

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM SILIKAT DARI
NATRIUM HIDROKSIDA DAN PASIR SILIKA
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

PRA RANCANGAN PABRIK

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Disusun Oleh:

**Nama : Risa Fauzia Anggraini
NIM : 20521213**

**Nama : Rahmi Qurata A'yun
NIM : 20521228**

**Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2025**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK SODIUM SILIKAT DARI NATRIUM HIDROKSIDA DAN PASIR SILIKA KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

Oleh :

Nama : Risa Fauzia Anggraini Nama : Rahmi Qurata A'yun
NIM : 20521213 NIM : 20521228

Yogyakarta, 30 Januari 2025

Pembimbing



Dr. Diana, S.T., M.Sc.
NIP : 005210101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK KIMIA SODIUM SILIKAT DARI SODIUM SILIKAT DAN PASIR SILIKA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Risa Fauzia Anggraini

Nama : Rahmi Qurata A'yun

NIM : 20521213

Nama : 20521228

Yogyakarta, 27 Januari 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tanda Tangan



Risa Fauzia Anggraini

Tanda Tangan



Rahmi Qurata A'yun

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK SODIUM SILIKAT DARI NATRIUM
HIDROKSIDA DAN PASIR SILIKA KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Risa Fauzia Anggraini

Nama : Rahmi Qurata A'yun

NIM : 20521213

NIM : 20521228

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 24 Februari 2025

Tim Penguji

Dr. Diana, S.T., M.Sc.

Ketua Penguji

Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc

Dosen Penguji I

Dr. Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.

Dosen Penguji II

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D

NIP: 99520044

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur *Alhamdulillah* atas rahmat, hidayah, dan inayah-Nya dari Allah SWT, atas penyelesaian laporan Tugas Akhir dengan judul “PRA RANCANGAN SODIUM SILIKAT DARI NATRIUM HIDROKSIDA DAN PASIR SILIKA KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN” yang disusun sebagai penerapan dari Ilmu Teknik Kimia yang telah didapat dibangku kuliah, dan sebagai satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Pada kesempatan ini tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu terwujudnya laporan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih penulis persembahkan kepada:

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua yang sangat penulis cintai dan sayangi. Terima kasih atas segala doa, pengorbanan, serta rasa kasih sayang kalian yang tiada hentinya diberikan kepada penulis. Terimakasih sudah menemani berproses dan selalu membuat penulis bangkit agar menjadi orang yang lebih kuat dan lebih baik terus kedepannya, jika bukan karena kalian mungkin penulis tidak akan bertahan sampai sekarang.

3. Seluruh kakak penulis yang tidak pernah berhenti memberikan semangat dorongan, motivasi dan doa yang selalu dipanjatkan sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini dengan penuh semangat dan tekad yang besar.
4. Partner pejuang tugas akhir yang sudah mau bekerja sama dalam pembuatan tugas akhir ini.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
7. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
8. Ibu Dr. Diana Jirjis, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mendukung dengan sabar, memberikan semangat dan masukan kepada penulis dalam penyusunan dan penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
9. Staf Prodi Teknik Kimia Bapak Hadi Siswanto, Mas Husnul Abdi dan Mbak Aisyah atas keramahtamahan dan bantuannya.
10. Sahabat dan teman penulis, yang memberikan bantuan berupa masukan, kritik, saran, waktu luang, dan selalu menjadi pendengar dan memberi solusi yang baik disetiap masalah penulis, serta mengingatkan akan keseimbangan dunia dan akhirat.

11. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2020 yang banyak membantu dalam lancarnya tugas akhir penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.
12. *Last but not least*, terima kasih kepada diri sendiri, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini, mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar dengan berbagai keadaan dan tak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit apapun prosesnya, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri. *I wanna thank me for just being me at all time.*

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini masih banyak kekurangan dan kelemahan serta jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Teknik Kimia.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 10 September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR LAMBANG/ NOTASI/SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.3 Tinjauan Pustaka	6
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika.....	11
1.4.1 Termodinamika.....	11
1.4.2 Kinetika.....	14
2.1 Sifat kimia Bahan Baku dan Produk	17
2.2 Pengendalian Kualitas	20
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku.....	21
2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk	21
2.3.3 Pengendalian Proses Produksi	21
2.3.4 Pengendalian Waktu	22
2.4 Pengendalian Kuantitas	23
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	24
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....	24
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....	24
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....	25

3.2 Uraian proses	26
3.2.1 Rangkaian Proses	26
3.2.2 Proses Pembentukan Produk.....	26
3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk	27
3.3 Spesifikasi Alat.....	28
3.3.1 Spesifikasi Reaktor	28
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah	32
3.3.3 Spesifikasi Alat Pendukung.....	34
3.3.4 Spesifikasi Tempat Penyimpanan.....	37
3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi	41
3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....	51
3. 4 Neraca Massa	55
3.4.1 Neraca Massa Reaktor	55
3.4.2 Neraca Massa <i>Mixer</i>	56
3.4.3 Neraca Massa <i>Centrifuge</i>	57
3.4.4 Neraca Massa <i>Spray dryer</i>	57
3.5 Neraca Panas	58
3.5.1 Neraca Panas Reaktor	58
3.5.2 Neraca Panas Mixer	59
3.5.3 Neraca Panas <i>Spray dryer</i>	60
BAB IV	62
PERANCANGAN PABRIK.....	62
4.1 Lokasi Pabrik.....	62
4.1.1 Lokasi Daerah Pasar Penjualan Produk	63
4.1.2 Ketersediaan Bahan Baku	63
4.1.3 Sarana Transportasi.....	64
4.1.4 Utilitas.....	64
4.1.5 Ketersediaan Kawasan dan Sumber Daya Manusia	64
4.1.6 Pengaruh Lingkungan dan Limbah.....	65
4.1.7 Faktor Ekonomi dan Hukum.....	66
4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)	68

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout).....	75
4.4 Organisasi Perusahaan.....	78
4.4.1 Bentuk Organisasi.....	78
4.4.2 Struktur Organisasi	79
4.4.3 Tugas dan Wewenang.....	79
4.4.4 Peraturan Jam Kerja Karyawan	85
4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji.....	89
BAB V UTILITAS.....	96
5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air serta <i>Dowtherm A</i>	97
5.1.1 Unit Penyediaan Air.....	97
5.1.2 Unit Pengolahan Air	103
5.2 Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generation System</i>)	108
5.3 Unit Pembangkit Listrik	109
5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (<i>Instrument Air System</i>).....	113
5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	114
5.6 Pengolahan Limbah.....	114
5.7 Spesifikasi Alat Utilitas.....	116
BAB VI EVALUASI EKONOMI	126
6.1 Penentuan Harga Alat.....	127
6.2 Analisa Perhitungan Biaya	130
6.3 Analisa Kelayakan.....	134
6.4 Hasil Perhitungan	138
6.5. Hasil Analisis Keuntungan.....	145
6.6. Hasil Kelayakan Ekonomi.....	145
BAB VII.....	148
PENUTUPAN	148
7.1 Kesimpulan.....	148
Daftar Pustaka	150
LAMPIRAN A 1 PERANCANGAN REAKTOR.....	153
LAMPIRAN B 1 PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)....	201
LAMPIRAN C 1 KARTU KONSULTASI BIMBINGAN	203

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Impor sodium silikat dari Tahun 2017-2021	3
Tabel 1. 2 Data Kapasitas Produksi Sodium Silikat di Beberapa Negara.....	4
Tabel 1. 3 Data Produsen Bahan Baku Sodium Silikat di Indonesia	5
Tabel 1. 4 Data Perbandingan Proses Baker dan Bunner Mond	10
Tabel 1. 5 Sifat Termodinamika Bahan Baku Produk	12
Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	16
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor - 01	28
Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor - 02	30
Tabel 3. 3 Spesifikasi Centrifuge	32
Tabel 3. 4 Spesifikasi Spray dryer	33
Tabel 3. 5 Spesifikasi Mixer - 01	34
Tabel 3. 6 Spesifikasi Mixer - 02	35
Tabel 3. 7 Spesifikasi Silo - 01	37
Tabel 3. 8 Spesifikasi Silo - 02	38
Tabel 3. 9 Spesifikasi Silo - 03	39
Tabel 3. 10 Spesifikasi Pompa	41
Tabel 3. 11 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)	42
Tabel 3. 12 Spesifikasi Turbin	43
Tabel 3. 13 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> - 01	45
Tabel 3. 14 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> – 02.....	46
Tabel 3. 15 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> - 03.....	47
Tabel 3. 16 Spesifikasi Bucket Elevator - 01	48
Tabel 3. 17 Spesifikasi Bucket Elevator - 02	49
Tabel 3. 18 Spesifikasi Bucket Elevator - 03	50
Tabel 3. 19 Spesifikasi Cooler - 01	51
Tabel 3. 20 Spesifikasi Cooler- 02	53
Tabel 3. 21 Neraca Massa Reaktor - 01	55
Tabel 3. 22 Neraca Massa Reaktor - 02	55
Tabel 3. 23 Neraca Massa Mixer - 01	56

Tabel 3. 24 Neraca Massa Mixer - 02	56
Tabel 3. 25 Neraca Massa Centrifuge - 01.....	57
Tabel 3. 26 Neraca Massa Spray dryer - 01	57
Tabel 3. 27 Neraca Panas Reaktor - 01	58
Tabel 3. 28 Neraca Panas Reaktor - 02	59
Tabel 3. 29 Neraca Panas Mixer - 01	59
Tabel 3. 30 Neraca Panas Mixer - 02	60
Tabel 3. 31 Neraca Panas Spray dryer - 01	60
Tabel 3. 32 Neraca panas cooler HE-01.....	61
Tabel 3. 33 Neraca panas cooler HE-02.....	61
Tabel 4. 1 Rincian Penggunaan Area Pabrik	72
Tabel 4. 2 Jadwal kerja karyawan non-shift.....	86
Tabel 4. 3 Jam Kerja Karyawan Shift	87
Tabel 4. 4 Pembagian shift kerja tiap kelompok.....	88
Tabel 4. 5 Pembagian shift kerja tiap kelompok (Lanjutan).....	88
Tabel 4. 6 Gaji Karyawan	89
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin.....	99
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin.....	100
Tabel 5. 3 Kebutuhan Steam	102
Tabel 5. 4 Kebutuhan Dowtherm A	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Alat Proses	110
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	111
Tabel 5. 7 Total Kebutuhan Listrik	113
Tabel 5. 8 Kebutuhan Bahan Bakar	114
Tabel 5. 9 Spesifikasi Pompa Utilitas	116
Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)	117
Tabel 5. 11 Spesifikasi Bak Utilitas	118
Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Utilitas	119
Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)	120
Tabel 5. 14 Spesifikasi Clarifier.....	121
Tabel 5. 15 Spesifikasi Cooling Tower.....	122

Tabel 5. 16 Spesifikasi Boiler	122
--------------------------------------	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Sodium Silikat di Indonesia	3
Gambar 1. 2 Grafik Konsentrasi Terhadap Waktu.....	15
Gambar 2. 1 Hazard Diamond pada Natrium Hidroksida.....	17
Gambar 2. 2 Hazard Diamond pada Pasir Silika.....	18
Gambar 2. 3 Hazard Diamond pada Sodium Silikat	19
Gambar 3. 1 Diagram Kualitatif.....	24
Gambar 3. 2 Diagram Kuantitatif.....	25
Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik Natrium Silikat	62
Gambar 4. 2 Data Iklim Kabupaten Serang, Banten.....	67
Gambar 4. 3 Lay out Unit Sodium Silikat.....	74
Gambar 4. 4 Tata Letak Alat Proses	77
Gambar 4. 5 Struktur Organisasi Perusahaan	79
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas.....	124
Gambar 5. 2 Siklus Cooler Dowtherm A	125
Gambar 6. 1 Grafik Evaluasi Ekonomi	147

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	PERANCANGAN REAKTOR.....	153
LAMPIRAN B	PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD).....	201
LAMPIRAN C	KARTU KONSULTASI BIMBINGAN	203

DAFTAR LAMBANG/ NOTASI/SINGKATAN

T	: Temperature, °C
D	: Diameter, m
H	: Tinggi, m
P	: Tekanan, psia
μ	: Viskositas, cP
ρ	: Densitas, Kg/ m ³
Q	: Kebutuhan Kalor, Kj/Jam
A	: Luas Penampang, m ²
x	: Konversi, %
K	: Konstanta Kinetika Reaksi, 1/waktu
V	: Volume, m ³
t	: Waktu, Jam
m	: Massa, Kg
Fv	: Laju Alir Volumetrik, m ³
r	: Jari-jari, in
P	: <i>Power Motor</i> , Hp
ts	: Tebal <i>Shell</i> , in
ΔP	: <i>Pressure Drop</i> , psia
ΔH	: Entalpi, KJ/jam
ID	: <i>Inside</i> diameter, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, in
th	: Tebal <i>head</i> , in

Re	: Bilangan Reynold
f	: <i>Allowable Stress</i> , psia
E	: Efisiensi Pengelasan
C	: <i>Corrosion allowance</i>
icr	: Jari-jari sudut dalam, in
Zi	: Jarak pengaduk, m
ZL	: Tinggi pengaduk, m
N	: Kecepatan pengadukan, rpm
Ud	: Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft ² °F
Uc	: Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft ² °F
Rd	: Faktor Pengotor
Cp	: Kapasitas Panas, Btu/lb °F
K	: Konduktivitas termal, Btu/jam ft ² °F
Hi	: <i>Inside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F
Ho	: <i>Outside film coefficient</i> , Btu/jam ft ² °F
LMTD	: <i>Long mean Temperature different</i> , °F

ABSTRAK

Pabrik sodium silikat dirancang untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sekaligus mendukung pertumbuhan industri berbasis kimia di Indonesia. Sodium silikat, atau dikenal sebagai *water glass*, memiliki aplikasi luas dalam industri, termasuk bahan dasar katalis berbasis silika, pembuatan sabun, dan pembuatan kertas. Pabrik ini menggunakan bahan baku natrium hidroksida dan pasir silika, dengan kapasitas produksi sebesar 15.000 ton per tahun. Bahan baku yang dibutuhkan untuk memproduksi sodium silikat 15.000 ton per tahun yaitu natrium hidroksida sebanyak 1.210,46 kg/jam dan pasir silika sebanyak 1.015,60 kg/jam. Proses produksi mengadopsi metode Brunner-Mond yang berlangsung di reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) pada suhu 220°C dan tekanan 23,6 atm, menghasilkan konversi sebesar 90%. Lokasi pabrik direncanakan di Kabupaten Serang, Banten, dan beroperasi selama 330 hari per tahun. Ditinjau dari analisis kelayakan, pabrik sodium silikat memiliki nilai *return of investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 43% dan ROI setelah pajak sebesar 22%. Nilai *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 1,9 Tahun dan setelah pajak adalah 2,6 Tahun. *Break Event Point* (BEP) sebesar 45%, *Shut Down Point* (SDP) berada pada 14,6% kapasitas produksi dan *Discount Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) mencapai 33%. Berdasarkan data analisis teknis dan ekonomi tersebut, maka pabrik Sodium Silikat dari natrium hidroksida dan pasir silika dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini layak dikaji lebih lanjut.

Kata Kunci: Sodium Silikat, Brunner-Mond, Natrium Hidroksida, Pasir Silika

ABSTRACT

The sodium silicate plant is designed to meet domestic demand while supporting the growth of chemical-based industries in Indonesia. Sodium silicate, also known as water glass, has extensive applications in industries, including as a raw material for silica-based catalysts, soap manufacturing, and paper production. This plant utilizes sodium hydroxide and silica sand as raw materials, with a production capacity of 15,000 tons per year. The raw materials required to produce 15,000 tons of sodium silicate per year are 1,210.46 kg/hour of sodium hydroxide and 1,015.60 kg/hour of silica sand. The production process adopts the Brunner-Mond method, carried out in a stirred tank reactor (STR) at a temperature of 220°C and a pressure of 23.6 atm, achieving a conversion rate of 90%. The plant is planned to be located in Serang Regency, Banten, and will operate for 330 days per year. Based on the feasibility analysis, the sodium silicate plant has return on investment (ROI) 43% before tax and 22% after tax. The pay-out time (POT) is 1.9 years before tax and 2.6 years after tax. The break-even point (BEP) is 45%, the shutdown point (SDP) is at 14,6% of production capacity, and the discounted cash flow rate of return (DCFRR) reaches 33%. Based on this technical and economic analysis, the sodium silicate plant utilizing sodium hydroxide and silica sand with a capacity of 15,000 tons per year is deemed worthy of further study.

Keywords: Sodium Silicate, Brunner-Mond, Sodium Hydroxide, Silica Sand

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pertumbuhan ekonomi merupakan kunci utama dalam mengukur kemajuan suatu negara, termasuk Indonesia. Sebagai salah satu negara dengan kekayaan alam yang melimpah serta sumber daya manusia yang potensial, Indonesia memiliki peluang besar untuk mendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan, khususnya dalam menghadapi tantangan era globalisasi. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), sektor industri menyumbang hampir 20% dari Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia pada tahun-tahun terakhir, menjadikannya salah satu kontributor utama dalam pertumbuhan ekonomi nasional (BPS, 2023).

Namun, salah satu kendala yang dihadapi adalah tingginya ketergantungan pada impor bahan baku dan produk industri dari luar negeri. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk mengembangkan industri dalam negeri guna mengurangi ketergantungan tersebut. Salah satu upaya strategis yang dapat diambil adalah melalui pendirian pabrik-pabrik yang mampu memenuhi kebutuhan domestik. Dengan adanya pabrik-pabrik ini, Indonesia tidak hanya dapat mengurangi impor, tetapi juga memiliki potensi untuk meningkatkan ekspor, yang pada akhirnya akan menambah devisa negara. Hal ini sejalan dengan program pemerintah untuk mendorong hilirisasi industri dan meningkatkan nilai tambah dari pengolahan sumber daya alam domestik (Kementerian Perindustrian, 2023).

Salah satu sektor industri yang hingga saat ini masih bergantung pada impor adalah produksi Sodium Silikat (Na_2SiO_3) atau yang lebih dikenal dengan nama *water glass*. Sodium silikat tersedia dalam bentuk padat maupun cair dan memiliki beragam aplikasi dalam industri, seperti bahan dasar katalis berbasis silika, pembuatan sabun dan detergen, pembersih logam, pengolahan air, dan pembuatan kertas. Menurut laporan dari *Market Research Future* (2022), permintaan global terhadap sodium silikat terus meningkat, namun kapasitas produksi domestik di Indonesia masih sangat terbatas.

Oleh karena itu, pendirian pabrik sodium silikat di Indonesia menjadi langkah strategis yang diharapkan mampu mencukupi kebutuhan dalam negeri sekaligus membuka peluang ekspor ke negara lain. Hal ini tidak hanya membantu mengurangi defisit perdagangan akibat impor, tetapi juga menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat lokal, sehingga mendukung penurunan angka pengangguran dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Dengan demikian, pengembangan industri sodium silikat di Indonesia memiliki potensi besar untuk menjadi salah satu pilar pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi perancangan pabrik sodium silikat didasarkan pada beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1.2.1 Kebutuhan Sodium Silikat di Indonesia

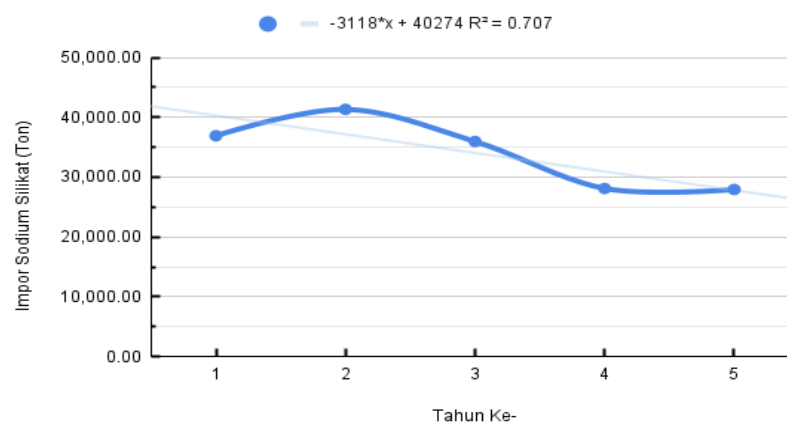
Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) RI, data impor sodium silikat sebagai bahan kimia dari tahun 2017 sampai 2021 ditunjukkan pada tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Impor sodium silikat dari Tahun 2017-2021

Tahun	Impor, ton/ tahun
2017	36.903,04
2018	41.318,40
2019	35.944,03
2020	28.099,17
2021	27.619,66

(Sumber: BPS, 2024)

Dari Tabel 1.1 diatas, dapat diketahui bahwa industri di Indonesia masih membutuhkan *waterglass* dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan baku dalam usahanya. Dilakukan regresi linear untuk mendapatkan tren kenaikan impor sodium silikat di Indonesia. Grafik dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar 1. 1 Grafik Impor Sodium Silikat di Indonesia

Perkiraan impor Sodium Silikat atau *water glass* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang diperoleh dari Gambar 1.1 yaitu persamaan $Y = -3118 \cdot x + 40274$ dimana nilai x sebagai tahun

ke- dan y sebagai jumlah impor sodium silikat. Pabrik sodium silikat ini dirancang untuk didirikan pada tahun 2029. Dari grafik tersebut diperkirakan kebutuhan sodium silikat tahun 2029 di Indonesia sebesar 15.330 ton/tahun. Selain itu, kapasitas produksi dapat ditentukan dengan meninjau dari kapasitas pabrik yang telah berdiri. Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang telah berdiri. Adapun beberapa produsen sodium silikat dari mancanegara yang telah berdiri dijabarkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Data Kapasitas Produksi Sodium Silikat di Beberapa Negara

Nama Perusahaan	Negara	Kapasitas (ton/th)
Shanti Chemical Works	India	90.000
Foshan Nanhai Liande Water Reducing Co.	China	36.000
C. Thai chemicals	Thailand	80.000
PT. Mahkota Indonesia	Indonesia	44.000
PT. Dunia Kimia utama	Indonesia	3.960
PT. Tirta Bening Mulia	Indonesia	36.000
PT Sinar Sakti Kimia	Indonesia	29,000
PT Liku Telaga	Indonesia	16,365
PT Ajidharmas Tritunggal Sakti	Indonesia	27,000

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa pendirian pabrik sodium silikat yang telah berdiri adalah berkisar 3.960 ton/tahun hingga 80.000 ton/tahun.

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk membuat sodium silikat yaitu natrium hidroksida (NaOH) dan pasir silika (SiO₂). Kebutuhan kedua Bahan baku tersebut diperoleh dari produsen - produsen dalam negeri yang ditampilkan pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Data Produsen Bahan Baku Sodium Silikat di Indonesia

Bahan Baku	Produsen	Kapasitas (ton/tahun)
NaOH	PT Asahimas Chemical, Cilegon	680.000
SiO ₂	PT Siltec Maju Perkasa, Serang	72.000

(Sumber : P3DN, 2024)

Kapasitas produksi sodium silikat ditetapkan sebesar 15.000 ton/tahun dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, pengurangan kebutuhan impor sodium silikat, serta untuk mendorong pertumbuhan industri yang menggunakan sodium silikat sebagai bahan baku. Berdasarkan gambar 1.1, proyeksi kebutuhan impor sodium silikat di Indonesia pada tahun 2029 mencapai 15.330 ton/tahun, sesuai dengan informasi pada tabel 1.2 yang menunjukkan bahwa kapasitas produksi yang menguntungkan berkisar antara 3.960 ton/tahun hingga 80.000 ton/tahun. Secara stoikiometris, setiap mol pasir silika membutuhkan 2 mol natrium hidroksida. Oleh karena itu, untuk memproduksi 1 ton sodium silikat, diperkirakan dibutuhkan 655,74 kg NaOH dan 491,8 kg SiO₂. Dengan kapasitas produksi 15.000 ton/tahun, pabrik ini akan membutuhkan NaOH sebesar 9.836,1 ton/tahun dan silika

(SiO₂) sebesar 7.377 ton/tahun, yang mana kebutuhan bahan baku ini dapat dipenuhi oleh produsen yang tercantum dalam tabel 1.3

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Natrium Hidroksida

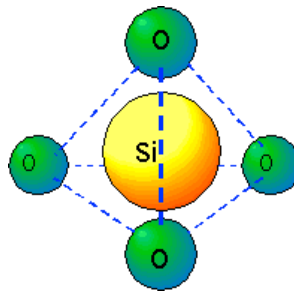
Soda api yang dikenal sebagai natrium hidroksida atau NaOH adalah senyawa kimia yang memiliki tingkat alkali tinggi. Sifat-sifat kimianya membuatnya ideal untuk berbagai aplikasi. Bahan dasar umum yang digunakan di industri adalah natrium hidroksida. Industri menggunakan 25% dari 56% natrium hidroksida yang dihasilkan, yang digunakan oleh kertas. Natrium hidroksida juga digunakan untuk membuat garam natrium, deterjen, dan sintesis organik serta mengontrol pH. Dalam proses pembuatan aluminium Bayer, natrium hidroksida paling sering digunakan dalam larutan berair karena lebih sederhana dan lebih murah (Kurt dan Bittner, 2005).

1.3.2 Pasir Silika

Silika mineral adalah senyawa yang umum ditemukan dalam bahan tambang dan galian yang terdiri dari mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika (SiO₂). Silika mineral juga dapat diperoleh dari sintesis kristal nabati atau dari silika mineral (Bergmann dan Goncalves, 2006). Selain terbentuk secara alami, silika dengan struktur kristal tridimit dapat diperoleh dengan memanaskan pasir kuarsa pada suhu 870°C. Selain itu, silika dengan struktur kristobalit dapat diperoleh dengan memanaskan pasir kuarsa pada suhu 1470°C (Cotton dan Wilkinson, 1989). Proses mereaksikan

silikon dengan udara atau oksigen pada suhu tinggi juga dapat menghasilkan silika (Iler, 1979).

Silika biasanya memiliki struktur tetrahedral karena terbentuk melalui ikatan kovalen yang kuat dan memiliki struktur dengan empat atom oksigen terikat pada posisi sudut tetrahedral di sekitar atom silikon, pusat silika.



Gambar 1. 3 struktur silika tetrahedral

(Sumber : Mayyadah Abed dkk.,2008)

Tetrahedron SiO_4 , yang dikenal sebagai satuan struktur primer silika, terdiri dari satu atom silika yang dikelilingi oleh empat atom oksigen (seperti terlihat pada Gambar 2.1). Ikatan tetrahedral ini kuat dengan gaya ikatan ionik dan kovalen. Menurut Van dan Lawrence (1992), silika murni tidak mengandung ion logam, dan setiap atom oksigen berfungsi sebagai atom penghubung antara dua atom silikon. Senyawa pengotor dibawa ke silika selama proses pengendapan. Pasir kuarsa, juga disebut pasir putih, adalah produk pelapukan batuan yang mengandung mineral penting seperti kuarsa dan feldspar.

Pasir kuarsa terdiri dari gabungan SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O , yang memiliki warna putih bening atau warna yang berbeda tergantung pada senyawa pengotornya. Proses penambangan biasanya dimulai dengan penambangan pasir kuarsa sebagai bahan baku. Kemudian, pengotor

dibuang dan pasir dikeringkan kembali untuk menghasilkan pasir dengan kadar silika yang lebih tinggi (bergantung pada kondisi kuarsa di tempat penambangan). Pasir ini kemudian disebut pasir silika atau pasir silika dengan kadar tertentu.

1.3.3 Sodium Silikat

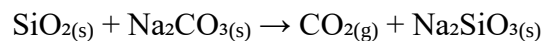
Sodium silikat ditemukan pertama kali oleh Jahamn Nepomuk Von Fuch pada tahun 1825 di Munich, Jerman. Larutan sodium silikat berasal dari *sodium silicate glass* yang larut. Larutan ini dihasilkan dalam berbagai tingkatan yang dicirikan oleh rasio $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$, bervariasi antara 2:1 dan 3,75:1 dan berbeda dalam kandungan air. Karena viskositasnya yang rendah, larutan silikat disebut gelas air atau gelas cair. Sifat umum larutan ini adalah kandungan alkali yang tinggi. Penurunan nilai pH atau peningkatan elektrolit (garam) menyebabkan gelasi awal yang terlihat dan pengerasan berikutnya. Secara umum Sodium silikat yang digunakan di Negara Indonesia khususnya bidang industri dispesifikan menjadi dua, yaitu:

1. Larutan air silika yang mengandung 1,5-4 mol SiO_2 1 mol Na_2CO_3 , sering disebut Sodium tetrasilicate (Water glass). Spefisikasi ini diproduksi dengan cara melarutkan Sodium silikat ke dalam air.
2. Solid, Kristal Sodium silikat. Perbandingan berat bervariasi dari 0,5 sampai 2.

