Brownell, L. E. & Young, E. H., 1959. *Equipment Design*. 1st penyunt. New Delhi: John Wiley & Sons.
- Brown, G. G., 1950. *Unit Operations*. 1st penyunt. New Delhi: CBS Publishers & Distributors.
- ChemicalAid, 2023. $\text{SiO}_2 + \text{NaOH} = \text{Na}_2(\text{SiO}_3) + \text{H}_2\text{O}$ - *Persamaan Kimia Seimbang*. [Online] Available at: <https://www.chemicalaid.com> [Diakses 12 Februari 2023].
- Couper, J. R., Penney, W. R., Fair, J. R. & Walas, S. M., 2012. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. 3rd penyunt. Waltham: Elsevier.
- Dhodapkar, S., Bates, L., Klinzing, G. & Wypych, P., 2006. *Guidelines for Solid Storage, Feeding and Conveying*. [Online] Available at: <https://www.chemengonline.com> [Diakses 5 Desember 2022].
- Direktorat Statistik Distribusi, 2022. *Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor*. 2021 penyunt. Jakarta: BPS RI.
- Direktorat Statistik Distribusi, 2018. *Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor*. 2018 penyunt. Jakarta: BPS RI.
- Direktorat Statistik Distribusi, 2019. *Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor*. 2019 penyunt. Jakarta: BPS RI.
- Direktorat Statistik Distribusi, 2020. *Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor Jilid I*. 2020 penyunt. Jakarta: BPS RI.
- Eccles, A., 2020. *Sodium Hydroxide Storage Tanks & Specifications*. [Online] Available at: <https://www.protank.com> [Diakses 30 November 2022].

- Esteem Projects, 2023. *Fired Heaters*. [Online] Available at: <https://www.esteemprojects.com> [Diakses 12 Juni 2023].
- Falcone, J. S., 1982. *Soluble Silicates*. New York, Divisions of Industrial and Engineering Chemistry and Inorganic Chemistry.
- Fleming, P., 2023. 7.1: *Thermodynamics of Mixing*. [Online] Available at: <https://chem.libretexts.org> [Diakses 28 April 2023].
- Fogler, H. S., 2004. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 3rd penyunt. New Delhi: Prentice-Hall of India.
- Garrett, D. E., 1989. *Chemical Engineering Economics*. 1st penyunt. London: Van Nostrand Reinhold.
- Halim, S., 2023. *Indonesia Individual - Income Determenation*. [Online] Available at: <https://taxsummaries-pwc-com> [Diakses 1 Desember 2023].
- Hallas, N. J., 2011. *Crystallizers*. [Online] Available at: <https://www.thermopedia.com> [Diakses 30 April 2023].
- Himmelblau, D. M. & Riggs, J. B., 2004. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. 7th penyunt. New Jersey: Prentice Hall.
- Iinoya, K., Masuda, H. & Watanabe, K., 1988. *Powder and Bulk Solid Handling Processes: Instrumentation and Control*. 1st penyunt. Berkeley: CRC Press.
- Jendoubi, F., Mgaidi, A. & Maaoui, M. E., 1997. Kinetics of the Dissolution of Silica in Aqueous Sodium Hydroxide Solutions at High Pressure and Temperature. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 75(8), pp. 721-727.
- Kementrian Perindustrian, 2022. *Daftar Referensi Produk Dalam Negeri*. [Online] Available at: <https://tkdn.kemenperin.go.id> [Diakses 25 Oktober 2023].
- Kern, D. Q., 1965. *Process Heat Transfer*. Singapore: McGraw-Hill.
- Kirk-Othmer, 2005. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology Volume 14*. 4th penyunt. Ohio: Wiley & Sons.
- Kresta, S. M., Etchells III, A. W., Dickey, D. S. & Atlemo-Obeng, V. A., 2016. *Advances in Industrial Mixing*. 1st penyunt. New Jersey: John Wiley & Sons.