1.3.4 Pemilihan Proses

a. Proses Baker

Pada proses ini menggunakan bahan baku pasir silika dan (SiO_2) dan Natrium karbonat (Na_2CO_3). Kedua bahan baku tersebut dicampurkan dengan rasio perbandingan 1:1. Bahan baku yang telah tercampur selanjutnya dimasukkan secara batch ke dalam *furnace* dan dipanaskan sampai temperatur 2.200-2.600 °F (1.200-1.450 °C) dengan kondisi tekanan sebesar 1 atm. Waktu reaksi berlangsung selama 12-36 jam. Kedua bahan tersebut akan bereaksi membentuk lelehan secara bertahap dan mengeluarkan gas karbondioksida. Reaksi kimia yang terjadi adalah:

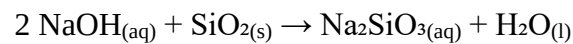


Lelehan panas (cairan) kemudian didinginkan dalam *rotary cooler*, sehingga terjadi perubahan fasa dari cairan panas (cair) menjadi natrium silikat padat. Padatan natrium silikat yang dihasilkan masih mengandung pengotor dan harus diproses lebih lanjut menggunakan *rotary dissolver*. Dalam *rotary dissolver*, sejumlah air (H_2O) ditambahkan ke padatan natrium silikat untuk membentuk larutan natrium silikat (cair) 40-50%. Larutan natrium silikat kemudian didiamkan untuk memisahkan padatan (pengotor) dari cairan. Ini terjadi di tangki pengendapan. Pembuangan dari tangki pengendapan terdiri dari dua produk: produk utama (cair) dan limbah padat (pengotor). Konversi yang dihasilkan dalam proses ini sebesar 96%.

(Keyes, 1995)

b. Proses Brunner-Mond

Pada proses Brunner-Mond, pasir silika direaksikan dengan natrium hidroksida dalam reaktor alir tangki berpengaduk pada suhu 220 °C dan tekanan 23,6 atm. Natrium hidroksida dilarutkan dalam campuran hingga konsentrasi 50% menggunakan air proses sebagai pelarut. Reaksi memakan waktu 1 jam, dengan menghasilkan konversi 75%. Keluaran mixer setelah proses ekspansi dikirim ke filter untuk memisahkan larutan dan padatan berupa produk natrium silikat. Produk akhir berupa larutan natrium silikat dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan produk. Reaksi yang terjadi:



(Kirk dan Othmer, 2000)

Tabel 1. 4 Data Perbandingan Proses Baker dan Bunner Mond

Parameter	Baker	Brunner-Mond
Bahan Baku	Na ₂ CO ₃ dan SiO ₂	NaOH dan SiO ₂
Temperature	1.200-1.450°C	220°C
Tekanan	1 atm	23,6 atm
Waktu Reaksi	12-36 jam	6-10 jam
Kemurnian	98%	99%
Konversi	96%	90%
Produk Samping	CO ₂	H ₂ O
Fasa Produk	Cair/Padat	Cair/Padat
Tempat Reaksi	Furnace dan Rotary Dissolver	RATB
Kekurangan	Menghasilkan emisi	NaOH bersifat korosif pada alat

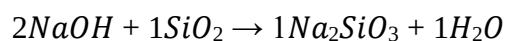
Berdasarkan Tabel 2.1 maka dalam proses pembuatan natrium silikat dipilih Proses Brunner Mond dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Suhu operasi yang lebih rendah dapat menghemat energi pada komponen atau alat.
2. Bahan baku lebih murah dan mudah ditemukan
3. Produk samping H_2O lebih ramah lingkungan dari pada produk samping proses baker menghasilkan CO_2
4. Waktu reaksi yang lebih singkat dapat meningkatkan produktivitas dan menurunkan biaya operasional serta menghasilkan konversi yang tinggi.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan menentukan sifat reaksi dan arah reaksi, sehingga perlu perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH°_f) dari reaktan dan produk. Reaksi pembentukan sodium silikat adalah sebagai berikut:



Data-data harga ΔH°_f dan ΔH°_G dari Yaws, 1999, untuk masing-masing komponen pada suhu 298 K adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 5 Sifat Termodinamika Bahan Baku Produk

Komponen	ΔH_f° (kjoule/mol)	ΔG_f° (kjoule/mol)
NaOH	-425,60	-379,50
H ₂ O	-241,80	-228,60
SiO ₂	-910,70	-856,30
Na ₂ (SiO ₃)	-1561,43	-1427

Entalpi keseluruhan ΔH_r°

$$\Delta H_r^\circ (298) = \Delta H_f^\circ (\text{produk}) - \Delta H_f^\circ (\text{reaktan})$$

$$\Delta H_r^\circ (298) = [\Delta H_f^\circ (Na_2SiO_3) + \Delta H_f^\circ (H_2O)] - [\Delta H_f^\circ (NaOH) + \Delta H_f^\circ (SiO_2)]$$

$$\Delta H_r^\circ (298) = [(-1561,43) + (-241,80)] - [(-425,60) + (-910,70)]$$

$$\Delta H_r^\circ (298) = -466,93 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa reaksi ΔH_r° bernilai negatif, dapat disimpulkan reaksi tersebut adalah *eksotermis* (pelepasan kalor). Hal ini menyebabkan suhu reaktor terus meningkat. Oleh karena itu, diperlukan alat penukar panas untuk menjaga suhu pada 220°C. Kemudian menghitung nilai Gibbs (ΔG_f°) keseluruhan pada reaksi yang sama pada suhu 298 K. Perhitungan nilai Gibbs keseluruhan dapat ditinjau sebagai berikut :

Energi Gibbs Keseluruhan:

$$\Delta G_r^\circ (298) = \Delta G_f^\circ (\text{produk}) - \Delta G_f^\circ (\text{reaktan})$$

$$\Delta G_r^\circ (298) = [\Delta G_f^\circ (Na_2SiO_3) + \Delta G_f^\circ (H_2O)] - [\Delta G_f^\circ (NaOH) + \Delta G_f^\circ (SiO_2)]$$

$$\Delta G_{r \text{ } ^0(298)} = [(-1427)+(-228,60)] - [(-379,50)+(-856,30)]$$

$$\Delta G_{r \text{ } ^0(298)} = -419,80 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh ΔG_f^0 bernilai negatif maka reaksi tersebut merupakan reaksi spontan. Persamaan hubungan ΔG_f^0 . Untuk mengetahui nilai konstanta kesetimbangan (K) dengan rumus energi Gibbs:

$$\ln K = \left[\frac{-\Delta G}{RT} \right]$$

$$\ln K = \left[\frac{-(-419,80 \text{ kJ/mol})}{0,008314 \text{ kJ/mol.K} \times 298,15 \text{ K}} \right]$$

$$\ln K = 169,44$$

$$K_1 = 3,86 \times 10^{73}$$

Nilai konstanta keseimbangan reaksi pada suhu 220°C (493,15° K):

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \left[\frac{-\Delta H}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \left[- \frac{-466,93 \text{ kJ/mol}}{0,008314 \text{ kJ/mol.K}} \right] \times \left[\frac{1}{493,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

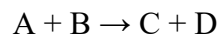
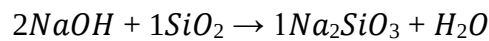
$$K_2 = 1.58 \times 10^{41}$$

Diperoleh nilai $K > 1$ menunjukkan reaksi berjalan secara *irreversible*, dari hasil perhitungan didapatkan nilai K_1 sebesar $3,86 \times 10^{73}$ dan K_2 sebesar 1.58×10^{41} ini menunjukkan bahwa produk sangat dominan dibandingkan dengan reaktan pada suhu tersebut. Secara praktis reaksi ini lebih cenderung *irreversibel* karena stabilitas

produk yang tinggi dan sulitnya reaksi balik terjadi dalam kondisi normal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan *sodium silikat* merupakan reaksi *irreversibel* karena nilai K bernilai positif.

1.4.2 Kinetika

Reaksi pembentuk sodium silikat dari natrium hidroksida dan pasir silika. Dimana persamaan reaksi sebagai berikut:

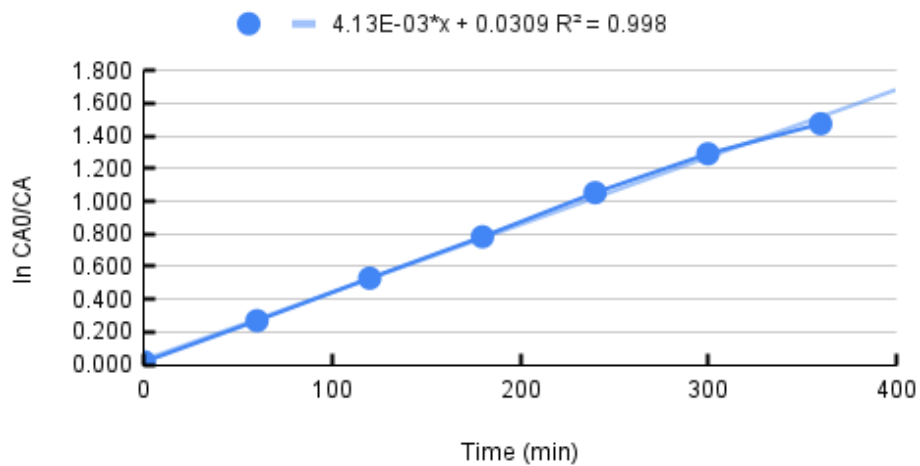


Diketahui bahwa reaksi produksi sodium silikat (Na_2SiO_3) merupakan reaksi orde satu. Dengan persamaan laju reaksi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} -r_A &= k \cdot CA \\ &= k \cdot CA_0 (1 - X_A) \end{aligned}$$

Berdasarkan percobaan Coogee (2007) ini berfokus pada pelarutan pasir silika ke dalam larutan alkali (natrium hidroksida) pada suhu tinggi. Proses ini berlangsung pada suhu 220°C, pada suhu ini laju reaksi meningkat, menyebabkan pasir silika larut lebih cepat ke dalam larutan alkali. Data eksperimental yang diperoleh oleh Coogee (2007) kemudian dianalisis untuk menentukan orde reaksi

dan konstanta laju reaksi, yang berguna dalam desain reaktor untuk proses industri, diperoleh hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 1. 2 Grafik Konsentrasi Terhadap Waktu

Dari data percobaan yang dilakukan Cooge (2007) diperoleh data kinetika dari grafik persamaan kinetika $\ln CA_0/CA$ vs waktu seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.2 diketahui CA merupakan konsentrasi dari larutan natrium hidroksida. Setelah dilakukan plot antara $\ln CA_0/CA$ terhadap waktu diperoleh persamaan $y = 0,0042x$ merupakan nilai k sebagai konstanta kecepatan reaksi. Dengan demikian nilai $k = 0,0042/\text{menit}$ yang menunjukkan bahwa ini merupakan reaksi orde 1.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Pada pengolahan bahan baku hingga menjadi produk sangat dibutuhkan informasi mengenai karakteristik kimia dan fisika dari bahan tersebut. Sifat-sifat fisika dan kimia natrium silikat beserta bahan baku produksinya, yaitu natrium hidroksida, silika dioksida dan air dapat dilihat pada uraian berikut.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Parameter	Bahan Baku			Produk
	Natrium Hidroksida	Pasir Silika	Air	Sodium Silikat
Rumus Kimia	NaOH	SiO ₂	H ₂ O	Na ₂ SiO ₃
BM (g/mol)	40	60,1	18	122,063
Warna	Putih	Coklat Putih	Bening	Putih
Fase	Padat	Padat	Cair	Padat
Kelarutan Dalam Air	1.090 g/l pada 20 °C	Tidak larut dalam air	N/A	22,2 g/100 ml pada 25 °C
Densitas (kg/m ³)	2.130	2.650	997	2.181
Titik Didih (pada 1 atm), °C	1388	2230	100	100
Titik Lebur (pada 1 atm), °C	319-322	1710	0	1,088
Kemurnian (%)	98	95	100	93
ΔH°f (kJ/mol)	-425,60	-910,70	-241,80	-1561,43
ΔG°f (kJ/mol)	-379,50	-856,30	-228,60	-1427

(sumber : Yaws,1999 dan MSDS)

2.1 Sifat kimia Bahan Baku dan Produk

1. Bahan Baku

a. Natrium Hidroksida



Gambar 2. 1 Hazard Diamond pada Natrium Hidroksida

(sumber: cameochemicals.noaa.gov)

1) Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

NaOH bersifat sangat korosif dan diklasifikasikan sebagai bahaya kesehatan pada tingkat 3, yang menunjukkan bahwa paparan singkat dapat menyebabkan luka, atau cedera sedang hingga serius.

2) Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

NaOH tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa NaOH tidak mudah terbakar.

3) Reaktivitas (Warna Kuning)

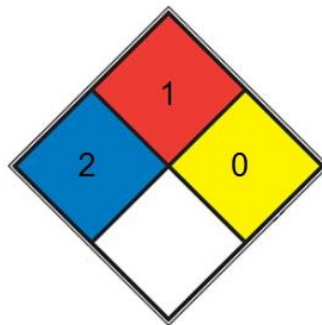
NaOH dikategorikan sebagai bahaya reaktivitas pada tingkat 1, yang menandakan bahwa zat ini relatif stabil, namun dapat bereaksi

dengan air atau bahan lain seperti logam, menghasilkan gas hidrogen yang mudah terbakar.

4) Peringatan Khusus (Warna Putih)

NaOH tidak memiliki peringatan khusus.

b. Pasir Silika



Gambar 2. 2 Hazard Diamond pada Pasir Silika

(sumber:chemicalbook.com)

1) Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

SiO_2 diklasifikasikan sebagai bahaya pada tingkat 2, yang menunjukkan bahwa paparan yang intens atau terus menerus tetapi tidak kronis dapat menyebabkan kelumpuhan sementara atau kemungkinan cedera residual.

2) Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

SiO_2 tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 1. Hal ini menunjukkan bahwa SiO_2 tidak mudah terbakar.

3) Reaktivitas (Warna Kuning)

SiO_2 dikategorikan sebagai bahaya reaktivitas pada tingkat 0, yang menandakan bahwa zat ini umumnya stabil dalam kondisi normal bahkan dalam kondisi terpapar api dan tidak reaktif dengan air.

4) Peringatan Khusus (Warna Putih)

SiO_2 tidak memiliki peringatan khusus.

c. Sodium Silikat



Gambar 2. 3 Hazard Diamond pada Sodium Silikat

(sumber : www.gsmsds.com)

1) Bahaya Kesehatan (Warna Biru)

Na_2SiO_3 bersifat korosif diklasifikasikan pada tingkat sebagai bahaya kesehatan pada tingkat 3, yang menunjukkan bahwa dapat menyebabkan iritasi serius.

2) Bahaya Kebakaran (Warna Merah)

Na_2SiO_3 tergolong ke dalam bahaya kebakaran pada tingkat 0. Hal ini menunjukkan bahwa Na_2SiO_3 tidak mudah terbakar.

3) Reaktivitas (Warna Kuning)

Na_2SiO_3 dikategorikan sebagai bahaya reaktivitas pada tingkat 0, yang menandakan bahwa zat ini relatif stabil, namun dapat bereaksi dengan bahan tertentu seperti asam kuat dan menghasilkan reaksi eksotermik (panas).

4) Peringatan Khusus (Warna Putih)

Na_2SiO_3 tidak memiliki peringatan khusus.

(Cameo chemicals, 2024)

2.2 Pengendalian Kualitas

Kualitas merupakan keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar (Irwan & Haryono, 2015). Oleh sebab itu, pengendalian kualitas merupakan penggunaan teknik dan kegiatan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas dari sebuah produk atau jasa. Dengan kata lain pengendalian kualitas merupakan usaha untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas dari

produk yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Sebelum proses produksi mulai dilakukan, perlu adanya pengujian terhadap kualitas bahan baku. Pengendalian bahan baku bertujuan untuk mengetahui kualitas bahan baku yang digunakan. Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa natrium hidroksida dan pasir silika dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik dan sesuai dengan yang diharapkan. Evaluasi dilakukan dengan mengacu pada standar yang relevan, seperti standar ASTM. Uji ini bertujuan memastikan bahwa bahan baku dapat diproses sesuai dengan kebutuhan pabrik.

2.2.2 Pengendalian Kualitas Produk

Agar mendapatkan produk dengan mutu standar, maka perlu adanya bahan yang berkualitas, pengawasan dan pengendalian terhadap proses dengan *system control* hingga mendapatkan produk dengan kualitas bagus. Produk yang akan lolos uji yaitu produk yang sesuai dengan standar yang telah diterapkan agar produk tersebut bisa dipasarkan.

2.3 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian proses produksi pabrik meliputi alat sistem kontrol dan aliran sistem kontrol.

2.3.1 Alat Sistem Kontrol

- a. Sensor digunakan untuk mendeteksi variabel proses. Alat yang digunakan meliputi manometer untuk mengukur tekanan, flow meter untuk mengukur aliran fluida, level transmitter untuk level, dan termokopel untuk suhu.
- b. Kontroler menerima sinyal dari sensor, membandingkannya dengan setpoint, dan mengirimkan sinyal ke aktuator. Indikator memberikan tampilan real-time untuk suhu, level, tekanan, atau aliran
- c. Aktuator mengubah variabel proses agar sesuai dengan *setpoint*. Alat yang digunakan adalah *valve* kontrol otomatis dan *valve* manual untuk operasi langsung oleh operator.

2.3.2 Aliran Sistem Kontrol

- a. Aliran pneumatik (aliran udara tekan) digunakan untuk *valve* dari *controller* ke aktuator.
- b. Aliran elektrik (aliran listrik) digunakan untuk mengirimkan sinyal dari sensor ke *controller*.
- c. Aliran mekanik (aliran gerakan) terbatas pada sistem manual, seperti penggerak *valve* manual.

2.3.3 Pengendalian Waktu

Pengendalian waktu bertujuan untuk memastikan setiap proses produksi berlangsung sesuai durasi yang direncanakan, meningkatkan efisiensi, dan meminimalkan pemborosan dengan menggunakan timer atau sistem otomatis untuk mengatur durasi proses dan penjadwalan.

2.4 Pengendalian Kuantitas

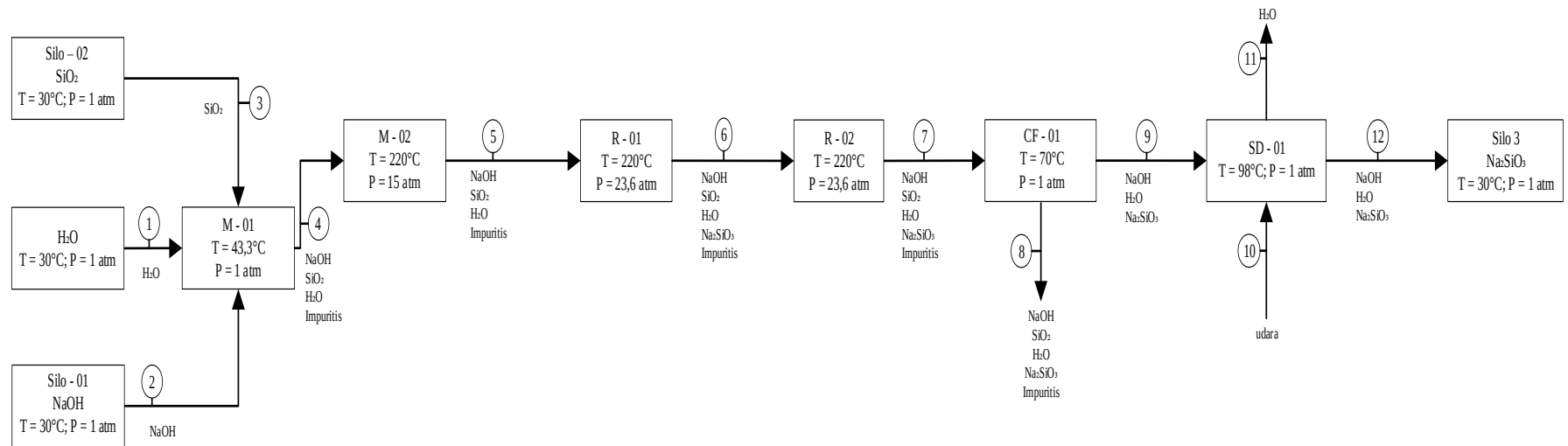
Pengendalian kuantitas bertujuan memastikan jumlah bahan baku, produk antara, dan produk jadi sesuai dengan perencanaan. Penyimpangan kuantitas dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk, tetapi tidak terbatas pada, kesalahan operator, keterlambatan dalam pengadaan bahan baku, dan perbaikan alat yang terlalu lama. Penyebab penyimpangan harus diidentifikasi, dievaluasi dan diatasi dengan perencanaan ulang berdasarkan kondisi aktual untuk menjaga kelancaran proses produksi.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

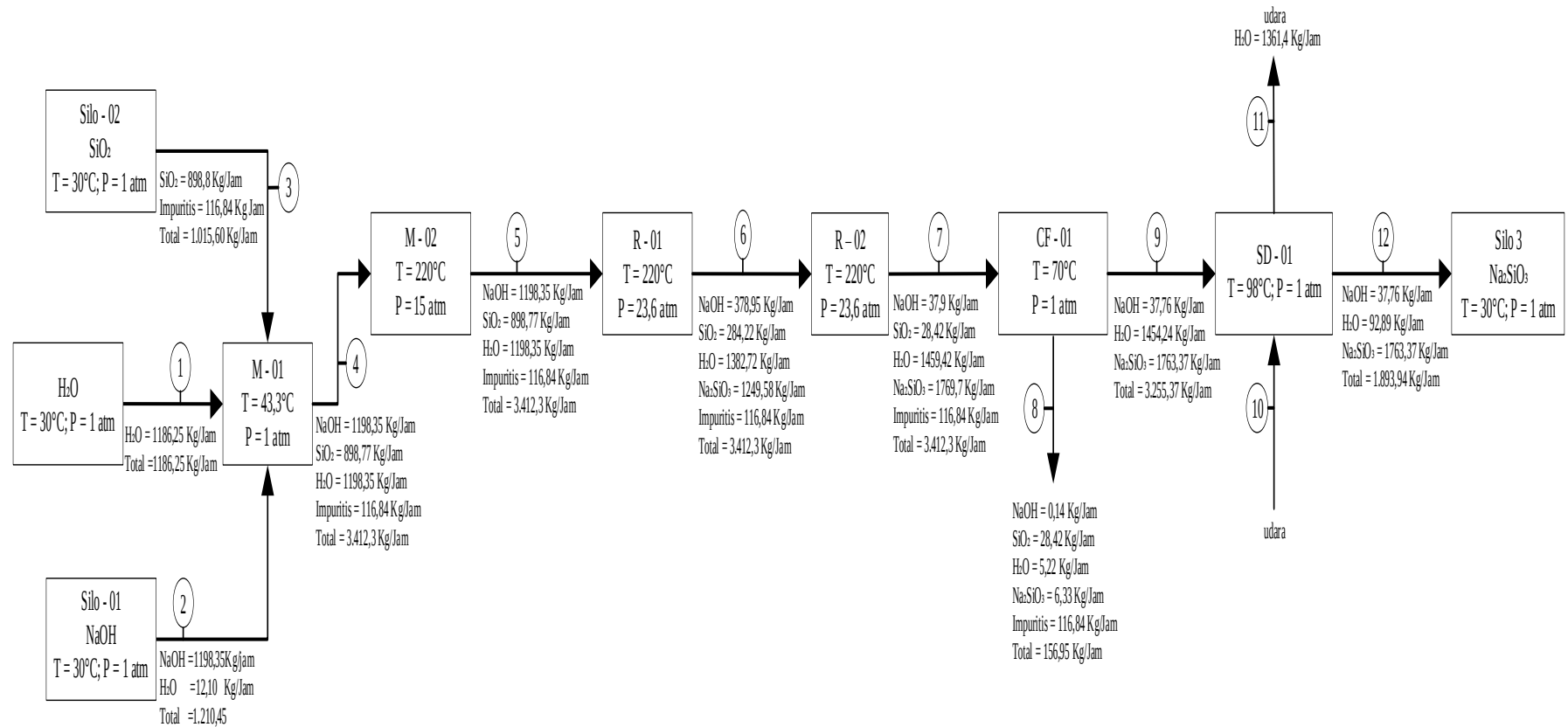
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Kuantitatif

3.2 Uraian proses

3.2.1 Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku Natrium Hidroksida dalam bentuk padatan disimpan dalam silo NaOH (S-01) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, sedangkan untuk bahan baku pasir silika yang juga berbentuk padatan disimpan di silo SiO₂ (S-02) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sebelum bahan baku Natrium Hidroksida dan pasir silika direaksikan ke reaktor (R-01), Natrium Hidroksida dan pasir silika diangkut dari silo (S-01) dan silo (S-02) menggunakan *screw conveyor* dilanjutkan dengan *bucket elevator*, kemudian melarutkan Natrium Hidroksida dengan air dan mencampurkan Pasir Silika di dalam *mixer* (M-01) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, keluaran dari *mixer* (M-01) suhu terjadi peningkatan menjadi 43,3°C akibat adanya panas pelarutan. Sehingga, Natrium Hidroksida dan Pasir Silika dipompa (P-01) untuk menaikkan tekanan menjadi 15 atm menuju *mixer* (M-02) untuk dipanaskan hingga suhu 220°C menggunakan *steam* sebagai pemanas. Keluaran dari *mixer* (M-02) kemudian dipompa (P-02) untuk dinaikkan tekanannya menjadi 23,6 atm yang akan dialirkan ke dalam reaktor (R-01) untuk direaksikan menjadi produk.

3.2.2 Proses Pembentukan Produk

Bahan baku Natrium Hidroksida (NaOH) dan Pasir Silika (SiO₂) keluaran *mixer* (M-02) yang sudah bercampur, kemudian direaksikan di dalam reaktor (R-01). Reaksi terjadi pada suhu 220°C tekanan 23,6 bersifat

eksotermis, *irreversible*. Produk keluar reaktor (R-01) berupa *slurry* dengan tekanan 23,6 atm dan suhu 220°C dialirkan menuju reaktor (R-02) untuk pengoptimalan reaksi. Setelah itu, produk didinginkan terlebih dahulu menggunakan *cooler* (HE-02) hingga mencapai suhu 70°C untuk mencegah pembentukan uap air saat melewati turbin (T-01). Tekanan kemudian diturunkan menjadi 1 atm menggunakan turbin (T-01), kemudian baru di pompa (P-04) menuju *Centrifuge* (C-01).

3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Setelah dari turbin (T-01), produk dipompa oleh pompa (P-04) masuk ke *centrifuge* (CF-01) pada suhu 70°C dan tekanan 1 atm. *Centrifuge* berfungsi untuk memisahkan produk dan impuritis. Produk bersama dengan natrium hidroksida cair dan air akan di pompa (P-05) menuju *Spray dryer* (SD-01). Di dalam *Spray dryer* (SD-01) produk melalui proses pengeringan pada suhu 98°C dengan bantuan udara panas yang diambil menggunakan blower, untuk menurunkan kadar air pada produk. Hasil produk keluaran *Spray dryer* (SD-01) dibawa dengan *screw conveyor* (SC-03) dan diangkut oleh *bucket elevator* (BC-03) untuk disimpan di dalam silo produk (S-03), suhu pada saat produk disimpan di dalam silo (S-03) sebesar 30°C pada tekanan 1 atm.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Reaktor

a. Spesifikasi Reaktor 1

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor - 01

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Reaktor
Kode Alat	: R - 01
Jumlah	: 1 (satu)
Fungsi	: Mereaksikan Natrium Hidroksida dan Pasir Silika Menjadi Sodium Silikat
Jenis Alat	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: <i>Continuous</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 23,6
Suhu (°C)	: 220
Kapasitas (Ton/Tahun)	: 15000
Kondisi Operasi	: <i>Isothermal</i> dan Non Adiabatis
Volume (m ³)	: 20,30
DIMENSI REAKTOR	
Shell	Diameter (m) : 3,05
	Tinggi (m) : 4,28
	Tebal (in) : 1,5
Head	Tinggi (m) : 0,62
	Tebal (in) : 0,37

PENGADUK	
Jenis	: <i>Flat blade turbine</i>
Diameter (m)	: 1,02
Panjang Blade (m)	: 1,02
Lebar Blade (m)	: 0,20
Jumlah Baffle (buah)	: 6
Lebar Baffle (m)	: 0,25
Jumlah Blade (buah)	: 4
Kecepatan pengadukan (rpm)	: 6,21
Power Pengadukan (hp)	: 0,5
PENDINGIN	
Media Pendingin	: <i>Dowtherm A</i>
Jenis Pendingin	: Jaket
Luas Transfer Panas (m ²)	: 38,13
Luas Selimut (m ²)	: 67,79
Kebutuhan Pendingin (Kg/jam)	: 102.046,43
Tebal (in)	: 1
Diameter (m)	: 1,75
OD (m)	: 0,04
ID (m)	: 0,04
ISOLATOR	
Tebal (in)	: 2,8

b. Spesifikasi Reaktor 2

Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor - 02

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Reaktor
Kode Alat	: R - 01
Jumlah	: 1 (satu)
Fungsi	: Mereaksikan Larutan Natrium Hidroksida dan Pasir Silika Menjadi Sodium Silikat
Jenis Alat	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: <i>Continuous</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 23,6
Suhu (°C)	: 220
Kapasitas (Ton/Tahun)	: 15.000
Kondisi Operasi	: <i>Isothermal</i> dan Non Adiabatis
Volume (m ³)	: 20,30
DIMENSI REAKTOR	
Shell	Diameter (m) : 3,05
	Tinggi (m) : 4,3
	Tebal (in) : 1,5
Head	Tinggi (m) : 0,62
	Tebal (in) : 0,37

PENGADUK	
Jenis	: <i>Flat blade turbine</i>
Diameter (m)	: 1,02
Panjang Blade (m)	: 1,02
Lebar Blade (m)	: 0,20
Jumlah Baffle (buah)	: 6
Lebar Baffle (m)	: 0,25
Jumlah Blade (buah)	: 4
Kecepatan pengadukan (rpm)	: 6,21
Power Pengadukan (hp)	: 0,5
PENDINGIN	
Media Pendingin	: <i>Dowtherm A</i>
Jenis Pendingin	: Jaket
Luas Transfer Panas (m ²)	: 5,34
Luas Selimut (m ²)	: 67,78
Kebutuhan Pendingin (Kg/jam)	: 14.300,27
Tebal (in)	: 1
Diameter (m)	: 1,75
OD Nozzle (m)	: 0,04
ID Nozzle (m)	: 0,03
ISOLATOR	
Tebal (in)	: 4,5

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah

a. Centrifuge

Tabel 3. 3 Spesifikasi *Centrifuge*

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: <i>Centrifuge</i>
Kode Alat	: C-01
Fungsi	: Memisahkan produk dengan Impuritis
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>
KONDISI OPERASI	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 70
SPESIFIKASI	
Diameter (m)	: 0,15
Panjang (m)	: 0,46
Efisiensi (%)	: 87,5
Kecepatan pengadukan (rpm)	: 8000
Power Penggerak (hp)	: 5
Max Gaya Centrifuge	: 5500 x gravitasi

b. *Spray dryer*

Tabel 3. 4 Spesifikasi *Spray dryer*

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Spray Dryer
Kode Alat	: SD-01
Fungsi	: Mengeringkan sodium silikat sebanyak 1.893,4 Kg/Jam dari kadar 45% hingga 5 % dengan udara
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>
KONDISI OPERASI	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu, T1	: 70
Suhu, T2 (°C)	: 98
SPESIFIKASI	
Diameter (m)	: 1,25
Tinggi <i>Spray dryer</i> (m)	: 4,39
Tinggi Kerucut (m)	: 1,08
Tebal (in)	: 0,19
Kecepatan Udara (Kg/Jam)	: 25000

3.3.3 Spesifikasi Alat Pendukung

a. Mixer - 01

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Mixer* - 01

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Mixer
Kode Alat	: M-01
Fungsi	: Mengencerkan larutan NaOH dengan air serta mencampurkan SiO ₂
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>
KONDISI OPERASI	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu Masuk, T1 (°C)	: 30
Suhu Keluar, T2 (°C)	: 43,3
SPESIFIKASI	
Diameter (m)	: 1,68
Tinggi (m)	: 2,70
Volume (m ³)	: 4,26
Tebal Tangki (in)	: 0,19
Tebal Head (in)	: 0,31
Tinggi Head (m)	: 0,36

PENGADUK	
Jenis	: <i>Flat blade turbine</i>
Diameter (m)	: 0,56
Jumlah Baffle (buah)	: 6
Lebar Baffle (m)	: 0,14
Jumlah Blade (buah)	: 4
Lebar Blade (m)	: 0,56
Kecepatan Pengaduk (rpm)	: 11,28
Power pengadukan (hp)	: 0,5

b. Mixer - 02

Tabel 3. 6 Spesifikasi *Mixer - 02*

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Mixer
Kode Alat	: M-02
Fungsi	: Mencampur dan memanaskan larutan NaOH dengan SiO ₂
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>

KONDISI OPERASI		
Tekanan (atm)	:	1
Suhu Masuk, T1 (°C)	:	43,3
Suhu Keluar, T1 (°C)	:	220
SPESIFIKASI		
Diameter (m)	:	2,44
Tinggi (m)	:	4,11
Volume (m3)	:	12,99
Tebal Tangki (in)	:	1
Tebal Head (in)	:	0,31
Tinggi Head (m)	:	0,64
PENGADUK		
Jenis	:	<i>Flat blade turbine</i>
Diameter (m)	:	0,81
Jumlah Baffle (buah)	:	6
Lebar Baffle (m)	:	0,20
Jumlah Blade (buah)	:	4
Lebar Blade (m)	:	0,16
Kecepatan Pengaduk (rpm)	:	7,76
Power pengadukan (hp)	:	0,5

PEMANAS		
Media Pendingin	:	Steam Jenuh
Jenis Pendingin	:	Jaket
Kebutuhan Steam (Kg/Jam)	:	618,84
Luas Transfer Panas (m ²)	:	11,61
Luas Selimut (m ²)	:	49,63
Tebal (In)	:	0,73
Diameter (m)	:	1,56
ID (m)	:	0,05
OD (m)	:	0,06

3.3.4 Spesifikasi Tempat Penyimpanan

a. Silo bahan baku Natrium Hidroksida

Tabel 3. 7 Spesifikasi Silo - 01

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	:	Silo Natrium Hidroksida
Kode Alat	:	S-01
Jenis	:	Silinder tegak
Jumlah	:	1
Fungsi	:	Menyimpan bahan baku natrium hidroksida
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Lama Penyimpanan (hari)	:	15

Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
SPESIFIKASI	
Diameter (m)	: 4,04
Tinggi Silo (m)	: 12,12
Tinggi Kerucut (m)	: 3,50
Sisi Kemiringan Kerucut (m)	: 5,34

b. Silo bahan baku Pasir Silika

Tabel 3. 8 Spesifikasi Silo - 02

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Silo pasir silika
Kode Alat	: S-02
Jenis	: Silinder tegak
Jumlah	: 1
Fungsi	: Menyimpan bahan baku pasir silika
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Lama Penyimpanan (hari)	: 15
Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30

SPESIFIKASI	
Diameter (m)	: 1,33
Tinggi Silo (m)	: 3,99
Tinggi Kerucut (m)	: 1,15
Sisi Kemiringan Kerucut (m)	: 1,76

c. Silo Produk Sodium Silikat

Tabel 3. 9 Spesifikasi Silo - 03

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Silo Sodium Silika
Kode Alat	: S-03
Jenis	: Silinder tegak
Jumlah	: 1
Fungsi	: Menyimpan produk sodium silika
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Lama Penyimpanan (hari)	: 30

Kondisi Operasi	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
SPESIFIKASI	
Diameter (m)	: 5,5
Tinggi Silo (m)	: 16,56
Tinggi Kerucut (m)	: 4,78
Sisi Kemiringan Kerucut (m)	: 7,30

3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi

a. Pompa

Tabel 3. 10 Spesifikasi Pompa

Parameter	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan bahan keluaran dari mixer (M-01) untuk masuk ke mixer (M-02)	Mengalirkan bahan keluaran mixer (M-02) menuju mixer (R-01)	Mengalirkan sodium silika keluaran reaktor (R-01) menuju reaktor (R-02)
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jenis	Centrifugal – <i>Single stage</i>	Centrifugal – <i>single stage</i>	Centrifugal – <i>Single stage</i>
Jumlah	2	2	1
SPESIFIKASI PIPA			
NPS (in)	1	1	1
OD (in)	1,315	1,315	1,315
ID (in)	1,049	1,049	1,049
A (m ²)	0,0006	0,0006	0,0006
SPESIFIKASI POMPA			
Kapasitas (m ³ /s)	0,001	0,001	0,001
Tenaga (J/Kg)	1058,1	424,95	136,94
Power Pompa (HP)	2	0,67	0,5
Power Motor (HP)	5	1	0,5
NPSHr (m)	0,5	0,30	0,54
NPSHa (m)	1,5	31,14	25,16

Tabel 3. 11 Spesifikasi Pompa (Lanjutan)

Parameter	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan sodium silika keluaran reaktor (R-02) menuju centrifuge (CF-01)	Mengalirkan sodium silika keluaran centrifuge (R-02) menuju spray dryer (SD-01)
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Jenis	Centrifugal – <i>single stage</i>	Centrifugal – <i>single stage</i>
Jumlah	1	1
SPESIFIKASI PIPA		
NPS (in)	2	2
OD (in)	2,37	2,37
ID (in)	2,07	2,07
A (m ²)	0,0022	0,0022
SPESIFIKASI POMPA		
Kapasitas (m ³ /s)	0,001	0,001
Tenaga (J/Kg)	136,94	67,47
Power Pompa (HP)	0,5	0, 5
Power Motor (HP)	0,5	0,5
NPSHr (m)	0,54	0,40
NPSHa (m)	25,16	44,46

b. Turbin

Tabel 3. 12 Spesifikasi Turbin

IDENTIFIKASI		
Nama Alat	:	Turbin (Ekspander)
Kode Alat	:	T – 01
Fungsi Alat	:	Menurunkan tekanan dari 23,6 atm menjadi 1 atm
Jenis	:	Turbin Aksial
Jenis Bahan	:	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
KONDISI OPERASI		
Suhu (°C)	:	220
Tekanan Masuk (atm)	:	23,6
Tekanan Keluar (atm)	:	1
IDENTIFIKASI		
Daya (hp)	:	5
Efisiensi (%)	:	75
Jumlah (buah)	:	1

c. Blower

Tabel 3. 13 Spesifikasi Blower -01

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: <i>Blower</i>
Kode Alat	: BL – 01
Fungsi Alat	: Mengalirkan udara ke <i>Spray dryer</i> SD-01
Jenis	: Cetrifugal Blower type backward-curved
Jenis Bahan	: <i>Commercial Steel</i>
SPESIFIKASI	
Rate Volumetrik (ft ³ /jam)	: 70,63
Efisiensi Motor	: 80%
Power, Hp	: 0,5
Jumlah Alat (buah)	: 1

d. *Screw Conveyor*

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Screw Conveyor* - 01

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Screw Conveyor
Kode Alat	: SC-01
Jenis	: Screw
Jumlah	: 1
Fungsi	: Mengangkut Natrium hidroksida dari silo (S-01) menuju bucket elevator (BE - 01)
Bentuk Bahan	: Padatan
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel</i> SA 240 Grade 304
Kapasitas (Kg/Jam)	: 1210,46
KONDISI OPERASI	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
SPESIFIKASI	
Speed (rpm)	: 40
Motor Power (HP)	: 4,8
Panjang (m)	: 9,14
Diameter <i>Shafts</i> (in)	: 2
Diameter <i>Flight</i> (in)	: 9
Diameter <i>feed section</i> (in)	: 6

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Screw Conveyor* – 02

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Screw Conveyor
Kode Alat	: SC-02
Jenis	: Screw
Jumlah	: 1
Fungsi	: Mengangkut pasir silika dari silo (S-02) menuju bucket elevator (BE-02)
Bentuk Bahan	: Powder
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>
Kapasitas (Kg/Jam)	: 1015,60
KONDISI OPERASI	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
SPESIFIKASI	
Speed (rpm)	: 40
Motor Power (HP)	: 4,8
Panjang (m)	: 9,14
Diameter <i>Shaft</i> (in)	: 2
Diameter <i>Flight</i> (in)	: 9
Diameter <i>feed section</i> (in)	: 6

Tabel 3. 16 Spesifikasi *Screw Conveyor* - 03

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Screw Conveyor
Kode Alat	: SC-03
Jenis	: Screw
Jumlah	: 1
Fungsi	: Mengangkut sodium silika dari spray dryer (SD-01) menuju bucket elevator (BE-03)
Bentuk Bahan	: Padatan
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel</i> SA 240 Grade 304
Kapasitas (Kg/Jam)	: 1893,94
KONDISI OPERASI	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
SPESIFIKASI	
Speed (rpm)	: 40
Motor Power (HP)	: 4,8
Panjang (m)	: 9,14
Diameter <i>Shaft</i> (in)	: 2
Diameter <i>Flight</i> (in)	: 9
Diameter <i>feed section</i> (in)	: 6

e. *Bucket Elevator*

Tabel 3. 17 Spesifikasi *Bucket Elevator* - 01

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: <i>Bucket Elevator</i>
Kode Alat	: BE-01
Jenis	: <i>Elevator</i>
Jumlah	: 1
Fungsi	: Mengangkut Natrium Hidroksida dari <i>screw conveyor</i> (SC – 01) menuju mixer (M – 01)
Bentuk Bahan	: Padatan
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel</i> SA 240 Grade 304
Kapasitas (Kg/Jam)	: 1210,46
KONDISI OPERASI	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
SPESIFIKASI	
Speed (rpm)	: 68
Motor Power (HP)	: 1,5
Panjang (m)	: 25
Lebar Belt (in)	: 7

Tabel 3. 18 Spesifikasi *Bucket Elevator* - 02

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: <i>Bucket Elevator</i>
Kode Alat	: BE-02
Jenis	: Elevator
Jumlah	: 1
Fungsi	: Mengangkut Pasir Silika dari <i>screw conveyor</i> (SC – 02) menuju reaktor (R – 01)
Bentuk Bahan	: Powder
Bahan Kontruksi	: <i>Stainless Steel</i> SA 240 Grade 304
Kapasitas (Kg/Jam)	: 1015,60
KONDISI OPERASI	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
SPESIFIKASI	
Speed (rpm)	: 68
Motor Power (HP)	: 1,5
Panjang (m)	: 25
Lebar Belt (in)	: 7

Tabel 3. 19 Spesifikasi *Bucket Elevator* - 03

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: <i>Bucket Elevator</i>
Kode Alat	: BE-03
Jenis	: Elevator
Jumlah	: 1
Fungsi	: Mengangkut Pasir Silika dari <i>screw conveyor</i> (SC – 02) menuju <i>mixer</i> (M – 01)
Bentuk Bahan	: Powder
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel</i> SA 240 Grade 304
Kapasitas (Kg/Jam)	: 1015,60
KONDISI OPERASI	
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
SPESIFIKASI	
Speed (rpm)	: 68
Motor Power (HP)	: 1,5
Panjang (m)	: 25
Lebar Belt (in)	: 7

3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Cooler - 01

Tabel 3. 20 Spesifikasi Cooler - 01

IDENTIFIKASI							
Nama Alat	:	Cooler					
Kode Alat	:	CL – 01					
Fungsi	:	Mendinginkan Sodium Silikat keluaran reactor (R – 01) menuju centrifuge (CF – 01) dari suhu 220 °C sampai 70 °C					
Jenis HE	:	Shell and Tube Pipe Heat Exchanger					
Jenis Bahan	:	Stainless Steel SA 240 Grade 304					
KONDISI OPERASI							
Fluida Panas							
Tekanan	:	1	Atm				
Suhu Masuk, t1	:	220	°C	493,15	K	428	F
Suhu Keluar, t2	:	70	°C	343,15	K	158	F

Fluida Dingin							
Media Pemanas	:	Dowtherm A					
Suhu Masuk, T1	:	60	°C	333,15	K	140	F
Suhu Keluar, T2	:	100	°C	373,15	K	212	F
Massa Pendingin	:	23218,5	Kg/jam				
Tekanan	:	1	atm				
SPESIFIKASI							
		Tube			Shell		
Fluid	:	Dowtherm A			Product		
Diameter	:	0,75	In		12		In
Pressure drop	:	0,2	atm		0,03		atm
Panjang	:	2,44	m		2,44		m
A	:	23,04	m ²				
Ud	:	1,81	KJ/m ² sK				
Uc	:	6,18	KJ/m ² sK				
Rd	:	0,39	KJ/m ² sK				
Rd min	:	0,53	KJ/m ² sK				
Jumlah Alat	:	1	buah				

b. Heater - 01

Tabel 3. 21 Spesifikasi Heater- 01

IDENTIFIKASI						
Nama Alat	:	<i>Heater</i>				
Kode Alat	:	HE – 02				
Fungsi	:	Memanaskan Udara yang akan masuk ke Spray Dryer dari suhu 37 °C menjadi 120 °C				
Jenis HE	:	<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>				
Jenis Bahan	:	<i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>				
Jumlah Hairpin	:	1				
KONDISI OPERASI						
Fluida Dingin						
Tekanan	:	1	Atm			
Suhu Masuk, t1	:	37	°C	310,46	K	99,17 F
Suhu Keluar, t2	:	120	°C	393,15	K	248 F
Fluida Panas						
Media Pemanas	:	Air				
Suhu Masuk, T1	:	140	°C	413,15	K	284 F
Suhu Keluar, T2	:	140	°C	413,15	K	284 F
Massa Pemanas	:	981	Kg/jam			
Tekanan	:	1	atm			

SPESIFIKASI				
	<i>Annulus</i>		<i>Inner Pipe</i>	
Fluid	:	<i>Air</i>	<i>Udara</i>	
IPS	:	2,5	In	1,25 In
OD	:	2,88	In	1,66 In
ID	:	2,46	In	1,38 In
Panjang	:	1,5	m	1,5 m
Pressure drop	:	0,0005	atm	0,006 atm
A	:	13,44	m ²	
Ud	:	0,86	KJ/m ² sK	
Uc	:	18,94	KJ/m ² sK	
Rd	:	0,55	KJ/m ² sK	
Rd min	:	0,53	KJ/m ² sK	
Jumlah Alat	:	1	buah	
	:			

3. 4 Neraca Massa

Neraca massa merupakan perhitungan kuantitatif dari semua bahan- bahan yang masuk, keluar, terakumulasi, serta terbuang dalam sebuah sistem. Perhitungan neraca digunakan untuk mencari variabel proses yang belum diketahui, berdasarkan data variabel proses yang telah ditentukan/diketahui. Terdapat beberapa komponen yang berpengaruh dalam neraca massa, diantaranya:

3.4.1 Neraca Massa Reaktor

a. Reaktor - 01

Tabel 3. 22 Neraca Massa Reaktor - 01

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Arus 5	Arus 6
NaOH	1.198,35	378,95
H ₂ O	1.198,35	1.382,72
SiO ₂	898,76	284,22
Na ₂ SiO ₃	0	1.249,58
Impuritis	116,84	116,84
Total	3.412,31	3.412,31

b. Reaktor - 02

Tabel 3. 23 Neraca Massa Reaktor - 02

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Arus 6	Arus 7
NaOH	378,95	37,90

H ₂ O	1.382,72	1.459,46
SiO ₂	284,22	28,42
Na ₂ SiO ₃	1.249,58	1.769,70
Impuritis	116,84	116,84
Total	3.412,3	3.412,3

3.4.2 Neraca Massa *Mixer*

a. *Mixer - 01*

Tabel 3. 24 Neraca Massa *Mixer* - 01

Komponen	Input (Kg/Jam)			Output Kg/Jam
	Arus 1	Arus 2	Arus 3	Arus 4
NaOH	1.198,35	0	0	1.198,35
H ₂ O	12,10	1.186,25	0	1.198,35
SiO ₂	0	0	898,76	898,76
Na ₂ SiO ₃	0	0	0	0
Impuritis	0	0	116,84	116,84
Sub Total	1.210,46	1.186,25	1.015,60	3.412,31
Total	3.412,31			

b. *Mixer - 02*

Tabel 3. 25 Neraca Massa *Mixer* - 02

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output Kg/Jam
	Arus 4	Arus 5

NaOH	1.198,35	1.198,35
H ₂ O	1.198,35	1.198,35
SiO ₂	898,76	898,76
Na ₂ SiO ₃	0	0
Impuritis	116,84	116,84
Total	3.412,31	3.412,31

3.4.3 Neraca Massa *Centrifuge*

Tabel 3. 26 Neraca Massa *Centrifuge* - 01

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output Kg/Jam	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
NaOH	37,90	0,13	37,76
H ₂ O	1.459,46	5,22	1.454,24
SiO ₂	28,42	28,42	0
Na ₂ SiO ₃	1.769,70	6,33	1.763,37
Impuritis	116,84	116,84	0
Sub Total	3.412,31	156,95	3.255,37
Total	3.412,31	3.412,31	

3.4.4 Neraca Massa *Spray dryer*

Tabel 3. 27 Neraca Massa *Spray dryer* - 01

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output Kg/Jam
----------	----------------	---------------

	Arus 9	Arus 10	Arus 11	Arus 12
NaOH	37,76	0	0	37,76
H ₂ O	1.454,24	0	1.361,43	92,81
SiO ₂	0	0	0	0
Na ₂ SiO ₃	1.763,37	0	0	1.763,37
Udara	G	G	G	G
Sub Total	3.255,37	0	1.361,43	1.893,94
Total	3.255,37		3.255,37	

3.5 Neraca Panas

Neraca panas merupakan perhitungan kesetimbangan energi dalam sebuah sistem. Neraca panas dibuat berdasarkan pada hukum pertama termodinamika. Terdapat beberapa komponen yang berpengaruh dalam neraca panas, diantaranya:

3.5.1 Neraca Panas Reaktor

a. Neraca Panas Reaktor – 01

Tabel 3. 28 Neraca Panas Reaktor - 01

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	-2.253.582,20	
Q2		1.808.313,88

Qreaksi	9.565.055,08	
Qpendingin	19.654.142,90	25.157.302,91
Total	26.965.616,79	26.965.616,79

b. Neraca Panas Reaktor - 02

Tabel 3. 29 Neraca Panas Reaktor - 02

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	-1.808.313,87	
Q2		1.622.979,97
Qreaksi	956.518,70	
Qpendingin	6.000.191,38	3.525.416,23
Total	5.148.396,20	5.148.396,20

3.5.2 Neraca Panas Mixer

a. Neraca Panas *Mixer* - 01

Tabel 3. 30 Neraca Panas *Mixer* - 01

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	13.303,21	

Q2	24.877,39	
Q3	3.271,07	
Q4		139.830,86
Qpelarutan	98.379,18	
Total	139.830,86	139.830,86

b. Neraca Panas *Mixer* - 02

Tabel 3. 31 Neraca Panas *Mixer* - 02

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	133.083,07	
Q2		1.263.321,87
Qpelarutan	1.130.238,80	
Total	1.263.321,87	1.263.321,87

3.5.3 Neraca Panas *Spray dryer*

Tabel 3. 32 Neraca Panas *Spray dryer* - 01

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	7.831,86	
Q2	25.421,01	
Q3		1.502,95

Q4		27.989,01
Quap		3.760,91
Total	33.252,87	33.252,87

3.5.4 Neraca Panas Cooler

a. Neraca panas cooler CL-01

Tabel 3. 33 Neraca panas cooler CL-01

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	1.662.811,39	
Q2		399.269,63
Qpendingin		1.263.550,76
Total	1.662.811,39	1.662.811,39

b. Neraca panas Heater HE-02

Tabel 3. 34 Neraca panas cooler HE-02

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	313.309,64	
Q2		2.416.445,16
Qpendingin	2.103.135,52	
Total	2.416.445,52	2.416.445,52

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk keberlangsungan dan kemajuan operasi pabrik, baik pada masa berproduksi maupun di masa mendatang. Lokasi yang tepat dapat mempengaruhi keberhasilan suatu industri karena berdampak pada biaya produksi dan distribusi. Oleh karena itu, dalam memilih lokasi pabrik perlu diperhatikan berbagai faktor penting seperti ketersediaan pasar, bahan baku, dan utilitas, yang kesemuanya harus dipertimbangkan agar operasi pabrik dapat berjalan dengan biaya minimal dan peluang pengembangan yang optimal. Perencanaan pabrik Natrium Silikat direncanakan didirikan di Desa Sukamaju, Kecamatan Kibin, Kabupaten Serang, Provinsi Banten yang merupakan daerah yang sangat strategis untuk mendirikan pabrik. Lokasi pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik Natrium Silikat

Pemilihan lokasi pabrik dipilih dengan melakukan beberapa pertimbangan dan telah memenuhi berbagai pertimbangan tersebut antara lain sebagai berikut:

4.1.1 Lokasi Daerah Pasar Penjualan Produk

Sodium silikat digunakan luas dalam berbagai industri, seperti industri tekstil, kertas, keramik, dan konstruksi. Pendistribusian produk sodium silikat di Indonesia dapat dilakukan melalui perusahaan yang bergerak di sektor industri tersebut, seperti PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk, PT Semen Indonesia, dan PT Keramika Indonesia Asosiasi Tbk. Selain itu, sodium silikat juga digunakan dalam industri deterjen dan pengolahan air, sehingga perusahaan seperti PT Unilever Indonesia dan PT Lautan Luas Tbk menjadi target distribusi yang potensial.

Untuk keperluan ekspor, sodium silikat juga diekspor ke negara-negara seperti Jepang, Korea Selatan, dan Amerika Serikat yang memiliki permintaan tinggi akan bahan ini, terutama untuk keperluan industri manufaktur dan teknologi. Ekspor ini menjadikan sodium silikat sebagai salah satu produk penting dalam perdagangan kimia internasional bagi Indonesia.

4.1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan salah satu faktor penentu dalam penentuan lokasi pabrik. Penempatan pada lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku dapat menurunkan biaya transportasi. Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi Natrium silikat ini adalah Pasir Silika (SiO_2) dan Natrium Hidroksida (NaOH). Pasir Silika akan diperoleh dari PT Siltec Maju Perkasa di Serang dengan kapasitas produksi pabrik 72.000 ton/tahun dan Natrium Hidroksida

(NaOH) diperoleh dari PT. Asahimas Chemical di Cilegon dengan kapasitas produksi pabrik 680.000 ton/tahun. Lokasi bahan baku yang dekat dengan lokasi pabrik ini mendukung efisiensi operasional dan ekonomi.

4.1.3 Sarana Transportasi

Pendirian pabrik di lokasi yang strategis sangat penting untuk memudahkan distribusi produk dan pasokan bahan baku, serta mengurangi biaya transportasi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan maupun karyawan. Lokasi pabrik yang berdekatan dengan Jalan Raya Warung Selikur, jalan tol, dan Pelabuhan Bojonegara memberikan kemudahan transportasi baik antar daerah maupun untuk ekspor melalui jalur laut. Dengan akses yang baik melalui jalur darat dan laut, pemasaran produk dalam negeri dapat dilakukan dengan lebih efisien, sementara ekspor ke luar negeri dapat diakses dengan cepat melalui Pelabuhan Bojonegara.

4.1.4 Utilitas

Kebutuhan tenaga listrik utama operasi pabrik disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Gardu Induk Gunung Mulia Steel (GI GMS) dan menggunakan generator diesel yang bahan bakarnya diperoleh dari PT. Pertamina Tanjung Gerem sebagai tenaga listrik cadangan. Sedangkan sumber air baku diambil dari Sungai Ciujung.

4.1.5 Ketersediaan Kawasan dan Sumber Daya Manusia

Menurut data Badan Pusat Statistik September, 2024 Penduduk usia yang produktif untuk bekerja berusia >15 tahun. Penduduk usia yang produktif untuk bekerja cenderung meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk di Kabupaten

Serang. Penduduk Kabupaten Serang sebanyak 1.682.133 dari jumlah penduduk dapat diklasifikasi lagi menjadi berikut:

- Angkatan Kerja : 796.819 orang
 - Bekerja : 717.583 orang
 - Pengangguran : 79.236 orang
- Bukan Angkatan Kerja : 463.550 orang
 - Sekolah : 89.437 orang
 - Mengurus rumah tangga : 312.225 orang
 - Lainnya : 61.888 orang

Data menunjukkan 79.236 orang pengangguran dan 89.437 orang yang masih bersekolah bisa mendapat pekerjaan. Meski potensi tersebut tidak menunjukkan secara pasti jumlah sumber daya manusia yang memiliki keahlian yang sama. Namun kehadiran sekolah vokasi di bidang kimia dan industri turut mendukung ketersediaan tenaga kerja terampil.

4.1.6 Pengaruh Lingkungan dan Limbah

Limbah pabrik merupakan masalah yang dihadapi oleh semua pabrik kimia. Oleh karena itu, limbah yang dihasilkan harus dibuang sedemikian rupa sehingga tidak mencemari lingkungan di dalam ataupun di luar pabrik. Limbah cair yang dihasilkan mengalami proses pengolahan untuk menurunkan konsentrasinya. Setelah limbah mencapai konsentrasi yang dapat diterima lalu limbah tersebut dibuang ke laut untuk menetralkan limbah.