- Levenspiel, O., 1999. *Chemical Reaction Engineering*. 3rd penyunt. New York: John Wiley & Sons.
- Luyben, W. L., 2007. *Chemical Reactor Design and Control*. 1st penyunt. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Marsina Engineering S. R. L, 2020. *Sodium Silicate Plant*. [Online] Available at: <https://www.marsina.com> [Diakses 12 November 2022].
- McCabe, W. L., Smith, J. C. & Harriot, P., 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Inc..
- Moss, D., 2004. *Pressure Vessel Design Manual*. 3rd penyunt. Burlington: Gulf Professional Publishing.
- Munson Machinery Co., 2010. *Rotary Drum Screeners*. [Online] Available at: <https://www.munsonmachinery.com> [Diakses 21 April 2023].
- Myerson, A. S., 2002. *Handbook of Industrial Crystallization*. 2nd penyunt. Boston: Butterworth-Heinemann.
- NIST Chemistry WebBook, 1998. *Isothermal Properties for Water*. [Online] Available at: <https://webbook.nist.gov> [Diakses 4 November 2022].
- NIST Chemistry WebBook, 1998. *Quartz (SiO₂)*. [Online] Available at: <https://webbook.nist.gov> [Diakses 4 November 2022].
- NIST Chemistry WebBook, 2022. *Aluminium Oxide*. [Online] Available at: <https://webbook.nist.gov> [Diakses 4 November 2022].
- NIST Chemistry WebBook, 2022. *Disodium Metasilicate*. [Online] Available at: <https://webbook.nist.gov> [Diakses 4 November 2022].
- NIST Chemistry WebBook, 2022. *Sodium Hydroxide*. [Online] Available at: <https://webbook.nist.gov> [Diakses 4 November 2022].
- NIST Chemistry WebBook, 2022. *Titanium Dioxide (Anatase)*. [Online] Available at: <https://webbook.nist.gov> [Diakses 4 November 2022].
- NIST Chemistry WebBook, 2022. *Water*. [Online] Available at: <https://webbook.nist.gov> [Diakses 4 November 2022].
- Novotny, R. et al., 1991. *Process for Hydrothermal Production of Sodium Silicate Solutions*. United States of America, Paten No. 5,000,933.

- Perry, R. H. & Green, D. W., 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 8th penyunt. New York: McGraw-Hill.
- Perry, R. L., Green, D. W. & Maloney, J. O., 1999. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. 7th penyunt. Boston: McGraw-Hill.
- Peters, M. S. & Timmerhaus, D. K., 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. 4th penyunt. Singapore: McGraw Hill International Edtions.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D. & West, R. E., 2002. *Plant Design and Enonomics for Chemical Engineers*. 5th penyunt. Boston: McGraw Hill.
- Petro Chemical Supplying Co., 2004. *The Caustic Soda Solution Handbook*. [Online] Available at: <http://www.petrocsc.com> [Diakses 21 December 2022].
- Silmaco N.V., 2016. *Sodium Metasilicate: Green and Efficient*. [Online] Available at: <http://www.silmaco.com> [Diakses 20 November 2022].
- Singh, B., 2022. *Agitated Batch Crystallizer*. [Online] Available at: <https://www.chemicalslearning.com> [Diakses 16 Juni 2023].
- Sinnott, R. K., 2005. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Series: Chemical Engineering Design Volume 6*. 4th penyunt. New York: Elsevier Butterwoth-Heinemann.
- Smulders, E., 2002. *Laundry Detergents*. Weinhem: Wiley-VCH.
- Tavare, N. S., 1995. *Industrial Crystallization Process Simulation Analysis*. New York: Springer Science+Business Media.
- Theunissen & Verdstraat, J. P. H., 1990. *Preparation of Sodium Silicate*. European, Paten No. EP0363197A2.
- Ulrich, G. D., 1984. *A Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics*. Toronto: John Wiley & Sons .
- Vail, J. G., 1952. *Soluble Silicates Their Properties and Uses*. New York: Reinhold Publishing Corporation.
- Vataruk, W. M., 2002. *Updating the CE Plant Cost Index*. [Online] Available at: <http://che.com> [Diakses 1 October 2023].
- Vibrandt, F. C. & Dryen, C. E., 1959. *Chemical Engineering Plant Desing*. 4th penyunt. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha.

- Waddell, M. C. & Ohio, L., 1934. *Crystallization of Sodium Metasilicate Hydrates*. United States of America, Paten No. 1,953,839.
- Woodcock, C. R. & Mason, J. S., 1987. *Bulk Solid Handling An Introduction to the Practice and Technology*. 1st penyunt. New Delhi: Blackie Academic & Professional.
- Yang, X., Zhu, W. & Yang, Q., 2008. The Viscosity Properties of Sodium Silicate Solutions. *J Solution Chem*, 2008(37), pp. 73-83.
- Yaws, C. L., 2009. *Yaws Handbook of Thermodynamic Propertis for Hydrocarbons and Chemicals*. 1st penyunt. Texas: Knovel.