4.1.7 Faktor Ekonomi dan Hukum

Lokasi pabrik yang direncanakan berada di Kabupaten Serang provinsi Banten, sehingga harus memenuhi ketentuan yang berlaku di Serang, Banten. Adapun pabrik/kilang termasuk dalam kegiatan usaha bisnis menurut Peraturan Daerah Kabupaten Serang Nomor 7 Tahun 2023 Pasal 1 No. 16 Pajak Bumi dan Bangunan Perdesaan dan Perkotaan, selanjutnya disingkat PBB-P2 adalah pajak atas bumi dan/atau bangunan yang dimiliki, dikuasai, dan/atau dimanfaatkan oleh pribadi atau badan, kecuali kawasan yang digunakan untuk kegiatan usaha perkebunan, perhutanan, dan pertambangan. Tarif Nilai Jual Objek Pajak (NJOP) yang digunakan untuk perhitungan PBB-P2 ditetapkan paling rendah 20% (dua puluh persen) dan paling tinggi 100% (seratus persen) dari NJOP setelah dikurangi Besarnya Nilai Jual Objek Pajak Tidak Kena Pajak (NJOPTKP) ditetapkan sebesar Rp 15.000.000,00 (lima belas juta rupiah) untuk setiap Wajib Pajak. Adapun NJOP ditentukan melalui perbandingan harga dengan Objek lain yang sejenis, atau nilai perolehan baru, atau NJOP pengganti.

a. untuk NJOP dibawah Rp. 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah) sebesar 0,2% (nol koma dua persen); dan

b. untuk NJOP diatas Rp. 1.000.000.000,00 (satu milyar rupiah) sebesar 0,3% (nol koma tiga persen).

(2) Tarif PBB-P2 sebagaimana dimaksud ayat (1) yang berupa lahan produksi pangan dan ternak ditetapkan sebesar 0,1% (nol koma satu persen).

Berbeda lagi dengan peraturan Tarif Pajak Pusat yang diatur oleh peraturan UU No.12 Tahun 1994 tentang Pajak Bumi dan Bangunan lahan industri diperoleh dari hasil kali Nilai Jual Kena Pajak (NJKP) dengan tarif sebesar 0,5%.

Pembangunan pabrik ini memiliki dampak signifikan terhadap perekonomian, terutama di daerah lokasi pabrik, dengan memberikan *multiplier effect* yang besar baik bagi ekonomi daerah maupun nasional. Peningkatan lapangan pekerjaan, baik secara langsung maupun tidak langsung, akan menaikkan rata-rata penghasilan masyarakat, yang kemudian memicu peningkatan *supply* dan *demand* barang. Hal ini akan berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi di tingkat daerah dan nasional, yang pada akhirnya meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

4.1.8 Kondisi Iklim

Iklim di Serang, Banten relatif normal dan memiliki karakteristik iklim tropis yaitu penghujan dan kemarau. Data-data curah hujan Provinsi Banten diambil dari Ensiklopedia Dunia. Berikut data yang ditampilkan oleh BMKG di Kabupaten Serang, Banten:

Data iklim Kabupaten Serang, Banten, Indonesia													
Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Tahun
Rata-rata tertinggi °C (°F)	31.2 (88.2)	31.4 (88.5)	32 (90)	32.5 (90.5)	33.7 (92.7)	32.7 (90.9)	31.8 (89.2)	31.9 (89.4)	33.6 (92.5)	34.4 (93.9)	33.2 (91.8)	32.8 (91)	32.6 (90.72)
Rata-rata harian °C (°F)	26 (79)	26.3 (79.3)	26.5 (79.7)	26.8 (80.2)	27 (81)	26.7 (80.1)	26.9 (80.4)	27.2 (81)	26.8 (80.2)	27.1 (80.8)	27 (81)	26.7 (80.1)	26.75 (80.23)
Rata-rata terendah °C (°F)	21.9 (71.4)	22 (72)	22 (72)	22.1 (71.8)	22.3 (72.1)	21.6 (70.9)	21 (70)	20.8 (69.4)	21.3 (70.3)	22.7 (72.9)	23.7 (74.7)	22.8 (73)	22.02 (71.71)
Presipitasi mm (inci)	346 (13.62)	312 (12.28)	210 (8.27)	178 (7.01)	141 (5.55)	93 (3.66)	86 (3.39)	53 (2.09)	65 (2.56)	115 (4.53)	184 (7.24)	252 (9.92)	2.035 (80.12)
Rata-rata hari hujan	15	14	11	9	8	6	5	3	4	6	9	12	102
% kelembapan	86	84	83	81	79	77	75	74	73	78	80	83	79.4
Rata-rata sinar matahari bulanan	134	142	165	190	201	217	238	245	253	258	184	150	2.377
Sumber #1: Climate-Data.org ^{[12][13][14][15]}													
Sumber #2: BMKG ^[16]													

Gambar 4. 2 Data Iklim Kabupaten Serang, Banten

Wilayah Kabupaten Serang termasuk kedalam iklim tropis dengan musim hujan antara November-April dan musim kemarau antara Mei-Oktober. Curah hujan rata-rata 3,92 mm/hari. Temperatur udara rata-rata berkisar antara 25,8°–27,6 °C. Temperatur udara di Kabupaten Serang minimum 20,90 °C dan maksimum 33,8 °C. Tekanan udara dan kelembaban rata-rata 81,00 mb/bulan. Kecepatan arah angin rata-rata 2,80 knot, dengan arah terbanyak adalah dari barat.

4.2 Tata Letak Pabrik (Plant Layout)

Tata letak pabrik merupakan suatu tata cara dalam mengatur fasilitas-fasilitas yang ada di dalam pabrik guna melancarkan proses produksi. Tata letak pabrik meliputi rencana kebutuhan ruangan untuk melakukan seluruh aktivitas di dalam pabrik meliputi kantor, gudang, kamar serta semua fasilitas lain yang berhubungan dengan proses dalam menghasilkan produk. Menurut Peters (2018) ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan tata letak pabrik:

- a. Urutan rangkaian proses produksi,
- b. Perluasan lokasi pabrik,
- c. Distribusi ekonomis pada bahan baku, pengadaan air, *steam process*, serta tenaga listrik,
- d. Pemeliharaan serta perbaikan komponen-komponen dalam pabrik,
- e. Keamanan (safety) dan keselamatan kerja,
- f. Luas bangunan, kondisi bangunan, serta konstruksi bangunan yang telah memenuhi syarat Perencanaan tata letak pabrik yang fleksibel dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya perubahan dari proses ataupun

mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak membutuhkan biaya yang mahal,

- g. Pembuangan limbah.
- h. *Service area*, seperti ruang ibadah, kantin, toilet, tempat parkir, dan sebagainya diatur dengan baik sehingga tidak jauh dari lokasi kerja

Berikut merupakan beberapa keuntungan pengaturan tata pabrik yang baik (Peters, 2018):

- Mengurangi jarak antara transportasi dan produksi, sehingga dapat mengurangi material *handling*.
- Mengurangi biaya produksi, meningkatkan keselamatan kerja.

Berikut merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah sebagai berikut:

1) Perluasan Pabrik

Perluasan pabrik ini harus sudah masuk dalam perhitungan sejak dalam perancangan pabrik. Hal ini ditujukan agar masalah kebutuhan tempat di kemudian hari tidak dipermasalahkan. Sejumlah area khusus sudah disiapkan untuk dipakai sebagai perluasan pabrik, penambahan peralatan dan peningkatan kapasitas pabrik.

2) Keamanan

Keamanan terhadap kemungkinan adanya bahaya kebakaran, ledakan, asap/gas beracun harus benar-benar diperhatikan dalam penentuan tata letak pabrik. Untuk itu harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman

seperti hydrant, penampungan air yang cukup serta penahan ledakan. Tangki penyimpanan produk yang berbahaya harus diletakan di area khusus serta perlu adanya jarak antara bangunan yang satu dengan yang lainnya guna memberikan pertolongan dan menyediakan jalan bagi para karyawan untuk menyelamatkan diri di saat terjadinya keadaan darurat.

3) Luas Area yang tersedia

Harga tanah yang menjadi hal yang membatasi kemampuan penyedia area. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah terlalu tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan diatas peralatan yang lain ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat.

4) Bangunan

Bangunan yang ada secara fisik harus memenuhi standar dan perlengkapan yang menyertainya seperti ventilasi, instalasi, dan lain-lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

5) Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, steam dan listrik akan membantu kemudahan kerja dan perawatannya. Penempatan alat proses diatur sedemikian rupa sehingga karyawan dapat dengan mudah mencapainya dan dapat menjamin kelancaran operasi serta memudahkan dalam perawatannya.

6) Jaringan Jalan Raya

Untuk pengangkutan bahan, keperluan perbaikan, pemeliharaan dan keselamatan kerja, maka di antara daerah proses dibuat jalan yang cukup untuk memudahkan mobil keluar masuk, sehingga bila terjadi suatu bencana maka tidak akan mengalami kesulitan dalam menanggulangnya. Secara garis besar tata letak pabrik dibagi dalam beberapa daerah utama, yaitu:

a. Daerah Administrasi/perkantoran, laboratorium dan fasilitas pendukung. Area ini terdiri dari :

- Daerah administrasi sebagai pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik.
- Laboratorium sebagai pusat kontrol kualitas bahan baku dan produk.
- Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti : poliklinik, kantin, dan masjid.

b. Daerah Proses Perluasan

Merupakan daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

c. Daerah Pergudangan, Bengkel, Garasi dan *Loading Space*

d. Daerah Utilitas dan Pemadam Kebakaran

Merupakan lokasi pusat kegiatan penyediaan air, steam, air pendingin dan tenaga listrik disediakan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran.

e. Daerah Pengolahan Limbah

Merupakan daerah pembuangan dan pengolahan limbah hasil proses produksi.

Berikut merupakan perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Rincian Penggunaan Area Pabrik

No	Nama Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos Jaga 1	8	7	56
2	Pos jaga 2	8	7	56
3	Parkir Karyawan	15	30	450
4	Halaman Kantor	30	15	450
5	Kantor utama	30	35	1050
6	Taman 1	15	20	300
7	Taman 2	15	20	300
8	Taman 3	15	20	300
9	Mess karyawan	40	35	1400
10	Masjid	30	25	750
11	Kantin	10	20	200
12	Unit Pemadam Kebakaran	15	15	225
13	Klinik	12	9	108
14	Laboratorium	25	20	500
15	Ruang Arsip	15	12	180
16	Gudang Alat	20	20	400

17	Area Bengkel	15	20	300
18	Area Proses	90	40	3600
19	Ruang Kontrol Proses	15	10	150
20	Area Pengolahan Limbah	25	15	375
21	Area Utilitas	90	25	2250
22	Ruang Kontrol Utilitas	15	10	150
23	Area Loading Space	18	18	324
24	Area Parkir Truk	30	15	450
25	Area Perluasan	150	10	1500
26	Gedung Serbaguna	25	20	500
27	Lapangan	30	20	600
Luas Total Bangunan				16,924.00
Luas Tanah				27,837.24

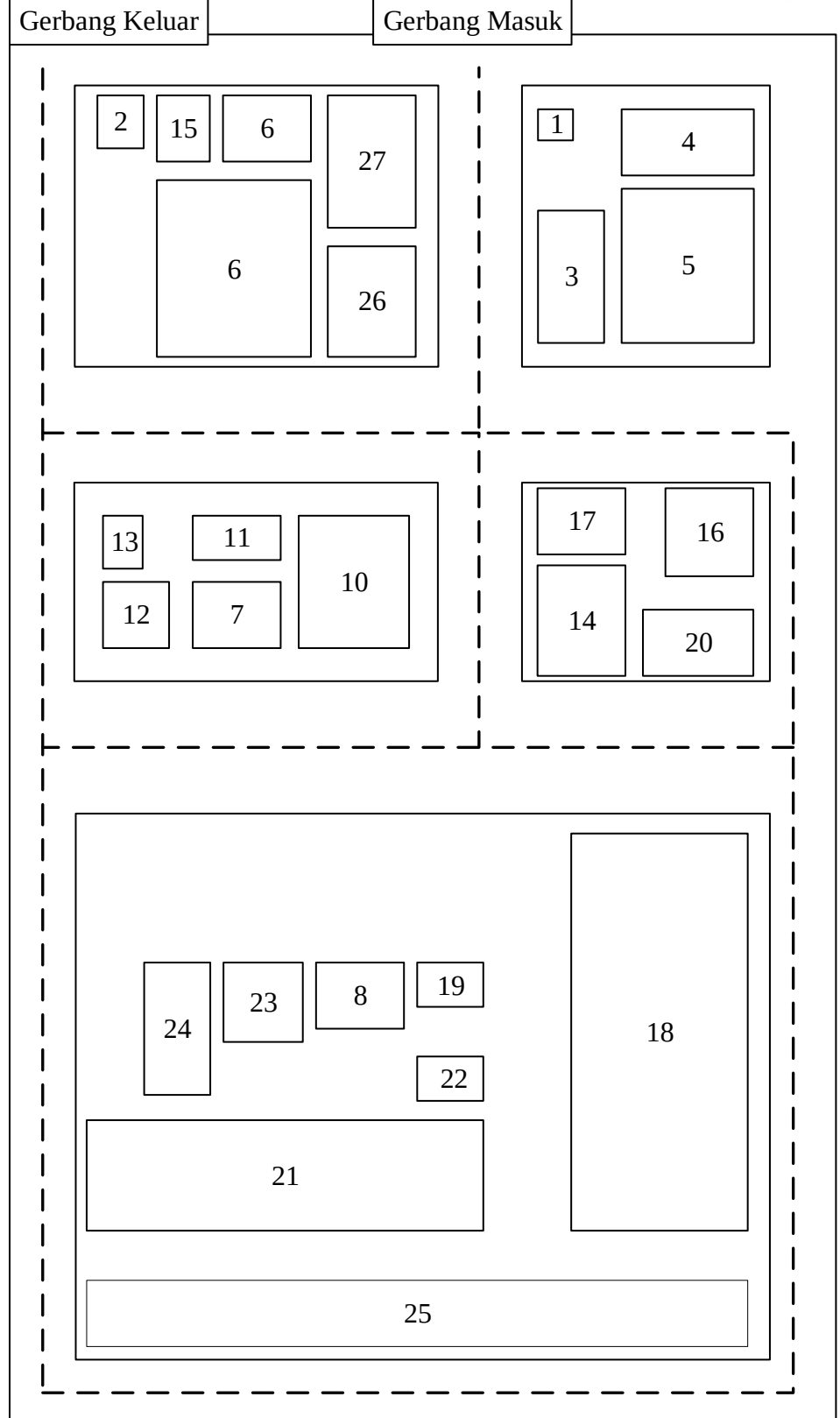
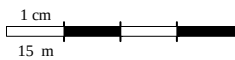
TATA LETAK PABRIK SODIUM SILIKAT KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN



Keterangan :

1. Pos Jaga 1
2. Pos Jaga 2
3. Parkir Karyawan
4. Halaman Kantor
5. Kantor Utama
6. Taman 1
7. Taman 2
8. Taman 3
9. Mess Karyawan
10. Masjid
11. Kantin
12. Unit Pemadam kebakaran
13. Klinik
14. Laboratorium
15. Ruang Arsip
16. Gudang Alat
17. Area Bengkel
18. Area Proses
19. Ruang Kontrol Proses
20. Area Pengolahan Limbah
21. Area Utilitas
22. Ruang Kontrol Utilitas
23. Area *Loading Space*
24. Area Parkir Truk
25. Area Perluasan
26. Gedung Serbaguna
27. Lapangan

Skala 1 : 1500



Gambar 4. 3 Lay out Unit Sodium Silikat

4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses (Machines Layout)

Dalam suatu perancangan pabrik, tata letak dari suatu alat proses pabrik harus diperhatikan agar dapat mempermudah masuknya bahan baku menjadi produk. Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar. Aliran bahan baku dan produk yang baik dapat menunjang keamanan dan kelancaran produksi, serta memberikan keuntungan yang besar.

2. Aliran Udara

Kelancaran aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan. Dengan tujuan menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga menyebabkan akumulasi bahan kimia yang dapat mengancam keselamatan kerja.

3. Pencahayaan

Pencahayaan seluruh area pabrik harus memadai, dan untuk area proses yang beresiko tinggi harus diberi pencahayaan lebih.

4. Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan layout pabrik, lalu lintas manusia dan kendaraan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan mudah dan cepat. Dengan tujuan dapat memperbaiki alat proses yang mengalami gangguan dengan cepat, selain itu keamanan para pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan Ekonomi

Penempatan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi serta menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik, dari segi ekonomi, hal tersebut dapat menguntungkan.

6. Jarak Antar Alat Proses

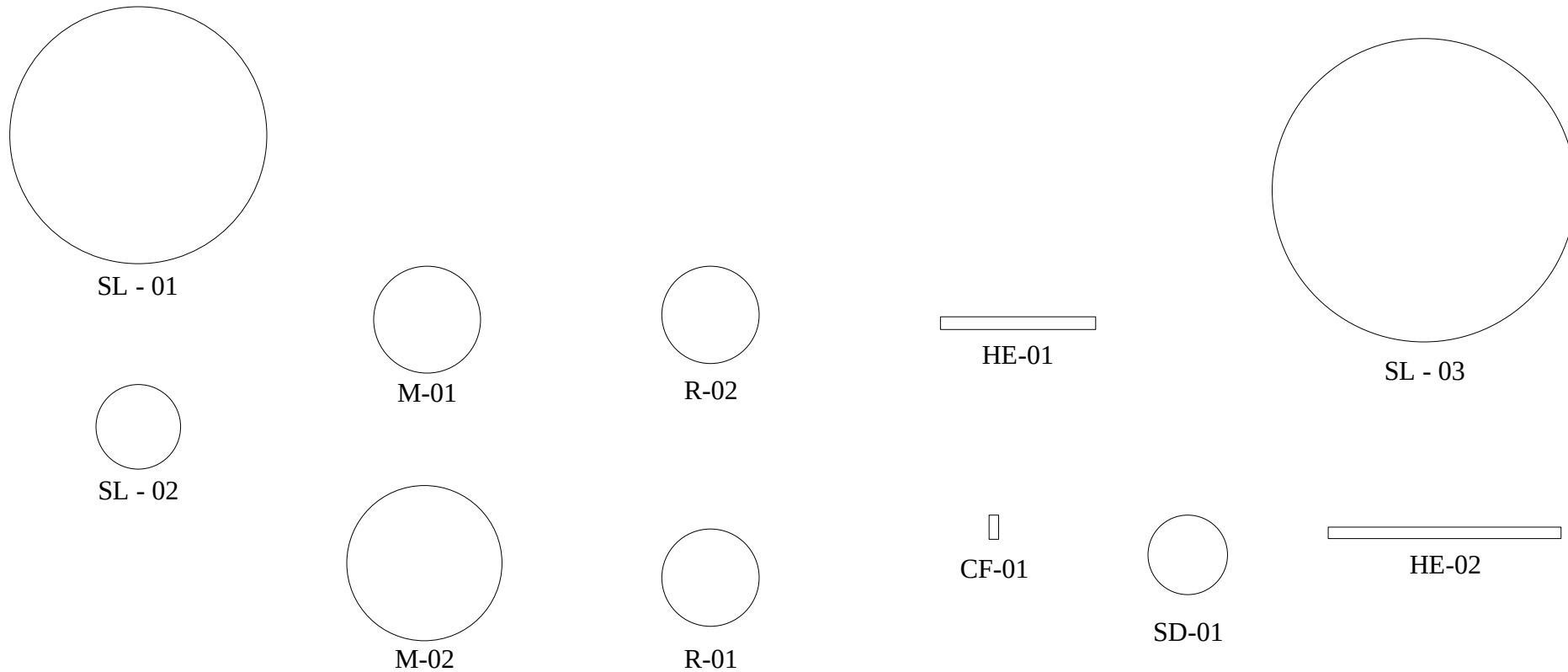
Alat proses yang memiliki suhu dan tekanan operasi tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, hal tersebut dapat meminimalisir kerusakan yang diakibatkan oleh ledakan atau kebakaran pada alat tersebut. Beberapa manfaat perancangan tata letak alat-alat proses:

- Menjamin kelancaran proses produksi
- Memanfaatkan luas lahan yang tersedia dengan efektif

7. *Maintenance*

Maintenance berguna untuk menjaga sarana dan fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktivitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi bahan baku yang diharapkan.

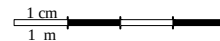
TATA LETAK ALAT PROSES
PABRIK SODIUM SILIKAT KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN



Keterangan :

1. SL - 01	Silo NaOH	6. R - 02	Reaktor 2	11. HE - 02	Cooler 1
2. SL - 02	Silo SiO ₂	7. CF - 01	Centrifuge	12. HE - 03	Cooler 2
3. M - 01	Mixer 1	8. SD - 01	Spray Dryer		
4. M - 01	Mixer 2	9. SL - 03	Silo Na ₂ SiO ₃		
5. R - 01	Reaktor 1	10. HE - 01	Heater 1		

Skala 1 : 100



Gambar 4. 4 Tata Letak Alat Proses

4.4 Organisasi Perusahaan

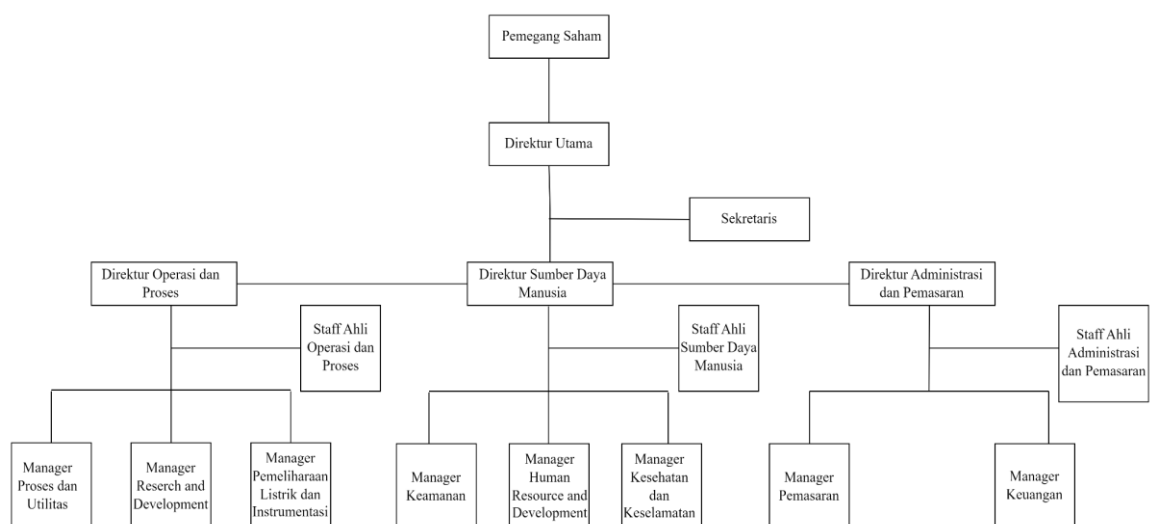
4.4.1 Bentuk Organisasi

Sebagai salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan, struktur organisasi perusahaan erat kaitannya dengan kelancaran komunikasi yang akan mempengaruhi kinerja seluruh karyawan di perusahaan. Pabrik Sodium Silikat ini akan didirikan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas adalah badan hukum yang merupakan persekutuan modal, didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham. Pemegang saham Perseroan tidak bertanggung jawab secara pribadi atas perikatan yang dibuat atas nama Perseroan dan tidak bertanggung jawab atas kerugian Perseroan melebihi saham yang dimiliki. Pemilihan bentuk perusahaan dalam Perseroan Terbatas memiliki beberapa alasan sebagai berikut:

1. Kemudahan dalam memperoleh modal dengan sistem penjualan saham perusahaan di pasar modal dan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
2. Pemegang saham memiliki tanggung jawab yang terbatas sehingga kelancaran produksi berada ditangan pimpinan perusahaan.
3. Pemilik perusahaan (pemegang saham) dan pengurus perusahaan (direksi beserta jajaran staf dibawah pengawasan dewan komisaris) terpisah satu sama lain sehingga keberlangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak akan berpengaruh apabila pemegang saham, direksi beserta staf nya berhenti.

4. Efisiensi dari manajemen dimana para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur utama yang cukup cakap dan berpengalaman.
5. Perseroan terbatas dapat menarik modal yang besar dari masyarakat sehingga dapat memperluas lapangan usaha.
6. Bidang usaha yang kekayaan pribadi terpisah dari kekayaan perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi



Gambar 4. 5 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris dipilih oleh seluruh anggota pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Umumnya anggota dewan komisaris terdiri dari orang maupun badan hukum pemegang saham

mayoritas di perusahaan atau memiliki pengalaman dalam perusahaan.

Dewan komisaris memiliki beberapa tugas diantaranya:

- a. Mengawasi dan mengevaluasi kinerja direktur.
- b. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahannya pemasaran.
- c. Membantu direktur dalam kegiatan penting.
- d. Melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan rencana jangka Panjang.
- e. Perusahaan (RJPP) dan Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP).
- f. Mengkaji sistem manajemen perusahaan.
- g. Memantau efektivitas penerapan *Good Corporate Governance* dan melaporkannya dalam RUPS.

2. Direktur Utama

Sebagai pemegang jabatan tertinggi dalam perusahaan, direktur utama memiliki tanggungjawab terhadap kestabilan dan kesuksesan perusahaan sesuai dengan target yang ditetapkan dalam RUPS. Direktur utama bertanggungjawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan serta kebijakan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Selain itu direktur utama memiliki tugas sebagai berikut:

- a. Memimpin dan mengembangkan perusahaan secara efektif dan efisien.
- b. Menyampaikan laporan kinerja perusahaan kepada pemegang saham.
- c. Merancang dan menjalankan kebijakan umum pabrik berdasarkan kebijakan yang ada dalam RUPS.
- d. Mengangkat dan memberhentikan Kepala Bagian atas persetujuan dewan komisaris dalam rapat pemegang saham
- e. Merencanakan serta mengawasi pelaksanaan tugas dan tanggungjawab setiap orang dalam perusahaan.
- f. Menjalin kerjasama dan mewakili perusahaan dalam hubungan maupun perjanjian dengan pihak luar perusahaan.

3. Sekretaris

Sekretaris akan dipilih secara langsung oleh direktur utama. Sekretaris bertugas dan bertanggungjawab dalam membantu kelancaran administrasi perusahaan, mencatat hasil dari berbagai rapat penting perusahaan termasuk RUPS, berkomunikasi dengan berbagai pihak, melakukan pengarsipan file dan dokumen perusahaan, membuat penjadwalan perusahaan dan supervisi terhadap karyawan baru.

4. Direktur *Plant*

Direktur *plant* bertanggung jawab langsung kepada direktur utama terkait segala urusan mengenai proses operasi dalam pabrik.

Terdapat beberapa tugas yang dilimpahkan kepada direktur plant seperti mengepalai seluruh pelaksanaan kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan sektor produksi, operasi, teknik, utilitas, pengembangan, pemeliharaan, pengadaan dan laboratorium. Direktur ini akan membawahi beberapa bidang seperti proses dan utilitas, *research and development*, serta pemeliharaan listrik dan instrumentasi.

a. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Memiliki tugas dan wewenang dalam menjalankan dan mengawasi proses produksi, mengawasi penyediaan bahan baku serta penanganan kelancaran utilitas. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian proses dan utilitas akan dibantu oleh beberapa divisi seperti divisi produksi, divisi utilitas dan pengolahan limbah, dan divisi control room.

b. Kepala Bagian *Research and Development*

Memiliki tugas dan wewenang evaluasi produk sebelum, selama dan setelah proses produksi untuk memastikan kualitasnya sesuai dengan standar, mengembangkan strategi untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas produk, menetapkan prosedur pengujian produk dan mempelajari perkembangan teknologi untuk peningkatan kualitas produk. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian *research and*

development akan dibantu oleh beberapa divisi yaitu divisi laboratorium, divisi *quality control* dan divisi penelitian proses dan teknologi.

- c. Kepala Bagian Pemeliharaan Kelistrikan dan Instrumentasi
Memiliki tugas dan wewenang dalam pengawasan dan pelaksanaan pemeliharaan peralatan pabrik dan instrumentasi kelistrikan. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian pemeliharaan kelistrikan dan instrumentasi akan dibantu oleh beberapa divisi yaitu divisi instrumentasi kelistrikan dan divisi perawatan pabrik.

5. Direktur Sumber Daya Manusia

Direktur Sumber Daya Manusia bertanggung jawab langsung kepada direktur utama terkait pengembangan dan pengelolaan SDM. Tugas yang dimiliki mengenai personalia, keamanan, humas, dan keselamatan kerja serta memimpin segala kegiatan yang berhubungan dengan tugasnya. Direktur ini akan membawahi beberapa bidang seperti kesehatan dan keselamatan kerja (K3), *human resource and development*, dan keamanan.

- a. Kepala Bagian K3

Memiliki tugas dan wewenang dalam memastikan perusahaan telah menerapkan program K3 secara baik, mengelola program K3 serta penerapannya secara efektif, melakukan analisa risiko kerja dalam perusahaan dan

memastikan setiap tenaga kerja bekerja sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang ada.

b. Kepala Bagian *Human Resource and Development* (HRD)

Memiliki tugas dan wewenang dalam pengembangan kebijakan SDM, mengelola proses rekrutmen dan seleksi, merancang pelatihan dan pengembangan SDM, manajemen kinerja dan konflik, serta merancang dan mengimplementasikan program penghargaan dan kompensasi. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian HRD akan dibantu oleh beberapa divisi yaitu divisi pelatihan tenaga kerja dan divisi personalia.

c. Kepala Bagian Keamanan

Memiliki tugas dan wewenang dalam melakukan pemeriksaan keamanan pada area tertentu serta menjaga dan memelihara aset dan inventaris perusahaan.

6. Direktur Administrasi dan Pemasaran

Direktur administrasi dan pemasaran bertanggung jawab langsung kepada direktur utama terkait tugas utamanya mengenai perencanaan alokasi anggaran belanja dan pendapatan perusahaan, administrasi, melaksanakan strategi dan kebijakan pemasaran produk, dan pengawasan terhadap arus keuangan perusahaan. Direktur ini akan membawahi beberapa bidang seperti keuangan dan pemasaran.

a. Kepala Bagian Keuangan

Memiliki tugas dan wewenang seperti mengelola keuangan perusahaan, membuat laporan keuangan, mengelola risiko keuangan, membuat perencanaan keuangan jangka pendek dan jangka panjang serta mempertahankan hubungan dengan investor. Dalam menjalankan tugasnya, kepala bagian keuangan akan dibantu oleh beberapa divisi yaitu divisi pembelian dan divisi penjualan.

b. Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggungjawab atas pengembangan strategi pemasaran, mengelola anggaran pemasaran, mengelola pendistribusian produk dan memonitor pasar.

7. Staff Ahli

Staf ahli berisikan tenaga ahli yang bertugas membantu direktur menjalankan tugas yang berkaitan dengan teknik, administrasi serta hukum. Staf ahli akan bertanggung jawab langsung kepada direktur bidangnya masing-masing. Tugas dari staf ahli diantaranya memberikan saran dan masukan terkait pengembangan dan perencanaan, melakukan evaluasi terhadap bidangnya dan memberikan saran hukum

4.4.4 Peraturan Jam Kerja Karyawan

Pabrik Sodium Silikat yang akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Waktu yang tersisa dalam setahun akan digunakan untuk keperluan

perbaikan serta perawatan pabrik. Berdasarkan jam kerja karyawan di perusahaan ini dibedakan menjadi dua golongan yaitu:

1. Karyawan *non-shift*

Karyawan non shift merupakan karyawan yang melakukan aktivitas kerja selama 5 hari dalam seminggu dengan total waktu kerja selama 40 jam. Sedangkan pada hari sabtu, minggu dan hari-hari besar karyawan non-shift libur. Karyawan *non-shift* tidak menangani proses produksi atau aktivitas produksi secara langsung. Karyawan *non-shift* terdiri dari Direktur utama, Sekretaris, Direktur, Direktur, Kepala Bagian serta bawahan yang beraktivitas di area perkantoran. Untuk rincian lebih lanjut mengenai jam kerja karyawan *non-shift* terdapat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 Jadwal kerja karyawan *non-shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	07.00 - 16.00 WIB	12.00 - 13.00 WIB
Jumat	07.00 - 17.30 WIB	11.30 - 14.00 WIB

2. Karyawan *shift*

Berbeda dengan karyawan *non-shift*, karyawan *shift* memiliki kegiatan dan jam kerja yang berbeda. Karyawan *shift* merupakan orang-orang menangani secara langsung proses produksi dan mengatur bagian tertentu dari perusahaan yang berkaitan dengan keamanan dan kelancaran produksi selama 24 jam. Karyawan *shift* terdiri atas operator, bagian teknik, bagian pergudangan serta

bagian lainnya yang memerlukan kesiagaan dalam penanganan dan pengawasan untuk menjaga keselamatan dan keamanan jalannya pabrik. Waktu kerja karyawan *shift* umumnya sama yaitu 8 jam namun akan dibagi menjadi beberapa giliran dalam kurun waktu 24 jam sehari. Jam kerja karyawan *shift* dalam sehari akan dibagi menjadi 3 *shift* yang telah dirincikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Jam Kerja Karyawan Shift

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift</i> Pagi (P)	06.30 - 14.30 WIB	11.00 - 12.00 WIB
<i>Shift</i> Siang (S)	14.30 - 22.30 WIB	18.30 - 19.30 WIB
<i>Shift</i> Malam (M)	22.30 - 06.30 WIB	02.30 - 03.30 WIB

Karyawan *shift* akan dibagi menjadi 4 kelompok yaitu A, B, C dan D. Setiap kelompok akan dikepalai oleh satu orang. Setiap hari akan ada 3 kelompok saja yang bertugas dan 1 kelompok akan libur. Untuk kelompok yang mendapatkan *shift* kerja di hari libur maupun hari besar yang ditetapkan pemerintah tetap berkewajiban untuk masuk, namun kegiatan tersebut akan dihitung sebagai kerja lembur dan mendapatkan bayaran sesuai dengan jam lemburnya. Berikut ini adalah pembagian *shift* kerja untuk masing-masing kelompok selama 1 bulan.

Tabel 4. 4 Pembagian shift kerja tiap kelompok

Kelompok	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
B	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
C	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
D	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Tabel 4. 5 Pembagian shift kerja tiap kelompok (Lanjutan)

Kelompok	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	M	M	M	L	S	S	S		P	P	P	L	M	M
B	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
C	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
D	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

Sistem pembagian gaji berdasarkan pada ketentuan jabatan atau golongan, tingkat Pendidikan, pengalaman kerja dan tingkat risiko pekerjaan yang dilakukan. Pada perusahaan ini terdapat tiga jenis pembagian gaji, yaitu:

a. Gaji Pokok

Gaji tersebut diberikan kepada karyawan tetap perusahaan dengan nominal yang sesuai dengan peraturan perusahaan serta akan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya. Berikut ini adalah nominal gaji karyawan untuk masing-masing jabatan:

Tabel 4. 6 Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan (Rp)	Total Gaji (Rp)
1	Direktur Utama	1	20,000,000.00	20,000,000.00
2	Sekretaris Direktur Utama	1	7,000,000.00	7,000,000.00
3	Staff Direktur Utama	1	6,000,000.00	6,000,000.00
4	Direktur Operasi dan Proses	1	15,000,000.00	15,000,000.00
5	Staff Direktur Operasi dan Proses	1	6,000,000.00	6,000,000.00
6	Direktur Sumber Daya Manusia	1	15,000,000.00	15,000,000.00
7	Staff Direktur Sumber Daya Manusia	1	6,000,000.00	6,000,000.00
8	Direktur Administrasi dan Pemasaran	1	15,000,000.00	15,000,000.00
9	Staff Direktur Administrasi	1	6,000,000.00	6,000,000.00

	dan Pemasaran			
10	Kepala Bagian Proses Utilitas	1	10,000,000.00	10,000,000.00
11	Kepala Bagian Research and Development	1	10,000,000.00	10,000,000.00
12	Kepala Bagian Pemeliharaan Listrik dan Instrumentasi	1	10,000,000.00	10,000,000.00
13	Kepala Bagian Kesehatan dan Keselamatan	1	10,000,000.00	10,000,000.00
14	Kepala Bagian Keuangan	1	10,000,000.00	10,000,000.00
15	Kepala Bagian Pemasaran	1	10,000,000.00	10,000,000.00
16	Kepala Bagian HRD	1	10,000,000.00	10,000,000.00
17	Kepala Bagian Keamanan	1	10,000,000.00	10,000,000.00
18	Karyawan Produksi	25	6,500,000.00	1625.000.00
19	Karyawan Control Room	10	6,500,000.00	65000000
20	Karyawan Quality Control	6	6,500,000.00	39000000
21	Karyawan Laboratorium	5	6,000,000.00	30000000
22	Karyawan Penelitian Proses dan Teknologi	5	6,000,000.00	30000000
23	Karyawan Utilitas dan Pengolahan Limbah	6	6,000,000.00	36000000
24	Karyawan Perawatan Pabrik	8	6,500,000.00	52000000
25	Karyawan Instrumentasi Kelistrikan	6	6,500,000.00	39000000
26	Karyawan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	5	6,000,000.00	30000000
27	Karyawan Keuangan	4	6,000,000.00	24000000

28	Karyawan Pembelian	4	6,000,000.00	24000000
29	Karyawan Penjualan	5	6,000,000.00	30000000
30	Karyawan Analisa Pasar dan Perancangan Pemasaran	4	6,000,000.00	24000000
31	Karyawan Pelayanan Umum	3	6,000,000.00	18000000
32	Karyawan Humas	3	6,000,000.00	18000000
33	Karyawan Transportasi	3	6,000,000.00	18000000
34	Karyawan Personalia	3	6,000,000.00	18000000
35	Karyawan Gudang	5	6,000,000.00	30000000
36	Karyawan Keamanan	8	6,500,000.00	52000000
37	Karyawan Pelatihan Tenaga Kerja	3	6,000,000.00	18000000
38	Dokter	2	8,000,000.00	16000000
39	Perawat	2	5,500,000.00	11000000
40	Supir	3	5,500,000.00	16500000
41	Cleaning Service	5	4,900,000.00	24500000
		150		1,001,500,000.00

b. Gaji Harian

Gaji harian akan diberikan kepada karyawan tidak tetap/buruh harian serta karyawan borongan.

c. Gaji Lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokoknya. Gaji lembur akan diberikan minimal satu hari atau maksimal dua hari setelah kegiatan dilakukan. Penentuan

nominal uang lembur didasarkan pada Peraturan Pemerintah No.35

Pasal 30 ayat 3 Tahun 2021 dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jam pertama sampai dengan jam kedelapan dibayar sebesar dua kali upah sejam.
- Jam kesembilan dibayar sebesar tiga kali upah sejam.
- Jam kesepuluh, kesebelas dan kedua belas dibayar sebesar empat kali upah sejam.

Perhitungan upah kerja lembur didasarkan pada gaji bulanan yang diperoleh. Gaji perbulan yang diperoleh akan dikali dengan $1/173$ dimana angka tersebut diperoleh dari perkiraan jumlah jam kerja perminggu (40 Jam) dikali jumlah minggu dalam sebulan (4,33 minggu).

4.4.6 Fasilitas dan Hak Karyawan

Terdapat beberapa fasilitas dan hak karyawan yang wajib diberikan oleh perusahaan demi menunjang efektivitas kinerja karyawan antara lain:

1. Hak Cuti

a. Cuti Tahunan

Berdasarkan Undang-undang No. 6 Pasal 79 ayat 3 tahun 2023 tentang Cipta Kerja, seluruh karyawan mendapatkan hak cuti tahunan paling sedikit 12 hari kerja apabila yang bersangkutan telah bekerja selama 12 bulan secara terus menerus. Karyawan pabrik ini mendapatkan hak cuti tahunan sebanyak 15 hari setiap tahunnya. Jika yang bersangkutan tidak mengambil hak cuti tahunan maka hak

tersebut akan hangus pada tahun itu dan tahun berikutnya akan mendapatkan kembali hak cuti tahunan yang sama.

b. Cuti Sakit dan Haid

Untuk karyawan/buruh perempuan berhak memperoleh istirahat selama 1,5 (satu setengah) bulan sebelum saatnya melahirkan anak dan 1,5 (satu setengah) bulan sesudah melahirkan menurut perhitungan dokter kandungan atau bidan. Sedangkan apabila mengalami keguguran kandungan berhak memperoleh istirahat 1,5 (satu setengah) bulan atau sesuai dengan surat keterangan dokter kandungan atau bidan. Karyawan/buruh perempuan yang dalam masa haid merasakan sakit dan memberitahukan kepada pengusaha, tidak wajib bekerja pada hari pertama dan kedua pada waktu haid.

2. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (*non-shift*), hari libur nasional termasuk dalam hari libur kerja. Sedangkan untuk karyawan *shift*, pada hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari tersebut diperhitungkan sebagai hari kerja lembur (*overtime*) serta mendapatkan upah kerja lembur.

3. Kerja Lembur (*Overtime*)

Pemberian jam kerja lembur hanya dilakukan apabila terdapat keperluan yang mendesak harus segera diselesaikan serta mendapatkan persetujuan dari kepala bagian yang bersangkutan. Berdasarkan Undang-undang No. 6 Pasal 78 ayat 1 b tahun 2023 tentang Cipta Kerja, waktu kerja

lembur hanya dapat dilakukan paling lama 4 jam dalam 1 hari dan 18 jam dalam 1 minggu.

4. Pakaian Kerja

Demi menghindari terjadinya kesenjangan sosial antar karyawan, maka perusahaan memberikan dua pasang seragam kerja dan apabila terdapat kerusakan yang mengakibatkan seragam menjadi tidak layak pakai maka perusahaan akan menggantinya. Selain itu perusahaan juga menyediakan peralatan lain yang disediakan dalam lingkungan pabrik seperti masker, *safety helmet*, pelindung wajah, pakaian pelindung, kacamata pengaman, sarung tangan dan peralatan serta alat pelindung diri lainnya. Seluruh atribut yang disediakan di dalam lingkungan pabrik akan selalu dicek secara berkala dan akan diganti apabila sudah mengalami kerusakan yang berakibat tidak layak pakai.

5. Jamsostek

Selain menerima gaji pokok tiap bulannya, seluruh karyawan pabrik akan mendapatkan tunjangan yang bertujuan memberikan kesejahteraan kepada karyawan. Tunjangan tersebut diantaranya:

a. Tunjangan Kesehatan

Seluruh karyawan pabrik akan mendapatkan asuransi Kesehatan sesuai dengan Permenaker Nomor 5 Tahun 2021. Berdasarkan peraturan tersebut jaminan sosial yang diperoleh diantaranya:

- Jaminan Kecelakaan Kerja

- Jaminan Hari Tua
- Jaminan Kematian

Apabila ada karyawan yang mengalami kecelakaan ataupun sakit sehingga harus mendapatkan perawatan, maka perusahaan harus mengganti keseluruhan dari biaya perawatan.

b. Tunjangan Hari Raya

Seluruh karyawan akan memperoleh tunjangan hari raya dengan besaran nominal sesuai dengan 1 bulan gaji pokok tiap tahunnya serta pemberian tunjangan minimal kepada karyawan yang sudah bekerja minimal 1 bulan. Penyerahan tunjangan hari raya dilakukan paling lambat tujuh hari sebelum hari raya.

c. Tunjangan Keluarga

Tunjangan tersebut akan diberikan kepada karyawan dengan rincian tunjangan suami/istri dan tunjangan anak (maksimal dua anak) dengan besaran 10% dan 2 % dari gaji pokok.

6. Fasilitas Penunjang Aktivitas Karyawan

- a. Penyediaan tempat ibadah lengkap dengan sarana air serta listrik.
- b. Penyediaan fasilitas kantin.
- c. Penyediaan fasilitas poliklinik yang akan ditangani oleh dokter dan perawat.
- d. Penyediaan sarana transportasi seperti motor, sepeda, dan bus untuk keperluan tertentu.

BAB V

UTILITAS

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian penting yang menunjang berlangsungnya proses dalam suatu pabrik. Dalam perancangan pabrik sodium silikat unit utilitas yang dibutuhkan antara lain :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (Water Treatment System)

Unit penyediaan dan pengolahan air berfungsi sebagai penyedia air sanitasi, air pendingin, air umpan boiler, dan air proses. Air sanitasi digunakan untuk air perkantoran dan lingkungan.

2. Unit Pembangkit Steam (Steam Generation System)

Unit penyedia *steam* digunakan untuk proses pemanasan pada *heater*.

3. Unit Pembangkit Listrik (Power Plant System)

Unit pembangkit listrik digunakan untuk tenaga penggerak peralatan proses, transportasi bahan dan penerangan lingkungan pabrik. Listrik yang digunakan bersumber dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Gardu Induk Gunung Mulia Steel (GI GMS) yang berada dalam satu lingkup kabupaten dari lokasi berdirinya pabrik sodium silikat dan generator diesel sebagai tenaga cadangan diperoleh dari PT. Pertamina Tanjung Gerem apabila PLN mengalami gangguan.

4. Unit Penyedia Udara Instrumen (Instrument Air System)

Unit penyedia udara tekan berfungsi sebagai penyedia udara tekan untuk menjalankan sistem instrumentasi.

5. Unit Penyedia Bahan Bakar (Fuel Storage System)

Unit penyedia bahan bakar berfungsi untuk menyediakan bahan bakar penggerak generator.

6. Unit Pengolahan Limbah (Wastewater Treatment)

Unit pengolahan limbah merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan kontaminan dari air limbah. Proses pengolahan limbah melibatkan berbagai metode baik fisika, kimia maupun biologi untuk menghilangkan berbagai kontaminan fisik, kimia dan biologis.

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air serta *Dowtherm A*

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Air merupakan salah satu bahan penunjang yang digunakan dalam mendukung berbagai kebutuhan proses produksi. Air yang digunakan dapat bersumber dari air sungai, air danau, air sumur, dan air laut. Pada pra rancangan pabrik sodium silikat ini, air yang digunakan berasal dari Sungai Ciujung. Beberapa pertimbangan penggunaan air sungai, diantaranya:

- a. Letak Sungai Ciujung yang dekat dari lokasi pabrik
- b. Air sungai merupakan sumber air yang tersedia dalam jumlah yang besar sehingga dapat menghindari adanya kekurangan air
- c. Pengolahan air sungai relatif lebih murah, mudah, dan sederhana

Kebutuhan air yang digunakan pada pabrik sodium silikat digunakan untuk keperluan sebagai berikut:

1. Air Domestik

Air domestik merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan perumahan, perkantoran, laboratorium dan tempat ibadah. Sehingga, air yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan yaitu tidak berbau dan berasa, air jernih tidak beracun, serta tidak mengandung zat organik dan anorganik. Berikut ini merupakan rincian kebutuhan air domestik pada Pabrik Sodium Silikat.

- Kebutuhan Air Karyawan

Jumlah karyawan	: 150 orang
Kebutuhan per orang	: 150 liter/hari
Total kebutuhan	: 22.500 Kg/hari
	937,5 Kg/Jam

- Air untuk perumahan karyawan

Jumlah rumah	: 30
Jumlah orang per rumah	: 4 orang
Kebutuhan per rumah	: 300 liter/hari
Total kebutuhan	: 36.000 Kg/hari
	1.500 Kg/Jam

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

No	Jenis Kebutuhan	Kebutuhan air (Kg/Jam)
1	Kebutuhan Air Karyawan	937,5
2	Air untuk perumahan karyawan	1.500
Total		2.437,5

2. Air Layanan Umum (Service Water)

Service water merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan layanan umum atau karyawan seperti bengkel, klinik, laboratorium, masjid dan sebagainya. Kriteria *service water* yang digunakan sama seperti *domestic water*. Perkiraan kebutuhan air untuk *service water* sebesar 2.437,5 kg/jam.

3. Air Proses

Pada pabrik sodium silikat kebutuhan air proses yang diperlukan sebesar 1.186,25 kg/jam digunakan untuk keperluan proses di *mixer*. Air proses dibutuhkan untuk pencampuran proses pada pabrik, yaitu pada proses natrium hidroksida dan air pada *mixer*.

4. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin dihasilkan oleh menara pendingin (*cooling tower*). Sistem air pendingin ini berfungsi untuk mendinginkan air agar dapat

digunakan dalam proses pendinginan pada alat-alat pertukaran panas (heat exchanger) yang memerlukan suhu lebih rendah. Air pendingin yang telah digunakan dalam media perpindahan panas di area proses akan disirkulasikan kembali ke *cooling tower* untuk didinginkan ulang. Dalam *cooling tower*, terjadi penguapan dan potensi kehilangan air akibat kebocoran. Oleh karena itu, untuk menjaga volume air pendingin, perlu dilakukan penambahan air *make-up* sesuai dengan jumlah air yang hilang.

Umumnya, air dipilih sebagai media pendingin karena beberapa alasan, yaitu:

- Air mudah diperoleh dalam jumlah besar.
- Pengaturan dan pengolahannya relatif sederhana.
- Mampu menyerap panas dalam jumlah besar per satuan volume.
- Air tidak mengalami dekomposisi.

Kebutuhan air pendingin pada pabrik sodium silikat ini terlampir pada tabel 5.2 berikut:

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kebutuhan air (Kg/Jam)
1	<i>Cooler dowtherm A - HD-01</i>	106.647,3
Total		106.647,3

Perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air pendingin} &= 1,2 \times 106.647,29 \text{ Kg/Jam} \\ &= 127.976,75 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{air yang menguap} &= \text{Kebutuhan air pendingin} - \text{kecepatan massa air} \\ &\quad \text{masuk}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= 127.976,75 \text{ Kg/Jam} - 140.965,9 \text{ Kg/Jam} \\ &= 3.896,3 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Make-up water} &= 5\% \times \text{Kebutuhan air pendingin} \\ &= 5\% \times 144.862,3 \text{ Kg/Jam} \\ &= 7.243,1 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{blowdown} &= \text{Make-up water} - \text{air menguap} \\ &= 7.243,1 \text{ Kg/Jam} - 3.896,3 \text{ Kg/Jam} \\ &= 3.346,8 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah air pendingin} &= \text{Kebutuhan air Pendingin} + \text{Make-up water} \\ &= 127.976,75 \text{ Kg/Jam} + 7.243,1 \text{ Kg/Jam} \\ &= 135.219,1 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

5. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* yang digunakan untuk menunjang kelangsungan proses produksi. Kebutuhan steam untuk peralatan pada pabrik ini dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Air Kebutuhan *Steam*

No	Nama Alat	Kebutuhan Steam (Kg/Jam)
1	<i>Mixer - 02</i>	618,84
2	<i>Heater - 01</i>	981
Total		1.599,7

Perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga kebutuhan *steam* menjadi:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan steam} &= 1,2 \times 1.599,7 \text{ Kg/Jam} \\ &= 1.919,59 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah blowdown} &= 5\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 5\% \times 1.919,59 \text{ Kg/Jam} \\ &= 95,98 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Make-up water} &= 5\% \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 5\% \times 1.919,59 \text{ Kg/Jam} \\ &= 95,98 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah air steam} &= \text{Kebutuhan Steam} + \text{Make-up water} \\ &= 1.919,59 \text{ Kg/Jam} + 95,98 \text{ Kg/Jam} \\ &= 2.015,57 \text{ Kg/Jam}\end{aligned}$$

Sehingga total kebutuhan air pada pabrik sodium silikat dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Air

No	Kebutuhan Air	Jumlah (Kg/Jam)
1	Air Domestik	2.437,5
2	Layanan Umum	2.437,5
3	Air Proses	1.186,25
4	Air Umpan Boiler	2.015,57
5	Air Pendingin	135.219,1
Total		143.295,92

5.1.2 Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air untuk prarancangan pabrik sodium silikat diambil dari air sungai Ciujung yang jaraknya dekat dengan barik. Air sungai tidak dapat langsung digunakan, memerlukan beberapa pengolahan untuk mendapatkan spesifikasi air yang diinginkan. Beberapa tahapan dalam proses pengolahan air, antara lain:

1. Penghisapan

Tahap awal yang dilakukan adalah penghisapan. Pengambilan air dari sungai dilakukan dengan penghisapan menggunakan pompa. Kemudian air akan dialirkan ke bak pengendapan awal.

2. Pengendapan Awal (*Sedimentation*)

Selanjutnya, air akan dimasukan ke dalam bak pengendapan awal (sedimentasi). Proses ini bertujuan untuk memisahkan kotoran yang terikut dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Kotoran - kotoran yang terikut dalam air akan mengendap pada bagian bawah karena adanya gaya gravitasi.

3. Bak Pencampuran cepat

Setelah dari bak pengendapan awal (sedimentasi) selanjutnya air akan masuk kedalam bak pencampuran cepat yang berguna untuk mencampurkan air dan bahan kimia seperti $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $14 \text{ H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2CO_3 .

4. Bak Penggumpal (Clarifier)

Pada clarifier terjadi proses koagulasi. Koagulasi adalah metode yang memanfaatkan reaksi kimia untuk membersihkan air dari kotoran, seperti lumpur, mikroorganisme, dan zat pencemar lainnya. Tujuan utama dari proses koagulasi adalah untuk membantu partikel-partikel kecil ini bergabung membentuk flok yang lebih besar, yang kemudian dapat dengan mudah diendapkan atau dihilangkan dari air. Proses koagulasi diawali dengan penambahan koagulan. Pada pabrik glukosa digunakan koagulan aluminium sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Aluminium sulfat merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisis. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel partikel tersebut menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi.

5. *Sand Filter*

Setelah keluar dari *clarifier*, air kemudian dialirkan menuju *Sand Filter* untuk di filtrasi. Filtrasi ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} dan lain-lain dengan menggunakan resin. *Sand Filter* dicuci (back wash, rinse) bila sudah dianggap kotor.

6. Tangki Penampung Air Bersih (Filtered Water Storage Tank)

Air yang keluar dari Sand Filter merupakan air yang sudah bersih dan akan ditampung pada bak penampungan sementara. Air tersebut akan didistribusikan dan diolah lebih lanjut sehingga dapat digunakan untuk keperluan air domestik, air layanan umum, air pendingin, air umpan boiler, dan air proses.

7. Tangki Deklorinasi

Tangki klorinasi bertujuan untuk menghilangkan klorin (Cl_2). Klorin memiliki sifat beracun yang membahayakan kesehatan manusia. Setelah air terbebas dari klorin air dapat didistribusikan sebagai air rumah tangga.

8. Bak Air Rumah Tangga

Bak air rumah tangga berfungsi untuk menyimpan air bersih lalu dialirkan untuk kebutuhan karyawan seperti sanitasi, toilet, perumahan, klinik, dll.

9. *Cooling Tower*

Cooling tower adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan air dingin yang dapat digunakan sebagai pendingin pada alat proses. Pada alat ini air panas akan diolah menjadi air dingin menggunakan udara sebagai media

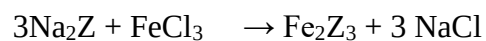
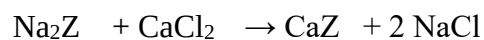
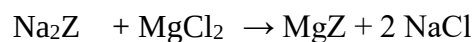
pendinginnya. Air akan mengalami proses evaporasi, sehingga air akan dialirkan ke bawah melalui lubang aliran.

10. Demineralisasi

Air yang digunakan untuk air proses dan air umpan boiler untuk produksi steam water tidak cukup air bersih saja, tetapi juga harus air murni yang terbebas dari kandungan mineral terlarut. Sehingga perlu dilakukan adanya demineralisasi. Demineralisasi adalah proses pemisahan mineral yang terdapat pada air. Proses ini dilakukan menggunakan proses pertukaran ion dengan menggunakan resin kation dan anion.

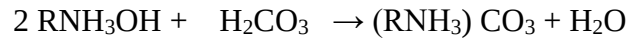
a. Kation *Exchanger*

Kation *Exchanger* adalah unit yang bertugas menukar kation, di mana kation yang ada dalam air digantikan oleh ion H⁺. Akibatnya, air yang keluar dari Kation *Exchanger* mengandung anion dan ion H⁺. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

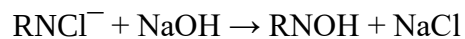


b. Anion *Exchanger*

Air yang keluar dari tangki kation diumpankan menuju tangki Anion *Exchanger* untuk mengikat ion negative (anion) yang larut dalam air dengan resin yang bersifat basa. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Selama proses pertukaran ion berlangsung, kation resin akan jenuh sehingga perlu diregenerasi menggunakan larutan NaOH. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



5.1.3 Penyediaan *Dowtherm A*

Dowtherm A digunakan sebagai media pendingin dalam pabrik. Hal ini dikarenakan kondisi operasi pada reaktor yang cukup tinggi. Oleh karena itu, *Dowtherm A* digunakan sebagai media pendingin. Kebutuhan pendingin untuk peralatan pada pabrik ini terlampir pada Tabel 5.5 berikut:

Tabel 5. 5 Kebutuhan *Dowtherm A*

No	Nama Alat	Kebutuhan <i>Dowtherm A</i> (Kg/Jam)
1	Reaktor - 01	102.046,43
2	Reaktor- 02	14.300,27
3	Cooler - HE 01	23.218,5
Total		139.565,2

Perancangan dibuat *over design* 20%, sehingga kebutuhan *Dowtherm* menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Dowtherm} &= 1,2 \times 139.565,2 \text{ Kg/Jam} \\ &= 167.478,2 \text{ Kg/Jam} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah blowdown} = 10\% \times \text{kebutuhan Dowtherm}$$

$$\begin{aligned}
 &= 10\% \times 167.478,2 \text{ Kg/Jam} \\
 &= 16.747,8 \text{ Kg/Jam} \\
 \text{Jumlah Make-up water} &= 10\% \times \text{kebutuhan Dowtherm} \\
 &= 10\% \times 167.478,2 \text{ Kg/Jam} \\
 &= 16.747,8 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

5.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit Pembangkit Steam bertugas menyediakan kebutuhan steam yang akan digunakan sebagai media pemanas dalam proses produksi. Jenis steam yang digunakan adalah *steam* jenuh suhu 227°C. Alat yang digunakan untuk menunjang kebutuhan *steam* pada pabrik sodium silikat adalah boiler dengan spesifikasi:

- Kapasitas = 1.919,59 Kg/jam
- Jumlah = 1

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari *filtered water storage tank* yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu mengalami proses demineralisasi dan deaerasi. Selain itu air juga perlu diatur pH-nya menjadi sekitar 10,5-11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya juga tinggi. Sebelum masuk ke boiler, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran yang keluar dari boiler. Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api.

Gas sisa pembakaran berasal dari alat *burner* dimana api yang keluar akan memanaskan lorong dan pipa bagian api dan gas tersebut masuk ke *economizer*

untuk diserap panasnya oleh air hingga mendidih. Steam yang telah terkumpul dialirkan menuju *steam header* untuk didistribusikan ke alat proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik sodium silikat ini dipenuhi oleh PLN, namun dalam menanggulangi gangguan pasokan listrik dari PLN setempat, disediakan generator sebagai cadangan listrik. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berjalan secara kontinyu. Adapun generator yang digunakan adalah jenis generator diesel, dimana solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas yang dikeluarkan ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Selanjutnya listrik didistribusikan ke panel kemudian dialirkan ke unit pemakai. Spesifikasi generator yang digunakan yaitu:

- Kapasitas : 1.000 kW
- Jenis : AC Generator
- Jumlah : 1

Kebutuhan listrik yang harus disuplai untuk pabrik terbagi menjadi beberapa bagian diantaranya:

- a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Alat Proses

No	Alat	Kode Alat	Daya (HP)	Daya (Watt)
1	Pompa	P-01	5	3.728,5
2	Pompa	P-02	1	745,7
3	Pompa	P-03	0,5	372,85
4	Pompa	P-04	0,5	372,85
5	Pompa	P-05	15	11.185,5
6	Pengaduk	R-01	0,5	372,85
7	Pengaduk	R-02	0,5	372,85
8	Pengaduk	M-01	0,5	372,85
9	Pengaduk	M-02	0,5	372,85
10	<i>Centrifuge</i>	CF-01	5	3.728,5
11	Blower	B-01	0,5	372,85
12	Turbin	T-01	5	
Total			34,5	25.726,65

Kebutuhan listrik total untuk seluruhan alat utilitas sebesar 25.726,65 Watt atau 25,73 KW.

b. Kebutuhan Listrik Utilitas

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Utilitas

No	Alat	Kode Alat	Daya	
			Hp	Watt
1	Pompa	PU-01	1	745,7
2	Pompa	PU-02	1,5	1.118,55
3	Pompa	PU-03	0,5	372,85
4	Pompa	PU-04	0,5	372,85
5	Pompa	PU-05	1,5	1.118,55
6	Pompa	PU-06	15	1.118,55
7	Pompa	PU-07	0,5	372,85
8	Pompa	PU-08	0,5	372,85
9	Pompa Dowtherm	PD - 01	10	7.457
10	Kompresor	Udara	0,5	372,85
11	fan	CT	15	11.185,52
12	Pengaduk	BPC	0,5	372,85
13	rake	<i>Clarifier</i>	1	745,7
Total			48	35.793,6

Kebutuhan listrik total untuk seluruh alat utilitas sebesar 35.793,6 Watt
atau 35,8 KW

c. Kebutuhan Listrik Perumahan

Listrik yang akan disuplai untuk kebutuhan area perumahan pabrik terdiri dari listrik untuk rumah dan listrik untuk sarana lingkungan sekitar perumahan yang besarnya sekitar 40%. Untuk kebutuhan listrik setiap rumah diperkirakan sebesar 680 watt/rumah dengan total 20,4 kW untuk 30 rumah serta 9,52 kW untuk sarana lingkungan perumahan sehingga dibutuhkan daya total sebesar 29,92 kW.

d. Kebutuhan Listrik Layanan Umum dan Laboratorium

Listrik yang disuplai akan dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan dari bengkel, laboratorium, pemadam kebakaran, poliklinik, kantin, mushola dan taman. Jumlah listrik yang disuplai diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik penggerak motor atau sebesar 15,38 kW.

e. Kebutuhan Listrik Penerangan

Listrik yang dibutuhkan untuk penerangan area pabrik dan sekitarnya diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik penggerak motor atau sebesar 15,38 kW.

f. Kebutuhan Listrik Perkantoran

Kebutuhan listrik perkantoran meliputi penggunaan AC, komputer, monitor, dan lainnya. Jumlah suplai listrik diperkirakan mencapai 25% dari total kebutuhan listrik penggerak motor atau sebesar 15,38 kW.

g. Kebutuhan Listrik Instrumen

Kebutuhan listrik instrumen meliputi penggunaan AC, komputer, monitor, dan lainnya. Jumlah suplai listrik diperkirakan mencapai 35% dari total kebutuhan listrik penggerak motor atau sebesar 21,53 kW.

Tabel 5. 8 Total Kebutuhan Listrik

No	Keperluan	Kebutuhan (Kw)
1	Power plant	25,73
2	Utilitas	35,79
3	Penerangan	15,38
4	Peralatan kantor	15,38
5	Bengkel & laboratorium	15,38
6	Perumahan	29,92
7	Instrumentasi	21,53
Total		159,11

5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (Instrument Air System)

Unit Penyediaan Udara Tekan bertugas memenuhi kebutuhan udara tekan untuk alat-alat yang bekerja dengan prinsip pneumatic terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya, proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Kebutuhan udara tekan diperkirakan sebesar 2 m³/jam dengan tekanan 4 bar.

5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertanggungjawab dalam penyediaan kebutuhan bahan bakar pabrik. Bahan bakar yang tersuplai berupa bahan bakar untuk kebutuhan generator, boiler. Adapun dapat dilihat pada tabel 5.9

Tabel 5. 9 Kebutuhan Bahan Bakar

No	Jenis Kebutuhan	Jumlah Bahan Bakar (Liter/Tahun)
1	Reboiler	570.655,55
2	Generator Listrik	865.264,05
Total		1.435.919,60

5.6 Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari pabrik sodium silikat dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu:

1. Bahan buangan cairan

Limbah cair yang dihasilkan berasal dari alat proses, utilitas dan sanitasi.

a. Buangan limbah laboratorium

Limbah laboratorium diolah dengan proses *physical treatment* (proses pengendapan dan penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrol pH) dan *biological treatment*.

b. Buangan dari utilitas

Buangan dari proses utilitas yaitu dari unit demineralisasi harus dinetralkan terlebih dahulu sebelum dapat dibuang. Apabila air

buangan memiliki pH lebih dari 7 maka akan ditambahkan NaOH sedangkan pH kurang dari 7 akan ditambahkan H₂SO₄.

c. Buangan dari air sanitasi

Air buangan sanitasi pengolahannya tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan cara diolah pada unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin. Kemudian dikumpulkan dan diolah dalam unit.

2. Bahan buangan padatan dari alat proses

Untuk menghindari pencemaran dari bahan buangan padat maka diperlukan penanganan terhadap bahan buangan tersebut dengan cara memberikan padatan tersebut kepada unit pengolahan limbah agar diolah lebih lanjut. Selanjutnya ada juga limbah padat berasal dari proses-proses pengolahan air (*water treatment system*) pada unit utilitas. Limbah padat tersebut berupa lumpur yang banyak mengandung padatan yang sering disebut *sludge*. Lumpur tersebut dapat diolah menjadi abu dengan kadar 0,3% melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- a. Pengentalan atau pemekatan lumpur (*sludge thickening*)
- b. Stabilisasi lumpur (*sludge stabilization*)
- c. Pengeluaran air (*sludge dewatering*)
- d. Pengeringan lumpur (*sludge drying*)

5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 10 Spesifikasi Pompa Utilitas

Spesifikasi Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Memompa air sungai sebanyak 10.891,52 Kg/Jam ke bak pengendapan awal	Memompa air sebanyak 10.372,88 Kg/Jam dari bak pengendapan awal ke bak <i>clarifier</i>	Memompa air sebanyak 9.878,93 Kg/Jam dari <i>clarifier</i> ke <i>sand filter</i>	Memompa air sebanyak 9.378,93 Kg/Jam dari <i>sand filter</i> ke bak air bersih	Memompa air sebanyak 8.932,31 Kg/Jam dari bak air bersih ke bak air rumah tangga
Jenis	Pompa Cetrifugal	Pompa Cetrifugal	Pompa Cetrifugal	Pompa Cetrifugal	Pompa Cetrifugal
Rate volumetrik (m ³ /s)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
ID (in)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,47
OD (in)	3,5	3,5	3,5	3,5	2,87
NPS (in)	3	3	3	3	2,5
Flow Area (in ²)	6,60	6,60	6,60	6,60	4,79
Effisiensi (hp)	62%	60%	60%	60%	58%

Power Pompa (hp)	0,77	1,29	0,33	0,03	1,48
Power Motor (hp)	1	1,5	0,5	0,5	1,5

Tabel 5. 11 Spesifikasi Pompa Utilitas (Lanjutan)

Spesifikasi Kode	PU-06	PU-07	PU-08	PD-01
Fungsi	Memompa air sungai sebanyak 127.976,75 Kg/Jam dari bak air bersih ke menara pendingin	Memompa air sebanyak 2.015,57 Kg/Jam dari tangki umpan boiler ke tangki boiler	Memompa air sebanyak 1.823,61 Kg/Jam dari tangki kondensat ke tangka umpan boiler	Memompa <i>owtherm A</i> sebanyak 139.565,20 Kg/Jam dari tangka <i>dowtherm A</i> ke alat proses
Jenis	Pompa Cetrifugal	Pompa Cetrifugal	Pompa Cetrifugal	Pompa Cetrifugal
Rate volumetrik (m ³ /s)	0,03	0,0006	0,0005	0,04
ID (in)	7,98	1,38	1,38	7,98
OD (in)	8,62	1,66	1,66	8,62
NPS (in)	8	0,75	1,25	8
Flow Area (in ²)	981	1,49	1,49	50,03
Effisiensi (hp)	85%	80%	80%	82%

Power Pompa (hp)	10,01	0,15	0,09	8,07
Power Motor (hp)	15	0,5	0,5	10

Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Utilitas

Spesifikasi Kode	Bak Utilitas				
	BU - 01	BU - 02	BU - 03	BU – 04	BU – 05
Parameter	Bak Pengendapan Awal	Bak Pencampuran Cepat	Bak Air Bersih	Bak Saringan Pasir	Bak Air Rumah Tangga
Fungsi	Mengendapkan kotoran kasar yang terbawa oleh air sungai	Mencampurkan bahan kimia dan pengurangan kesadahan	menampung air untuk kantor pelayanan dan rumah tangga	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang terbawa oleh air	Menampung air untuk kebutuhan air rumah tangga
Jenis	Persegi Panjang	Silinder tegak	Persegi Panjang	Persegi Panjang	Persegi panjang
Spesifikasi					
Volume Bak (m3)	315,25	0,21	70,55	1,54	70,55

Panjang (m)	15,37	1	7,27	1,24	7,27
Lebar (m)	5,12	0,6	2,42	1,24	2,42
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki Utilitas

Kode	TU - 01	TU - 02	TU - 03	TU - 04	TU - 05
Parameter	Tangki Kation	Tangki Anion	Tangki Umpan Boiler	Tangki Kondensat	Tangki NaCL
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung di dalam air	menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air	Menyimpan air umpan boiler selama 8 jam	Menyimpan air umpan boiler selama 1 Jam	Melarutkan NaCL untuk regenerasi penukar kation
Jenis	Tangki silinder Tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder dilengkapi deaerator	Tangki silinder dilengkapi deaerator	Tangki silinder tegak

Bahan	Baja Karbon	Baja Karbon	Baja Karbon	Baja Karbon	Baja Karbon
Spesifikasi					
Tinggi atau panjang (m)	1	1	9	3	1
Diameter (m)	1	1	4	1	1
Volume (gallon)	3,69	1,18	5.137,83	611,64	1,10
Jumlah	2	2	1	1	1

Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki Utilitas (Lanjutan)

Kode	TU - 06	TU - 07	TU - 08	TD - 01
Parameter	Tangki NaOH	Tangki Silika	Tangki Udara Tekan	Tangki Dowtherm A
Fungsi	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar kation	Menghilangkan uap air yang masih	Menampung udara tekan selama 120 menit	Menyimpan <i>Dowtherm</i> selama 8 jam

		terkandung dalam udara		
Jenis	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak	Tangki silinder horizontal dilengkapi dengan deaerator
Bahan	Baja Karbon	Baja Karbon	Baja Karbon	Baja Karbon
Spesifikasi				
Tinggi (m)	1	1	3	10,97
Diameter (m)	1	1	1	12,19
Volume (gallon)	32,03	102,66	297,10	368.367
Jumlah	1	2	2	1

5.14 Clarifier

Tabel 5. 15 Spesifikasi *Clarifier*

IDENTIFIKASI	
Fungsi	: Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran yang terbawa oleh air
Jenis	: Bak Silinder Tegak dengan Bentuk Kerucut
SPESIFIKASI	
Kapasitas (Kg/Jam)	: 16.525,77
Volume Bak (m ³)	: 62,55
Tinggi (m)	: 2,39

Diameter (m)	:	4,79
Daya Penggerak (hp)	:	1
Jumlah	:	1

5.15 Cooling Tower

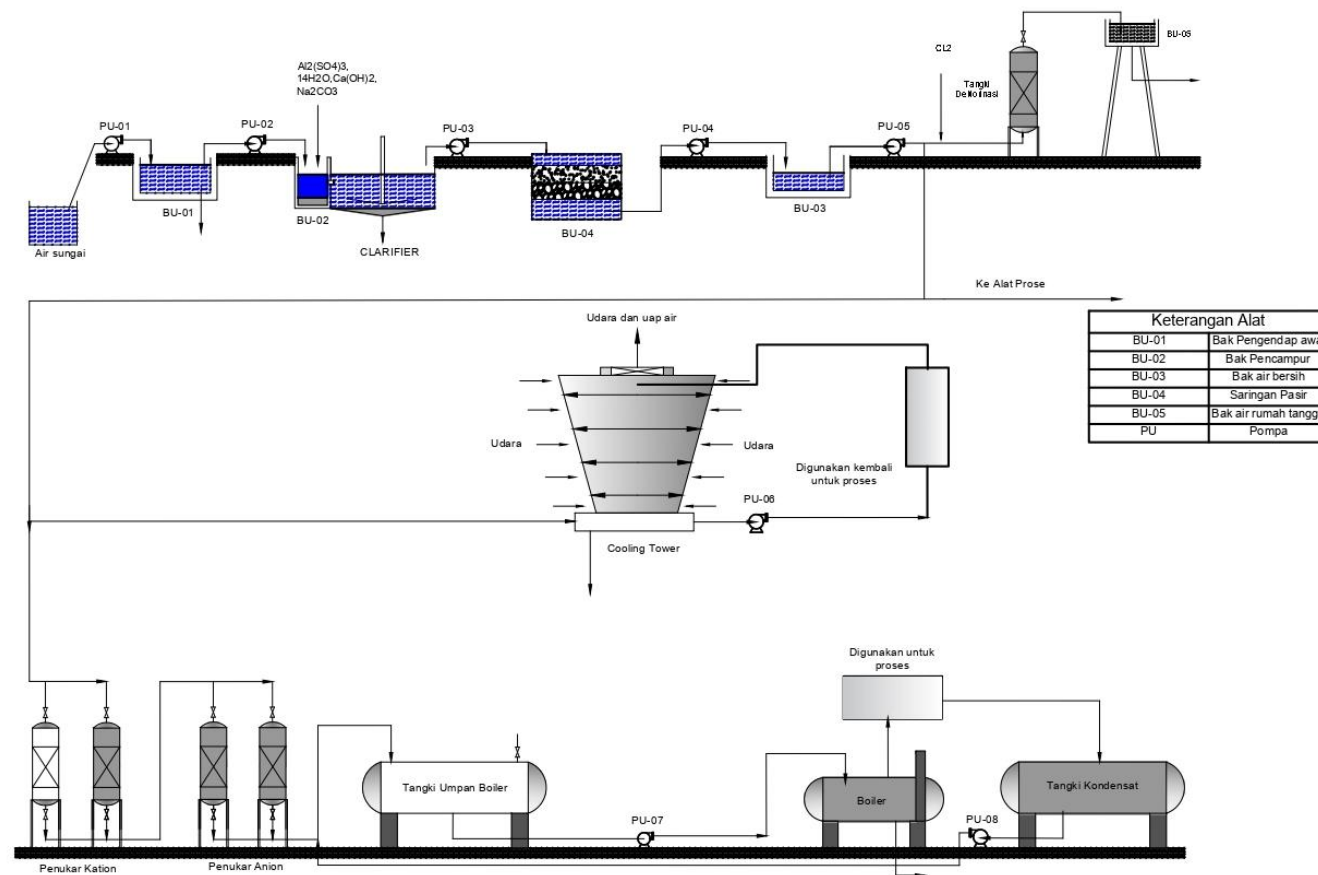
Tabel 5. 16 Spesifikasi *Cooling Tower*

IDENTIFIKASI		
Fungsi	:	Memulihkan suhu air dari 323,15 K sampai 303,15 K
Jenis	:	<i>Cooling Tower Induced Draft</i>
SPESIFIKASI		
Tinggi (m)	:	9, 14
Panjang (m)	:	5,48
Lebar (m)	:	5,48
Daya Motor (hp)	:	15
Jumlah	:	1

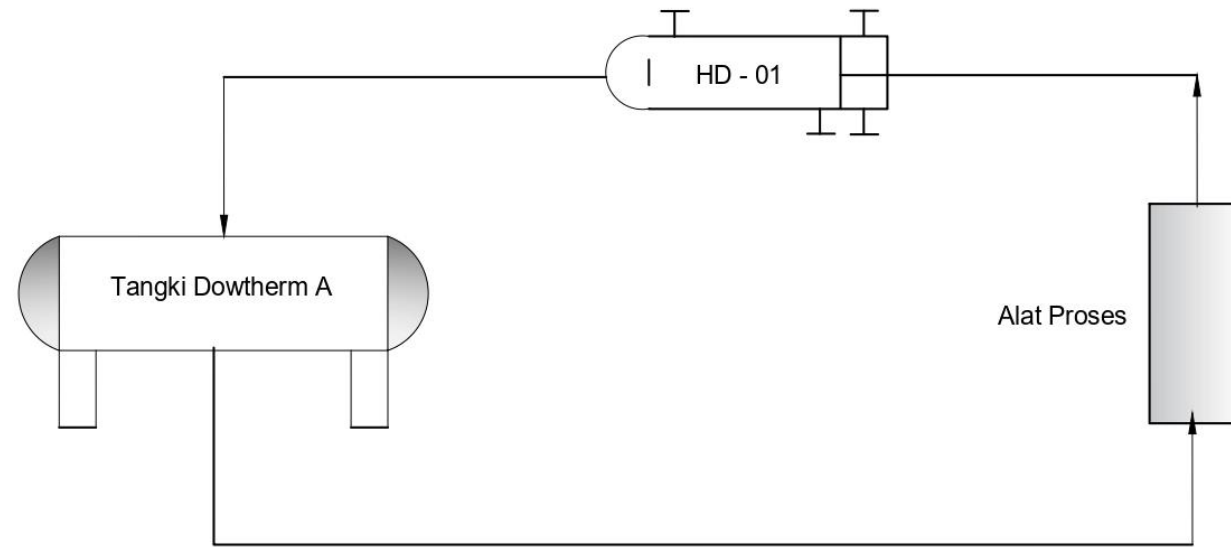
5.16 Boiler

Tabel 5. 17 Spesifikasi Boiler

IDENTIFIKASI		
Fungsi	:	Membuat <i>steam jenuh</i> pada tekanan 4,79 bar sebesar 1.919,59 Kg/Jam
Jenis	:	<i>Boiler</i> Lorong api
SPESIFIKASI		
Luas Perpindahan Panas (m ²)	:	52,52
OD (in)	:	3,5
ID (in)	:	3,07
Panjang Pipa (m)	:	3,66
Jumlah Pipa (buah)	:	51
Jumlah	:	1



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas



Gambar 5. 2 Siklus *Cooler Dowtherm A*

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Pada pra rancangan pabrik Sodium Silikat ini dilakukan evaluasi atau penilaian investasi dengan maksud untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang menguntungkan atau tidak. Komponen yang penting di perancangan adalah estimasi harga alat-alat, karena harga ini digunakan sebagai dasar untuk estimasi analisa ekonomi. Analisa ekonomi digunakan untuk mendapatkan perkiraan/estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas. Selain itu, analisa ekonomi yang ditujukan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak jika didirikan. Perhitungan evaluasi ekonomi meliputi:

1. *Return On Investment (ROI)*
2. *Pay Out Time (POT)*
3. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*
4. *Break Even Point (BEP)*
5. *Shut Down Point (SDP)*

Sebelum melakukan analisa ekonomi dengan parameter diatas, beberapa hal yang perlu dikalkulasikan antara lain:

1. Modal Industri (Capital Investment)

- a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital*)
- 2. Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)
 - a. Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Produksi Tak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - c. Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
- 3. Pendapatan Modal
 - a. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)
 - b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)
 - c. Biaya Mengambang (*Regulated Cost*)

6.1 Penentuan Harga Alat

Harga peralatan proses setiap alat semua tergantung kepada kondisi ekonomi yang sedang terjadi. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangat sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga suatu alat pada tahun tertentu dan harus mengetahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik Sodium Silikat beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari dan tahun didirikan pada tahun 2029. Di dalam analisa ekonomi harga alat ataupun harga yang lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka diperlukan data indeksi tahun analisa. Harga indeks tahun 2029 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 2013 sampai 2029, dicari dengan persamaan regresi linear.

Tabel 6. 1 Harga Indeks Tahunan

Tahun	Indeks (Yi)	Tahun	Indeks (Yi)
2013	567,3	2019	607,5
2015	576,1	2020	596,2
2016	556,8	2021	605,1
2017	567,5	2022	611,33
2018	603,1	2023	617,57

Berdasarkan data di atas, diperoleh persamaan regresi linear untuk memperkirakan pendirian pabrik Sodium Silikat dengan kapasitas 15.000 ton/tahun pada tahun 2029 dengan index sebesar 648,76.

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio indeks harga (Aries & Newton, 1955).

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

Dimana:

Ex : Harga pembelian pada tahun 2028

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi

Nx : *Index* harga pada tahun 2028

Ny : *Index* harga pada tahun referensi 1987

Tabel 6. 2 Daftar Harga Alat Proses

No	Nama Alat	Kode	Harga Satuan (\$)	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Harga Total (\$)
1	Reaktor	R-01/R-02	794.143	122.968.410	2	1.410.4
2	<i>Centrifuge</i>	CF-01	11.036	93.599.414	1	11.036
3	<i>Mixer</i>	M-01	159.121	97.266.464	1	159.121
4	<i>Mixer</i>	M-02	318.355	5.188.549.79	1	318.355
5	<i>Spray dryer</i>	SD-01	40.540	660.720.920	1	40.540
6	<i>Screw conveyor</i>	SC-01	8.333	135.811.234	1	8.333
7	<i>Screw conveyor</i>	SC-02	11.599	189.040.502	1	11.599
8	<i>Screw conveyor</i>	SC-03	11.599	189.040.502	1	11.599
9	<i>Bucket elevator</i>	BE-01	23.536	383.589.728	1	23.536
10	<i>Bucket elevator</i>	BE-02	23.536	383.589.728	1	23.536
11	<i>Bucket elevator</i>	BE-03	23.536	383.589.728	1	23.536

12	Pompa	P-01	7.545	122.968.410	2	15.090
13	Pompa	P-02	5.743	93.599.414	1	5.743
14	Pompa	P-03	5.968	97.266.464	1	5.968
15	Pompa	P-04	5.968	97.266.464	1	5.968
16	Pompa	P-05	5.968	97.266.464	1	5.968
17	Cooler	HE-02	3.604	58.737.992	1	3.604
18	Cooler	HE-03	2.365	38.544.770	1	2.365
19	Silo	S-01	101.576	1.655.485.64 8	1	101.576
20	Silo	S-02	18.581	302.833.138	1	18.581
21	Silo	S-03	163.738	2.668.601.92 4	1	163.738
22	Blower	B-01	3.153	51.387.594	1	3.153

6.2 Analisa Perhitungan Biaya

Tabel 6. 3 Daftar Harga Alat Utilitas

No	Nama Alat	Kode	Jumlah	Harga	
				(\$)	Rp
1	Bak Pengendapan	BU-01	1	47.681,68	777.116.000
2	Bak Pencampuran Cepat	BU-02	1	381,52	6.218.000

3	Clarifier	Clarifier	1	11.114,31	181.141.000
4	Bak Air Bersih	BU-03	1	4.090,13	66.661.000
5	Bak Saringan Pasir	BU-04	1	2.028,04	33.053.000
6	Bak Air Rumah Tangga	BU-05	1	4.090,13	66.661.000
7	Pompa	PU-01	1	5.700	92.899.000
8	Pompa	PU-02	1	5.700	92.899.000
9	Pompa	PU-03	1	5.500	89.639.000
10	Pompa	PU-04	1	5.700	92.899.000
11	Pompa	PU-05	1	5.700	92.899.000
12	Pompa	PU-06	1	7.300	118.975.000
13	Pompa	PU-07	1	5.100	83.120.000
14	Pompa	PU-08	1	5.700	92.899.000
15	Pompa	PD-01	1	7.300	118.975.000
16	Kompresor Udara	KU	1	53.600	873.573.000
17	Tangki Silika	TU-07	1	3.200	52.154.000
18	Tangki Udara	TU-08	1	5.500	89.639.000
19	Tangki Kation	TU-01	1	400	6.519.200
20	Tangki Anion	TU-02	1	300	4.889.400

21	Tangki Umpan Boiler	TU-03	1	14.300	233.061.400
22	Tangki Kondensat	TU-04	1	4.700	76.600.600
23	Tangki Dowtherm A	TD-01	1	406.600	6.626.766.8 00
24	Cooler Dowtherm A	HD-01	1	1.900	30.966.200
25	Cooling Tower	CT-01	1	72.320,53	1.178.680.0 00
26	Tangki NaCl	TU-05	1	400	6.519.000
27	Tangki NaOH	TU-06	1	1.800	29.336.000

Untuk memperhitungkan biaya yang diperlukan dalam mendirikan suatu pabrik, diperlukan beberapa tahapan perhitungan agar pabrik tersebut dapat dikatakan layak secara ekonomis. Beberapa tahapannya antara lain:

1. Dasar Perhitungan

Kapasitas Produksi : 15.000 Ton/Tahun

Satu Tahun Operasi : 330 Hari

Tahun Pendirian Pabrik : 2029

Kurs Mata Uang : 1 US \$ = Rp. 16.298

Harga Bahan Baku Natrium Hidroksida : Rp. 11.830.152.000/ Tahun

Harga Bahan Baku Pasir Silika : Rp. 9.652.311.000/ Tahun

Harga Produk Sodium Silikat : Rp. 270.000.000.000/ Tahun

2. Perhitungan Biaya

a. Capital Investment

Capital Investment adalah jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital Investment* terdiri dari :

- Fixed Capital Investment

Biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

- Working Capital Investment

Biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

b. Manufacturing Cost

Manufacturing Cost adalah jumlah *Direct Cost*, *Indirect Cost*, dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk. Menurut Aries dan Newton, 1955, *Manufacturing Cost* meliputi:

- *Direct Cost*

Direct Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

- *Indirect Cost*

Indirect Cost adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

- *Fixed Cost*

Fixed Cost adalah biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak bergantung waktu dan tingkat produksi.

- *General Expense*

General expense adalah pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

6.3 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan dipergunakan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak secara ekonomi. Berikut adalah

perhitungan perhitungan yang dapat digunakan dalam menganalisa kelayakan ekonomi dari suatu rancangan pabrik.

1. *Percent Return On Investment (ROI)*

Return On Investment (ROI) adalah kecepatan pengembalian banyaknya modal investasi, dinyatakan dalam persentase (%) terhadap modal yang tetap.

$$ROI = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

Batasan minimum nilai ROI sebelum pajak untuk Industri Kimia yaitu, untuk *low risk* yaitu 11% dan *high risk* yaitu 44%. Pabrik Sodium Silikat termasuk pabrik yang *low risk* , sehingga batas minimum ROI sebesar 44%.

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time (POT) adalah jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya Capital Investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

Waktu minimum secara teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini

diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{(Profit + Depresiasi)} \times 100\%$$

Batasan maksimum *Pay Out Time* (POT) setelah pajak untuk skala industri kimia *high risk* yaitu 5 tahun dan *low risk* yaitu 2 tahun.

3. *Break Even Point (BEP)*

Break Event Point (BEP) adalah suatu titik impas (hal tersebut pabrik tidak mendapatkan keuntungan atau kerugian). Total Kapasitas pabrik pada saat *sales value* = total cost. Suatu pabrik akan mengalami jika beroperasi di bawah standar *Break Event Point (BEP)* dan mendapatkan keuntungan jika beroperasi diatas *Break Even Point (BEP)*. Harga *Break Even Point (BEP)* pada umumnya berkisar antara 40-60% dari kapasitas.

$$BEP = \frac{Fa + (0,3xRa)}{(Sa - Va - (0,7xRa))} \times 100\%$$

Keterangan :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point (SDP) merupakan suatu titik atau penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan, penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan). Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti beroperasi atau tutup.

Shut Down Point (SDP) dapat diartikan sebagai level produksi dimana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Cost*. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{0,3xRa}{(Sa - Va - (0,7xRa))} \times 100\%$$

5. *Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)*

Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR) Merupakan suatu analisa kelayakan ekonomi dengan cara *Discounted Cash Flow* yang menggunakan nilai uang tiap tahun berdasarkan investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik tersebut berakhir (*present value*). Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap

tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir selama umur pabrik. Dihitung dengan persamaan:

$$(FC + WC)(1 + i)^n = CF [(1 + i)^{n-1}(1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1] + SV + WC$$

Keterangan :

$$R = S$$

$FC = \text{Fixed Capital}$

$WC = \text{Working Capital}$

$SV = \text{Salvage Value}$

$CF = \text{Annual Cash Flow (After Profit + taxes + depreciation + finance)}$

$I = \text{Discounted cash flow rate}$

$n = \text{Umur Pabrik (10 tahun)}$

6.4 Hasil Perhitungan

Pendirian pabrik Sodium silikat ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah layak atau tidaknya pabrik ini didirikan. Hasil perhitungan ditunjukkan pada dibawah ini:

Tabel 6. 4 *Physical Plant Cost*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	PPC Alat Proses	773.616.000	47.467
2	PPC Alat Utilitas	5.187.856.000	318.312
3	Bangunan	53.373.000.000	3.274.819
4	Tanah	139.186.200.000	8.540.079
Physical Plant Cost (PPC)		198.520.672.000	12.180.677

Tabel 6. 5 *Direct Plant Cost*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Harga Alat sampai tempat	773.616.000	47.467
2	Instalasi	24.507.482.000	1.503.711
3	Pemipaan	47.291.517.000	2.901.676
4	Instrumentasi dan Kontrol	2.297.627.000	140.976
5	Isolasi	3.828.840.000	234.927
6	Instalasi Listrik	58.021.000	3.560
7	Bangunan	53.373.000.000	3.274.819
8	Tanah dan Perbaikan	139.186.200.000	8.540.079
9	Utilitas	5.187.856.000	318.312
Direct Plan Cost (DPC)		276.504.159.000	16.965.527

Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	331.804.991.000	20.358.632
2	<i>Engineering and Construction</i>	55.300.832.000	3.393.105
3	<i>Contractor Fee</i>	33.180.499.000	2.035.863
4	<i>Contingency Cost</i>	49.770.749.000	3.053.795
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		470.057.071.000	28.841.395,94

Tabel 6. 7 Direct Manufacturing Cost

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	21.482.463.000	1.318.104
2	<i>Utilities</i>	12.826.751.373	787.014
3	<i>Labor</i>	12.018.000.000	737.391
4	<i>Supervision</i>	1.802.700.000	110.609
5	<i>Maintenance</i>	32.903.995.000	2.018.898
6	<i>Plant supplies</i>	4.935.599.000	302.835
7	<i>Royalties</i>	2.700.000.000	165.664
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		88.669.508.373	5.440.515

Tabel 6. 8 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll overhead</i>	2.403.600.000	147.478,22
2	<i>Laboratory</i>	2.403.600.000	147.478,22
3	<i>Plant overhead</i>	12.081.000.000	737.391,09
4	<i>Packaging and shipping</i>	5.400.000.000	331.329,00
5	<i>Distribution</i>	3.600.000.000	220.886,00
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		25.825.200.000	1.584.562,52

Tabel 6. 9 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Type of Capital Investment	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	41.475.624.000	2.884.140
2	<i>Property tax</i>	57.307.000	3.516
3	<i>Insurance</i>	47.006.000	2.884
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		47.110.020.000	2.890.540

Tabel 6. 10 *Manufacturing Cost*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	88.669.508.373,43	5.440.514,69
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	25.825.000	1.584.562,52
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	47.110.020.000	2.890.539,94
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>		151.611.869.373,43	9.915 617,154

Tabel 6. 11 *Working Capital*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	1.790.250.000	109.845
2	<i>In Process Inventory</i>	229.715.000	14.095
3	<i>product Inventory</i>	12.634.322.000	775.207
4	<i>Available cash</i>	12.634.322.000	775.207
5	<i>Extended credit</i>	25.268.645.000	1.550.414
<i>Working Capital (WC)</i>		52.557.209.000	3.224.767,09

Tabel 6. 12 *General Expense*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Administrasi</i>	8.100.000.000	496.993
2	<i>Sales</i>	54.000.000	3.313
3	<i>Research</i>	67.500.000	4.142
4	<i>Finance</i>	584.142.000	35.841
<i>General Expense (GE)</i>		8.936.026.000	540.290

Tabel 6. 13 *Total Production Cost*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	151.611.869.373	9.302.483
2	<i>General Expense (GE)</i>	8.805.642.000	540.290
<i>Total Production Cost (TPC)</i>		179.152.095.373	9.842.773

Tabel 6. 14 *Fixed Cost (Fa)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	41.475.624.000	2.544.829
2	<i>Property taxes</i>	51.777.000	3.177
3	<i>Insurance</i>	41.476.000	2.545
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		41.568.877.000	2.550.551

Tabel 6. 15 *Variable Cost (Va)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw material</i>	21.482.463.000	1.324.464
2	<i>Packaging & shipping</i>	4.920.000.000	303.334
3	<i>Utilities</i>	12.061.652.544	743.640
4	<i>Royalties and Patents</i>	2.460.000.000	151.667
5	<i>Distribusi</i>	3.600.000.000	221.952
<i>Variable Cost (Va)</i>		46.009.214.373	2.745.057

Tabel 6. 16 *Regulated Cost (Ra)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor cost</i>	12.018.000.000	737.391
2	<i>Plant overhead</i>	2.403.600.000	147.478
3	<i>Payroll overhead</i>	12.018.000.000	737.391
4	<i>Supervision</i>	1.802.700.000	110.609
5	<i>Laboratory</i>	2.403.600.000	147.478
6	<i>General Expense</i>	8.805.642.000	540.290
7	<i>equipment maintenance</i>	29.032.937.000	1.781.380
8	<i>tool supplies</i>	4.354.941.000	267.207
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		72.839.420.000	4.469.224

6.5. Hasil Analisis Keuntungan

Annulus sales (Sa)	= Rp 270.000.000.000
Total <i>production cost</i>	= Rp 179.152.095.373 / Tahun
Keuntungan sebelum pajak	= Rp 225.797.207.470
Pajak pendapatan	= 35 % (Pasal 17 ayat 2a UU No. 36 th 2008)
	= Rp 79.029.023.000
Keuntungan setelah pajak	= Rp 146.768.184.470

6.6. Hasil Kelayakan Ekonomi

a. *Return On Investment (ROI)*

$$ROI = \frac{Keuntungan}{Fixed\ Capital} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 43%

ROI setelah pajak = 28%

b. *Pay Out Time (POT)*

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{Keuntungan\ Tahunan + Depresiasi} \times 100\%$$

POT sebelum pajak = 1,9 Tahun

POT setelah pajak = 2,6 Tahun

c. Break Event Point (BEP)

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\%$$

$$BEP = 46,29\%$$

d. Shut Down Point (SDP)

$$SDP = \frac{0,3 \times Ra}{(Sa - Va - 0,7 Ra)} \times 100\%$$

$$SDP = 15\%$$

e. Discounted Cash Flow Rate Of Return (DCFR)

$$(FC + WC)(1 - i)^n = \sum_{n=0}^{n=n-1} (1 + i)^n + WC + SV$$

$$\text{Umur pabrik} = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Fixed Capital Investment} = \text{Rp } 414.756.239.000$$

$$\text{Working Capital} = \text{Rp } 59.604.484.000$$

$$\text{Salvage Value (SV)} = \text{Rp } 192.559.200.000$$

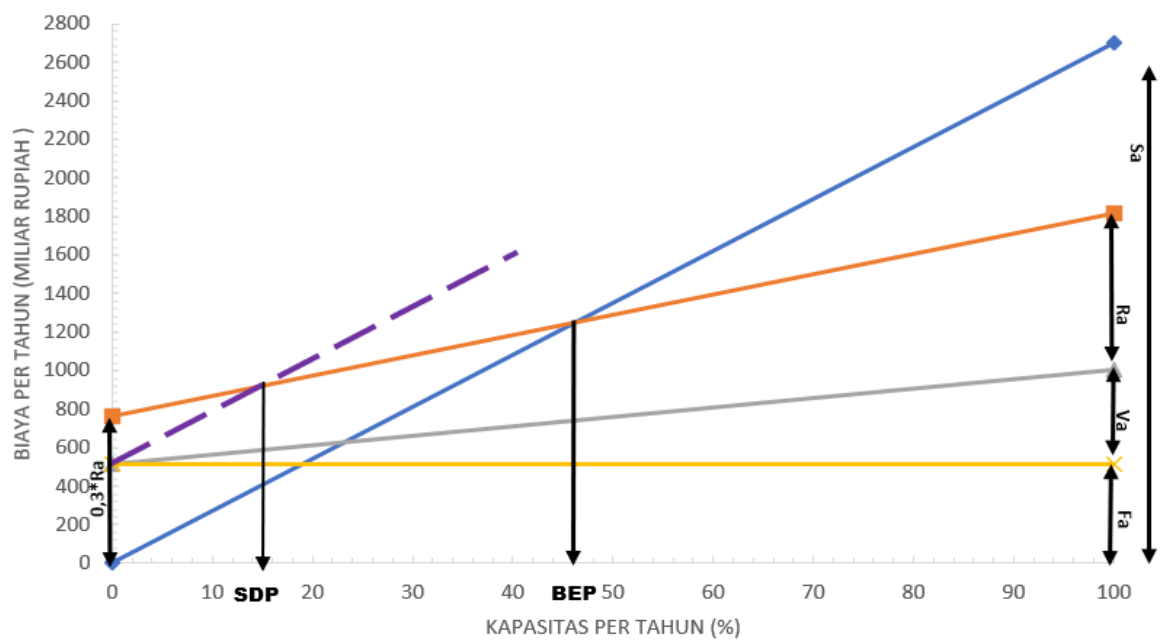
$$\text{Cash Flow (CF)} = \text{Rp } 199.206.506.470$$

Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR.

Diperoleh nilai DCFR adalah:

$$DCFR = 33,42\%$$

Nilai bunga pinjaman bank BCA sebesar 3,25%, sehingga bunga minimum sebesar 4,87%. Dibandingkan dengan bunga minimum, nilai DCFR yang didapatkan masih lebih besar. Dengan beberapa analisa ekonomi didapatkan grafik evaluasi sebagai berikut :



Gambar 6. 1 Grafik Evaluasi Ekonomi

Keterangan :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

BAB VII

PENUTUPAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari pra rancangan pabrik sodium silikat dari natrium hidroksida dan pasir silika adalah sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik sodium silikat dari natrium hidroksida dan pasir silika kapasitas 15.000 ton/tahun dilakukan untuk memenuhi kebutuhan sodium silikat pada industri manufaktur. Dengan demikian, dapat mengurangi ketergantungan impor, mengurangi angka pengangguran, serta dapat meningkatkan perekonomian negara.
2. Pabrik sodium silikat dari natrium hidroksida dan pasir silika akan dibangun dalam bentuk perseroan terbatas (PT) yang akan didirikan pada tahun 2029 di Desa Sukamaju, Kabupaten Serang, Provinsi Banten.
3. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi, pabrik menunjukkan hasil sebagai berikut:
 - a. Keuntungan sebelum pajak : Rp.225.797.207.470
 - b. Keuntungan setelah pajak : Rp.146.768.184.470
 - c. ROI sebelum pajak : 43%
 - ROI setelah pajak : 28%
 - d. POT sebelum pajak : 1,9 Tahun

POT setelah pajak	: 2,6 Tahun
e. BEP	: 46%
f. SDP	: 15%
g. DCFR	: 33%

4. Berdasarkan aspek bahan baku, kondisi operasi proses, peluang penjualan produk dan evaluasi ekonomi, dapat disimpulkan bahwa pabrik sodium silikat dari natrium hidroksida dan pasir silika dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep dasar untuk menjamin pabrik dapat didirikan dan meningkatkan kelayakannya. Berikut saran yang diberikan mengenai Pabrik Sodium Silikat kapasitas 15.000 ton/tahun :

1. Pengoptimalan pemilihan alat proses dan pendukung agar mendapatkan keuntungan yang lebih optimal
2. Pendirian pabrik kimia disertai dengan adanya pengembangan pengolahan limbah yang baik untuk meminimalkan dampak lingkungan pengembangan pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

Daftar Pustaka

- About company. (n.d.). Retrieved August 15, 2024, from <https://www.shantichem.com/about-company.php>
- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955). *Chemical engineering cost estimation*. McGraw Hill Book Company.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (n.d.). *Badan Pusat statistik Indonesia*. Retrieved July 14, 2024, from <http://bps.go.id/>
- Boucher, L. J. (1989). Advanced inorganic chemistry, fifth edition (cotton, albert F.; Wilkinson, geoffrey). *Journal of Chemical Education*, 66(3), A104. <https://doi.org/10.1021/ed066pa104.2>
- BPS Kabupaten Serang. (2024). *Kabupaten Serang dalam angka 2024*. <https://serangkab.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/935a514f9019194a91a0d1fb3/kabupaten-serang-dalam-angka-2024.html>
- C.Thai Chemicals Company Limited. (n.d.). *About US*. Retrieved August 15, 2024, from <https://cthainchemicals.lookchem.com/About.html>
- CAMEO chemicals. (n.d.). *NOAA*. Retrieved September 24, 2024, from <https://cameochemicals.noaa.gov/>
- Campbell, A., Oliver, J., & Stade, S. (2006). Sodium Silicate Plant Re-Design.
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., & Gaus, P. L. (1989). *Basic inorganic chemistry*. John Wiley & Sons.
- Faith, W. L., Keyes, D. B., & Clark, R. L. (1965). *Industrial chemicals*.
- Garrett, E. D. (1989). *Chemical engineering economics*. Va Nostrand Reinhold.
- Geankoplis, C. J. (2003). *Transport processes and separation process principles* (4th ed.). Prentice Hall.
- Gonçalves, M. R. F., & Bergmann, C. P. (2006). Thermal insulators made with rice husk ashes: Production and correlation between properties and

microstructure. *Construction and Building Materials*, 21(12), 2059–2065. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.05.057>

Haryono, D., S.Si., M.Si., & Irwan. (2015). *Pengendalian kualitas statistik (pendekatan teoritis dan aplikatif)* (1st ed.).

Iler, R. K. (1979). *The chemistry of silica: Solubility, polymerization, colloid and surface properties and biochemistry of silica*. Wiley-Interscience.

Kementerian Perindustrian. (n.d.). *DAFTAR INVENTARIS BARANG/JASA DALAM NEGERI*. P3DN. Retrieved August 7, 2024, from <https://tkdn.kemenperin.go.id>

Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology 4 edition volume 22. The interscience Encyclopedia, John Willey and Sons, Inc. New York.

(2000). Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/0471238961>

Kurt, C., & Bittner, J. (2006). Sodium hydroxide. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. https://doi.org/10.1002/14356007.a24_345.pub2

Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., & West, R.E. (2003). *Plant design and economics for chemical engineers* (5th ed.). McGraw-Hill.

PubChem. (n.d.). *PubChem*. Retrieved September 24, 2024, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

SK UMK BANTEN

2025. https://disnaker.tangerangkota.go.id/assets/media/file/pengumuman/SK UMK BANTEN_2025.PDF

Silicon dioxide. (n.d.). *Safety Data Sheet*. Retrieved September 25, 2024, from <https://www.chemicalbook.com/msds/silicon-dioxide.htm>

Sodium silicate manufacturer, liquid sodium silicate, solid sodium silicate supplier. (n.d.). *Foshan Nanhai Liande Water Reducing Co.,Ltd*. Retrieved August 17, 2024, from <https://foshanliande.en.made-in-china.com>

TotalSDS®. (2021, November 5). *TotalSDS®*. <https://www.totalsds.com/>

Vlack, L. H. V. (1986). *Ilmu dan teknologi bahan: Ilmu logam dan bukan logam* (S. Djaprie, Trans.). Erlangga.

Yaws, C. L. (2001). *Chemical properties handbook: Physical, thermodynamic, environmental, transport, safety, and health related properties for organic and inorganic chemicals*.

Yaws, C. L. (2015). Physical properties – inorganic compounds. In *The Yaws handbook of physical properties for hydrocarbons and chemicals* (pp. 684–810). Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-800834-8.00002-5>

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

Perancangan Alat Besar

Reaktor

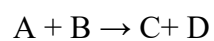
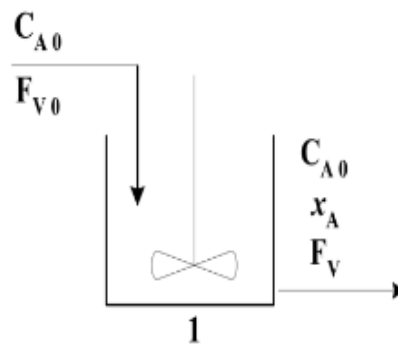
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk/RATB (<i>continuous Stirred Tank Reactor</i>)
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi antara natrium hidroksida dengan pasir silika menjadi sodium silika
Kondisi Operasi	: Suhu : 220 °C Tekanan : 23,6 atm (Campbell, 2006)
	Konversi : 90%
	Sifat reaksi : Eksotermis
	Fase reaksi : Padat - Cair
	Kondisi : Isothermal, non adiabatik
	Waktu tinggal: 3 Jam
Alasan Pemilihan	: 1. Fase reaksi cair-padat sehingga memerlukan pengaduk untuk komponen didalam reaktor agar tercampur dengan sempurna (homogen). 2. Pengontrol suhu yang sederhana memungkinkan tercapainya kondisi operasi isothermal.

3. Pengendalian otomatis yang mudah memungkinkan produk menjadi lebih konsisten dan biaya operasional lebih efisien.

1. Menentukan Konstanta Kecepatan Reaksi dan Optimasi Reaktor

Neraca massa bahan masuk reaktor:

Komponen	BM	Kg/Jam	Kmol/Jam
NaOH	40	1.198,35	29,96
SiO ₂	60	898,76	14,98
H ₂ O	18	1.198,35	66,75
Impuritis	160	116,84	0,73
Na ₂ SiO ₃	122	0	0
Total		3412,31	112,24



$$(-r_A) = \frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A$$

(persamaan orde 1)

	A	+	B	→	C	+	D
Mula-mula :	CA_0		CB_0		0		0
Reaksi :	$CA_0.XA$		$CA_0.XA$		$CA_0.XA$		$CA_0.XA$
Sisa :	$CA_0(1-XA)$		CB_0-CA_0XA		$CA_0.XA$		$CA_0.XA$

Jadi Konstanta Kecepatan Reaksi :

F input - F output - F reaksi = akumulasi

$$Fa_0 - Fa - (-ra)V = 0$$

Dimana: $Fa = Fa_0 - Fa_0.x$

$$(-rA) = k_1. CA$$

$$CA = CA_0(1 - xa)$$

Jadi: $Fa_0 - Fa_0 - Fa_0 . x = (-rA) V$

$$-Fa_0 . x = -ra . V$$

$$Fa_0 . x = k . CA . V$$

$$V = \frac{Fa_0 . xa}{k . CA_0 (1-xa)}$$

a. Kecepatan mol (Fa_0)

$$Fa_0 = 29,96 \text{ Kmol/Jam}$$

b. Konsentrasi Umpan

$$CA_0 = \frac{\text{Massa umpan (kg/Jam)}}{\text{Kecepatan volumetrik umpan (m3/Jam)}}$$

$$CA_0 = \frac{29,96 \text{ Kmol/Jam}}{2,36 \text{ m3/Jam}}$$

$$C_{A0} = 12,66 \text{ Kmol/ m}^3$$

c. Harga k

Didapatkan dari jurnal (Mgaidi et al, 2004) kinetika reaksi mengikuti orde 1.

$$k = 0,0042/\text{menit}$$

$$k = 0,252 \text{ /Jam}$$

d. Optimasi Reaktor

Pada persamaan diatas diperoleh volume sebesar:

1 Reaktor

$$X_1 = 0,9$$

$$Vl_1 = \frac{29,96 \text{ Kmol/Jam} \times 0,9}{0,252 \text{ Jam} \times 12,66 \text{ Kmol/m}^3 \times (1 - 0,9)}$$

$$Vl_1 = 84,52 \text{ m}^3$$

$$\text{Angka keamanan} = 20\%$$

$$V_{over} = 1,2 \times 84,52 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{over} &= 101,42 \text{ m}^3 \\ &= 2.6795,64 \text{ gallon} \end{aligned}$$

2 Reaktor

$$X_1 = 0,68$$

$$Vl_1 = \frac{F_{A0} X_A}{k C_{A0}(1 - X_A)}$$

$$Vl_1 = \frac{29,96 \text{ Kmol/Jam} \times 0,68}{0,252 \text{ Jam} \times 12,66 \text{ Kmol/m}^3 \times (1 - 0,68)}$$

$$Vl_1 = 20,30 \text{ m}^3$$

$$X_2 = 0,9$$

$$Vl_2 = \frac{F_{A0} (X_{A2} - X_{A1})}{k C_{A0} (1 - X_{A2})}$$

$$Vl_2 = \frac{29,96 \text{ Kmole/Jam} \times (0,9 - 0,68)}{0,252 \text{ Jam} \times 12,66 \text{ Kmole/m}^3 \times (1 - 0,9)}$$

$$Vl_2 = 20,30 \text{ m}^3$$

$$V_1 + V_2 = 40,60 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 20,30 \text{ m}^3$$

$$\text{Angka keamanan} = 20\%$$

$$V_{\text{over}} = 1,2 \times 20,30 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{over}} = 20,30 \text{ m}^3$$

$$= 6.437,73 \text{ gallon}$$

3 Reaktor

$$X_1 = 0,54$$

$$Vl_1 = \frac{F_{A0} X_A}{k C_{A0} (1 - X_A)}$$

$$Vl_1 = \frac{29,96 \text{ Kmole/Jam} \times 0,54}{0,252 \text{ Jam} \times 12,66 \text{ Kmole/m}^3 \times (1 - 0,54)}$$

$$Vl_1 = 10,84 \text{ m}^3$$

$$X_2 = 0,78$$

$$Vl_2 = \frac{F_{A0} (X_{A2} - X_{A1})}{k C_{A0} (1 - X_{A2})}$$

$$Vl_2 = \frac{29,96 \text{ Kmole/Jam} \times (0,78 - 0,54)}{0,252 \text{ Jam} \times 12,66 \text{ Kmole/m}^3 \times (1 - 0,78)}$$

$$Vl_2 = 10,84 \text{ m}^3$$

$$X_3 = 0,9$$

$$Vl_3 = \frac{F_{A0} (X_{A2} - X_{A1})}{k C_{A0} (1 - X_{A2})}$$

$$Vl_3 = \frac{29,96 \text{ Kmol/Jam} \times (0,9 - 0,78)}{0,252 \text{ Jam} \times 12,66 \text{ Kmol/m}^3 \times (1 - 0,9)}$$

$$Vl_3 = 10,84 \text{ m}^3$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = 32,52 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 10,84 \text{ m}^3$$

$$\text{Angka keamanan} = 20\%$$

$$V_{\text{over}} = 1,2 \times 10,84 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{over}} = 13,01 \text{ m}^3$$

$$= 3.437,09 \text{ gallon}$$

4 Reaktor

$$X_1 = 0,44$$

$$Vl_1 = \frac{F_{A0} X_A}{k C_{A0} (1 - X_A)}$$

$$Vl_1 = \frac{29,96 \text{ Kmol/Jam} \times 0,44}{0,252 \text{ Jam} \times 12,66 \text{ Kmol/m}^3 \times (1 - 0,44)}$$

$$Vl_1 = 7,31 \text{ m}^3$$

$$X_2 = 0,68$$

$$Vl_2 = \frac{F_{A0} (X_{A2} - X_{A1})}{k C_{A0} (1 - X_{A2})}$$

$$Vl_2 = \frac{29,96 \text{ Kmol/Jam} \times (0,68 - 0,44)}{0,252 \text{ Jam} \times 12,66 \text{ Kmol/m}^3 \times (1 - 0,68)}$$

$$Vl_2 = 7,31 \text{ m}^3$$

$$X_3 = 0,82$$

$$Vl_3 = \frac{F_{A0} (X_{A3} - X_{A2})}{k C_{A0} (1 - X_{A3})}$$

$$Vl_3 = \frac{29,96 \text{ Kmol/Jam} \times (0,82 - 0,68)}{0,252 \text{ Jam} \times 12,66 \text{ Kmol/m}^3 \times (1 - 0,82)}$$

$$Vl_3 = 7,31 \text{ m}^3$$

$$X_4 = 0,9$$

$$Vl_4 = \frac{F_{A0} (X_{A2} - X_{A1})}{k C_{A0} (1 - X_{A2})}$$

$$Vl_4 = \frac{29,96 \text{ Kmol/Jam} \times (0,9 - 0,82)}{0,252 \text{ Jam} \times 12,66 \text{ Kmol/m}^3 \times (1 - 0,9)}$$

$$Vl_4 = 7,31 \text{ m}^3$$

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 29,23 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 7,31 \text{ m}^3$$

$$\text{Angka keamanan} = 20\%$$

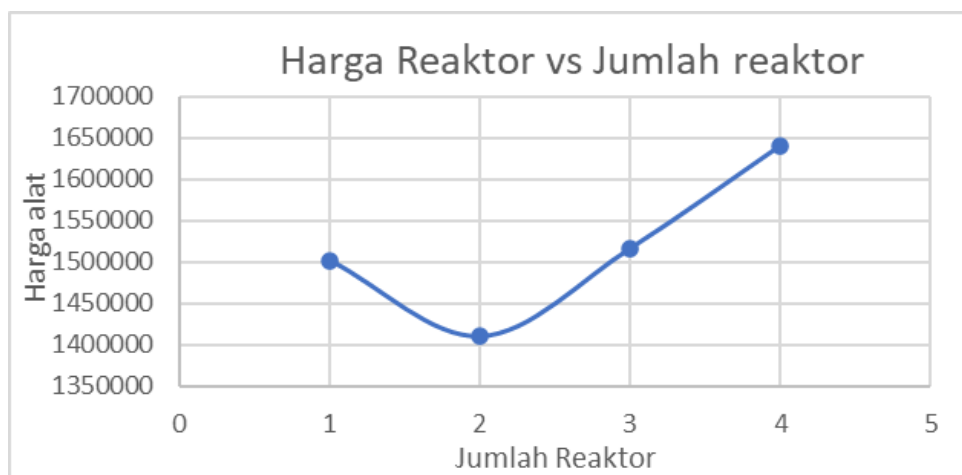
$$V_{\text{over}} = 1,2 \times 7,31 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{over}} = 8,77 \text{ m}^3$$

$$= 2.317,16 \text{ gallon}$$

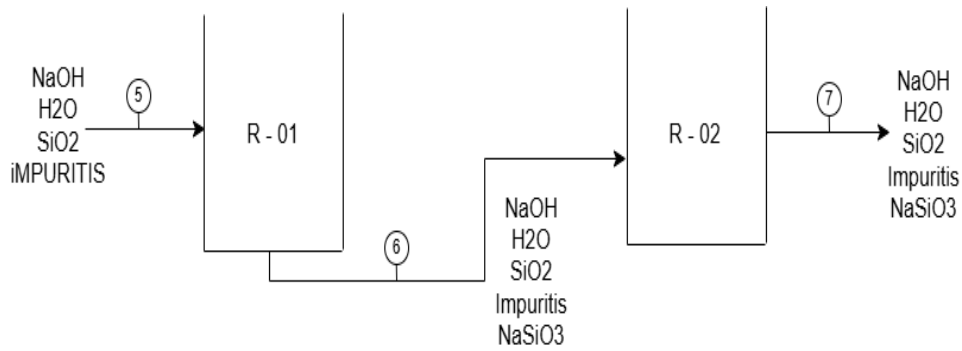
n	Volume (m3)	Volum over design (gallon)	Harga (\$)	Total
1	84,52	26.795,64	904.400	904.400
2	20,30	6.437,73	424.600	849.200
3	10,84	3.437,09	304.500	913.500
4	7,31	2.317,16	287.700	1.150.800

Hasil optimasi diatas dapat diplotkan menjadi grafik hubungan antara jumlah reaktor dengan total harga, sebagai berikut:



Dari grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa jumlah reaktor memengaruhi harga alat reaktor berdasarkan hasil optimasi. Harga paling ekonomis dicapai dengan menggunakan dua reaktor. Selain itu, hasil optimasi menunjukkan bahwa reaksi berlangsung secara optimal pada dua reaktor, dengan volume shell sebesar 20,30 m³ dan harga \$849.200.

2. Neraca Massa



Konversi = 68%

	2NaOH	+	SiO_2	$\rightarrow$	Na_2SiO_3	+	H_2O
Mula-mula	: 1198,35		1015,60		0		1198,35
Reaksi	: -819,40		-614,55		1249,58		184,36
Sisa	: 378,95		401,05		1249,58		1382,72

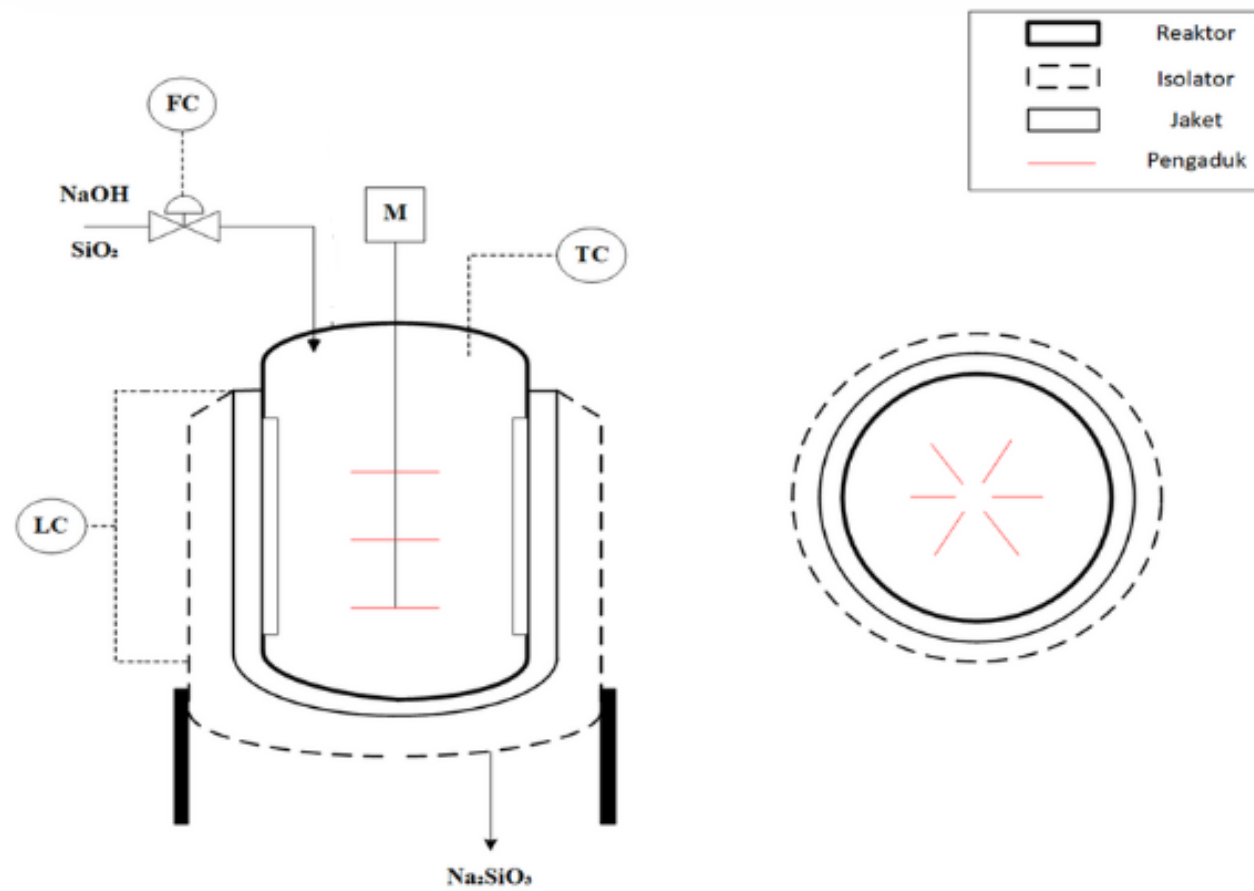
Konversi = 90%

	2NaOH	+	SiO_2	$\rightarrow$	Na_2SiO_3	+	H_2O
Mula-mula	: 378,95		401,05		1249,58		1382,72
Reaksi	: -341,06		-255,79		520,11		76,74
Sisa	: 37,89		145,26		1769,69		1459,46

Neraca Massa Reaktor 01 dan Reaktor 02

Komponen	BM	Reaktor - 01		Reaktor - 02	
		Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
NaOH	40	1.198,35	378,95	378,95	37,89
SiO ₂	60	1.015,60	401,05	401,05	145,26
Na ₂ SiO ₃	122	0	1.249,58	1.249,58	1.769,69
H ₂ O	18	1.198,35	1.382,72	1.382,72	1.459,46
Total	160	3.412,31	3.412,31	3.412,31	3.412,31

PERANCANGAN REAKTOR



PERANCANGAN REAKTOR 1

Perencanaan Dimensi Reaktor

Komponen Masuk Reaktor-1:

Komponen	BM	Input (Kg/Jam)	ρ (kg /m ³)	FV (m ³ /Jam)
NaOH	40	1.198,35	1.826,08	0,65
SiO ₂	60	898,76	3.085,73	0,29
Na ₂ SiO ₃	122	0	2.181	0
H ₂ O	18	1.198,35	844,51	1,42
Impuritis	160	116,84		0
Total		3.412,31	7.937,32	2,36

Perancangan ini menggunakan 2 reaktor dengan volume reaktor sebesar:

$$V_{shell} = 20,30 \text{ m}^3 \rightarrow 5.364,78 \text{ gallon}$$

$$V_{over design} = 24,36 \text{ m}^3 \rightarrow 6.703,17 \text{ gallon}$$

$$\text{Waktu Tinggal} = 8,6 \text{ Jam}$$

Dari Volume *over design* diatas diperoleh diameter *shell* dan tinggi *shell* melalui buku *Chemical Process Engineering Design and Economic* (Harry

Silla,2003). Berdasarkan pada tabel 7.3 untuk kapasitas tangki ± 6000 gallon diperoleh :

$$\text{Diameter shell} = 120 \text{ in} \rightarrow 3,05 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi shell} = 120 \text{ in} \rightarrow 3,05 \text{ m}$$

Menentukan Bahan Konstruksi

Berdasarkan buku Pressure Vessel Handbook, *PRESSURE VESSEL PUBLISHING INC* (Megyesy,1997), bahan konstruksi untuk reaktor dan head reaktor dipilih *Stainless Steel SA 240 Grade 304* karena memiliki konstruksi yang kuat serta tahan terhadap korosifitas.

Allowable stress

$$\text{Fall: } 20000 \text{ Psi} \rightarrow 138560 \text{ kPa (Meggyesy,1997)}$$

Menentukan Tekanan Desain

$$\text{Tekanan Desain } (P_{\text{desain}}) = 1,5 \times \text{tekanan operasi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,5 \times 23,6 \text{ atm} \times [101,325 \text{ kPa/bar}] = 3586,905 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{lingkungan}} = 1 \text{ atm} \times [101,325 \text{ kPa/bar}] = 101,325 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{desain}} - P_{\text{ling}} = 3586,905 \text{ kPa} - 101,325 \text{ kPa} = 3485,580 \text{ kPa}$$

Menentukan Faktor Korosi

Faktor korosi berkisar antara: 0,13 mm - 0,15 mm / tahun (Peters,2003)

Dirancang: faktor korosi = 0,15 mm/umur tangki (tahun)

$$\text{Umur reaktor: } C'' = 0,15 \text{ mm/tahun} \times 10 \text{ tahun} \times [0,001 \text{ m/mm}]$$

$$C'' = 0,0015 \text{ m}$$

Efisiensi Sambungan

$$E = 0,85 \text{ (Meggyesy,1997)}$$

Menentukan Jari-jari luar (Ro)

$$Ro = \frac{\text{Diameter shell}}{2}$$

$$Ro = \frac{3,05 \text{ m}}{2}$$

$$Ro = 1,52 \text{ m}$$

Menentukan Tebal Shell Reaktor

$$ts = \frac{P \times Ro}{S \times E + 0,6 \times P} + C'' \quad \text{(Meggyesy,1997)}$$

Dimanat: C'' = faktor korosi (m)

S = allowable stress (kPa)

P = tekanan desain (kPa)

Ro = Jari- jari luar (m)

E = efisiensi sambungan

$$ts = \frac{3485,580 \text{ kPa} \times 1,52 \text{ m}}{138560 \text{ kPa} \times 0,85 + 0,6 \times 3485,580 \text{ kPa}} + 0,0015 \text{ m}$$

$$ts = 0,04 \text{ m} \rightarrow 1,5 \text{ in}$$

$$t \text{ standart} = 1,5 \text{ in (Brownel, 1959)}$$

Menentukan Tebal Head

Berdasarkan tabel 5.7 Brownell & Young (hal 90), th standar yaitu:

$$\text{Tebal} = 6/16 \text{ in} \rightarrow 0,01 \text{ m}$$

Jari-jari kelengkungan, $r = 114 \text{ in} \rightarrow 2,89 \text{ m}$

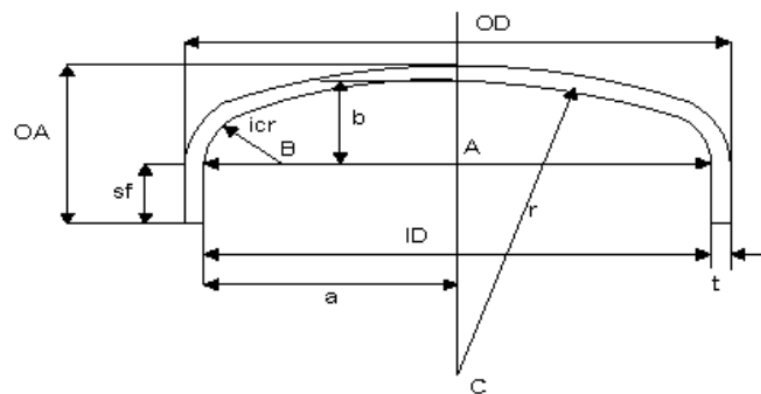
Jari-jari kelengkungan Internal, $icr = 7 \frac{1}{4} \text{ in} \rightarrow 0,18 \text{ m}$

Menentukan Tinggi Head

Berdasarkan table 5.6 Brownell & Young diperoleh nilai $sf \ 1 \frac{1}{2} - 3$

Diambil:

Straight flange = $3 \text{ in} \rightarrow 0,08 \text{ m}$



$$ID = OD - 2 \times t$$

$$ID = 3,05 \text{ m} - 2 \times 0,01 \text{ m}$$

$$ID = 3,03 \text{ m}$$

$$AB = \frac{ID - icr}{2}$$

$$AB = \frac{3,03 \text{ m} - 0,18 \text{ m}}{2}$$

$$AB = 1,33 \text{ m}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 2,89 \text{ m} - 0,18 \text{ m}$$

$$BC = 2,71 \text{ m}$$

$$B = r - [BC^2 - AB^2]^{0,5}$$

$$B = 2,89 \text{ m} - [2,71 \text{ m}^2 - 1,33 \text{ m}^2]^{0,5}$$

$$B = 0,53 \text{ m}$$

$$OA = t + b + sf$$

$$OA = 0,01 \text{ m} + 0,53 \text{ m} + 0,07 \text{ m}$$

$$OA = 0,62 \text{ m}$$

Volume Head

$$VH = \frac{\pi}{24} x D^3$$

$$VH = 3,71 \text{ m}^3$$

Luas Penampang Tangki (At)

$$At = \frac{\pi}{4} x D^2$$

$$At = 7,30 \text{ m}^2$$

Volume Cairan dalam Tangki

$$V_t = V_l + V_H$$

$$V_t = 20,30 \text{ m}^3 + 3,71 \text{ m}^3$$

$$V_t = 24,01 \text{ m}^3$$

Tinggi Cairan dalam Tangki

$$H_{lt} = \frac{V_t}{\pi \times D^2 / 4}$$

$$H_{lt} = \frac{24,85 \text{ m}^3}{\pi \times 3,05 \text{ m}^2 / 4}$$

$$H_{lt} = 3,29 \text{ m}$$

Tinggi Reaktor

$$H_{total} = H_t + 2 \times \text{tinggi head}$$

$$H_{total} = 3,05 \text{ m} + 2 \times 0,62 \text{ m}$$

$$H_{total} = 4,28 \text{ m}$$

Menentukan Jenis Pengaduk

Kondisi Operasi:

$$T = 493,15 \text{ K}$$

$$\mu = 5,52 \text{ cP}$$

Karena campuran memiliki nilai viskositas <1000 cP, maka dipilih jenis flat six blade turbine, karena turbin memiliki volume yang besar dan

dapat digunakan dengan kecepatan putaran yang tinggi, sehingga berdasarkan Brownell & Young diperoleh data :

$$\begin{aligned} D_i &= 1/3 \times D_t \\ &= 1,02 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= 1/3 \times H_t \\ &= 1,02 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= 1/12 \times D_t \\ &= 0,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= 1/4 \times D_i \\ &= 0,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= 1/5 \times D_i \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 1/8 \times D_i \\ &= 0,13 \text{ m} \end{aligned}$$

- Pengaduk = *flat blade turbin*
- Jumlah Sudut = 6
- Jumlah Baffle = 4

Keterangan:

D_i = Diameter pengaduk (m)

Z = Elevasi Pengaduk (m)

B = Lebar Baffle (m)

R = Panjang Blade Impeller (m)

W = Lebar Sudut (m)

S = Panjang Blade dari pusat bantalan

Kecepatan Putar Pengaduk

Berdasarkan (Willey,1977) diperoleh nilai 65 ft/menit sampai 80 ft/menit

Dipilih: $V = 65 \text{ ft} \times [0.3048 \text{ m/ft}] = 19,81 \text{ m/menit}$

$$\text{Rpm} = V \times \frac{1}{\pi \times D_i \text{ m/rotasi}}$$

$$\text{Rpm} = 19,81 \text{ m/menit} \times \frac{1}{\pi \times 1,02 \text{ m}}$$

$$\text{Rpm} = 6,21 \text{ rotasi/menit}$$

Bilangan Reynold

$$\text{Re} = \frac{\rho l \times N \times D_i^2}{\mu l}$$

Diketahui:

$$\rho l = 1441,92 \text{ Kg/m}^3$$

$$N = 6,21 \text{ rotasi/menit} \rightarrow 0,10 \text{ s}^{-1}$$

$$\mu l = 5,52 \text{ cP} \rightarrow 0,0055 \text{ Kg/m.s}$$

$$Re = \frac{1441,92 \text{ Kg/m}^3 \times 0,10 \text{ s}^{-1} \times 1,02 \text{ m}^2}{0,0055 \text{ Kg/m.s}}$$

$$Re = 28337,96$$

Daya Penggerak Pengaduk

Daya N_p diperoleh dari Fig 10.59 (Towler,1984) diperoleh $N_p = 5$

$$Po = N_p \times \rho l \times N^3 \times Di^5$$

$$Po = 5 \times 1441,92 \text{ Kg/m}^3 \times (0,10 \text{ s}^{-1})^3 \times (1,02 \text{ m})^5$$

$$Po = 8,64 \text{ Kg.m}^2/\text{s}$$

$$= 8,64 \text{ Nm/s}$$

$$= 8,64 \text{ J/s}$$

$$= 8,64 \text{ watt}$$

Maka, berdasarkan Towler hal. 111 didapatkan efisiensi motor adalah 80% :

Sehingga, nilai $P = 0,5 \text{ hP}$

(Berdasarkan standar NEMA Ludwig,2001)

PERANCANGAN SISTEM PENDINGIN REAKTOR 1

Neraca Panas Reaktor - 1:

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	-2.253.581,20	
Q2		1.808.313,88
Q Reaksi	9.565.055,08	
Q Pendingin	19.654.142,00	25.157.302,91
Total	26.965.616,79	26.965.616,79

Media Pendingin

Untuk Media Pendingin pada reaktor 1 dan reaktor 2 yaitu *Dowtherm A*, adapun kondisi operasinya sebagai berikut:

Suhu masuk, $T_1 = 398,15 \text{ K}$

Suhu keluar, $T_2 = 426,15 \text{ K}$

Sifat fisis *dowtherm A* pada suhu rerata:

(dowtherm,1997)

Kapasitas panas, $c_p = 1,93 \text{ KJ/Kg.K}$

Viskositas, $\mu = 0,64$ cp

Densitas, $\rho = 960,9$ Kg/m³

Menghitung massa pendingin

$$M_{\text{dowtherm}} = \frac{Q_t}{c_{p,\text{dowtherm}} \times (t_2 - t_1)}$$

$$M_{\text{dowtherm}} = \frac{5525230,48 \text{ KJ/Jam}}{1,93 \text{ KJ/Kg.K} \times (426,15 \text{ K} - 398,15 \text{ K})}$$

$$M_{\text{dowtherm}} = 102455,69 \text{ Kg/Jam}$$

Menghitung ΔT LMTD

Inisial	Fluida panas (K)		Fluida dingin (K)	Δt (K)
Δt_1	493,15	Suhu atas	67	426,15
Δt_2	493,15	Suhu bawah	95	398,15

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

$$LMTD = \frac{95 \text{ K} - 67 \text{ K}}{\ln \frac{95 \text{ K}}{67 \text{ K}}}$$

$$LMTD = 80,19 \text{ K}$$

Menghitung Koefisien Transfer panas

Berdasarkan Towler, dan Sinnott untuk perancangan, nilai UD = 200 - 500

J/m s K

Diambil UD = 500 J/m s K $\rightarrow$ 0,5 KJ/m² s K

Luas perpindahan panas yang diperlukan:

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T \text{ LMTD}}$$

$$A = \frac{5753042,30 \text{ KJ/Jam} / [3600 \text{ s}]}{0,5 \text{ KJ/m}^2 \text{ s K} \times 80,19 \text{ K}}$$

$$A = 38,13 \text{ m}^2$$

Luas selubung reaktor

Luas Selimut = reaktor + luas penampang bawah reaktor

$$A = \pi \times Dt \times H + \pi \times Dt^{2/4}$$

$$A = 67,79 \text{ m}^2$$

Luas selimut lebih besar dari pada luas perpindahan panas maka menggunakan jaket pendingin.

Prancangan Jaket Pendingin

Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, maka untuk memperhatikan suhu reaksi tetap 220 C. Reaktor dilengkapi jaket pendingin.

1. Luas penampang antara jaket dan dinding rektor

$$AA = \frac{Q}{U_{lin}}$$

$$AA = 0,01 \text{ m}^2$$

2. Diameter jaket

$$D_j = \sqrt{\frac{4}{\pi} AA + OD^2}$$

$$D_j = 1,75 \text{ m}$$

3. Tebal jaket

$$T_j = \frac{P \times R_o}{s \times \varepsilon + 0,6 \times P} C''$$

$$T_j = 0,02 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ in}$$

Perancangan Nozzle

Diketahui:

$$\rho_f = 90,01 \text{ lb/ft}^3$$

$$q_f = 0,02 \text{ ft}^3$$

$$D_{iopt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho_f^{0,13}$$

$$D_{iopt} = 1,29 \text{ in}$$

Dari tabel.13 (peters,1991) dipilih ukuran standart 1 ½ in Sch.40 dengan diameter diameter luar (od) 0,05 m dan diameter dalam (Id) 0,04 m.

Perancangan Isolator

Untuk menjaga keamanan lingkungan, dinding luar reaktor di isolasi

Dirancang:

$$\text{Suhu udara, } T_u = 30^\circ\text{C} \rightarrow 86 \text{ F}$$

$$\text{Suhu dinding isolator, } T_i = 45^\circ\text{C} \rightarrow 113 \text{ F}$$

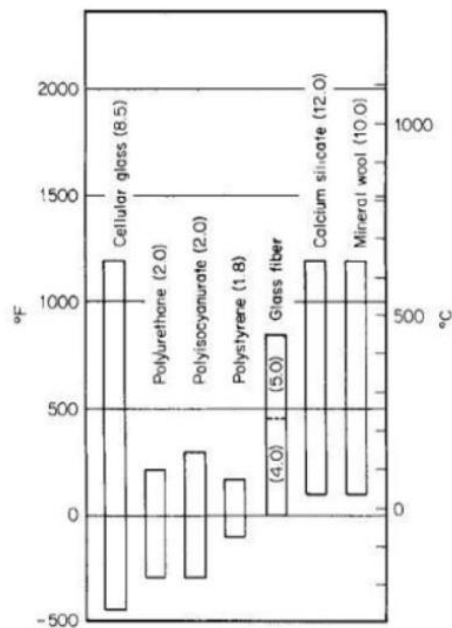


FIG. 11-68 Insulating materials and applicable temperature ranges.

Dari fig 11-68, Perry's ed 8,2008 untuk range suhu 392 F - 572 F bahan isolator yang dipilih jenis *glass fiber*.

Perimbangan lain yang digunakan untuk isolasi glass fiber.

1. Bahan ini dapat digunakan untuk range 392 F - 572 F
2. Glass fiber memiliki ketahanan yang baik terhadap bahan kimia, termasuk bahan alkali seperti NaOH dan sodium silikat.
3. Konduktivitas termal yang kecil
4. Mudah didapat

Asumsi:

perpindahan panas yang terjadi dalam keadaan tunak

Perpindahan panas yang terjadi:

1. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar selongsong

2. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam isolator ke dinding luar isolator
3. Perpindahan kalor secara konveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan

Koefisien perpindahan panas

$$h_c = 0.3 \times [t_i - t_u]^{0.25}$$

$$h_c = 0,3 \times [113 \text{ F} - 86 \text{ F}]^{0,25}$$

$$h_c = 0,68 \text{ Btu/Jam ft}^2 \text{ F}$$

$$= 0,004 \text{ KJ/m}^2 \text{ sK}$$

$$Q_c = h_c \times [t_i - t_u]$$

$$Q_c = 0,043 \text{ KJ/m}^2 \text{ sK} \times [318,15 \text{ K} - 303,15 \text{ K}]$$

$$Q_c = 0,06 \text{ kJ/m}^2 \text{ sK}$$

Diketahui:

$$X_s = 0,04 \text{ m}$$

Konduktivitas thermal selongsan, $k_s = 0,08 \text{ kJ/m sK}$

Konduktivitas thermal isolator, $k_i = 0,000043 \text{ kJ/m sK}$

Maka, xi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_c = \frac{T_p - T_i}{\frac{k_s}{x_s} + \frac{k_i}{x_i}}$$

sehingga didapat nilai x_i (tebal dinding isolator) sebesar 2,8 in. Dapat disimpulkan bahwa semakin dekat suhu dinding isolator ke suhu udara lingkungan maka makin tebal dinding isolator yang menyebabkan panas yang hilang tidak banyak.

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Reaktor
Kode Alat	: R - 01
Jumlah	: 1 (satu)
Fungsi	: Mereaksikan Natrium Hidroksida dan Pasir Silika Menjadi Natrium Hidroksida dengan air
Jenis Alat	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: <i>Continuous</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 23,6
Suhu (°C)	: 220
Kapasitas (Ton/Tahun)	: 15000
Kondisi Operasi	: <i>Isothermal</i> dan Non Adiabatis
Volume (m ³)	: 20,30

DIMENSI REAKTOR	
Shell	Diameter (m) : 3,05 Tinggi (m) : 4,28 Tebal (in) : 1,5
Head	Tinggi (m) : 0,62 Tebal (in) : 0,37
PENGADUK	
Jenis	: <i>Flat blade turbine</i>
Diameter (m)	: 1,02
Panjang Blade (m)	: 1,02
Lebar Blade (m)	: 0,20
Jumlah Baffle (buah)	: 6
Lebar Baffle (m)	: 0,25
Jumlah Blade (buah)	: 4
Kecepatan pengadukan (rpm)	: 6,21
Power Pengadukan (hp)	: 0,5

PENDINGIN	
Media Pendingin	: <i>Dowtherm A</i>
Jenis Pendingin	: Jaket
Luas Transfer Panas (m ²)	: 38,13
Luas Selimut (m ²)	: 67,79
Kebutuhan Pendingin (Kg/jam)	: 102.046,43
Tebal (in)	: 1
Diameter (m)	: 1,75
OD (m)	: 0,04
ID (m)	: 0,04
ISOLATOR	
Tebal (in)	: 2,8

PERANCANGAN REAKTOR 2

Perencanaan Dimensi Reaktor

Komponen Masuk Reaktor-2:

Komponen	BM	Input (Kg/Jam)	ρ (kg /m ³)	FV (m ³ /Jam)
NaOH	40	378,95	1.826,08	0,21
SiO ₂	60	284,16	3.085,73	0,09
Na ₂ SiO ₃	122	1.249,58	2.181	0,57
H ₂ O	18	1.328,72	844,51	1,64
Impuritis	160	116,84	0	0
Total		3.412,31	7.937,32	2,51

Perancangan ini menggunakan 2 reaktor dengan volume reaktor sebesar:

$$V_{shell} = 20,30 \text{ m}^3 \rightarrow 5.364,78 \text{ gallon}$$

$$V_{over design} = 24,36 \text{ m}^3 \rightarrow 6.437,73 \text{ gallon}$$

$$\text{Waktu Tinggal} = 8,1 \text{ Jam}$$

Dari Volume *over design* diatas diperoleh diameter *shell* dan tinggi *shell* melalui buku *Chemical Process Engineering Design and Economic* (Harry Silla,2003).

Berdasarkan pada tabel 7.3 untuk kapasitas tangki ± 2500 gallon diperoleh:

$$\text{Diameter shell} = 120 \text{ in} \rightarrow 3,05 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi shell} = 120 \text{ in} \rightarrow 3,05 \text{ m}$$

Menentukan Bahan Konstruksi

Berdasarkan buku Pressure Vessel Handbook, *PRESSURE VESSEL PUBLISHING INC* (Meggyesy,1997), bahan konstruksi untuk reaktor dan head reaktor dipilih *Stainless Steel SA 240 Grade 304* karena memiliki konstruksi yang kuat serta tahan terhadap korosifitas.

Allowable stress

Fall: 20000 Psi $\rightarrow$ 138.560 kPa (Meggyesy,1997)

Menentukan Tekanan Desain

Tekanan Desain (P_{desain}) = 1,5 x tekanan operasi

$P_{desain} = 1,5 \times 23,6 \text{ atm} \times [101,325 \text{ kPa/bar}] = 3.586,905 \text{ kPa}$

$P_{lingkungan} = 1 \text{ atm} \times [101,325 \text{ kPa/bar}] = 101,325 \text{ kPa}$

$Desain - P_{ling} = 3.586,905 \text{ kPa} - 101,325 \text{ kPa} = 3.485,580 \text{ kPa}$

Menentukan Faktor Korosi

Faktor korosi berkisar antara: 0,13 mm - 0,15 mm / tahun (Peters,2003)

Dirancang: faktor korosi = 0,15 mm/umur tangki (tahun)

Umur reaktor: $C'' = 0,15 \text{ mm/tahun} \times 10 \text{ tahun} \times [0,001 \text{ m/mm}]$

$$C'' = 0,0015 \text{ m}$$

Efisiensi Sambungan

$E = 0,85$ (Meggyesy,1997)

Menentukan Jari-jari luar (Ro)

$$Ro = \frac{Diameter\ shell}{2}$$

$$Ro = \frac{3,05\ m}{2}$$

$$Ro = 1,52\ m$$

Menentukan Tebal Shell Reaktor

$$ts = \frac{P \times Ro}{S \times E + 0,6 \times P} + C'' \quad (\text{Megyesy, 1997})$$

Dimanat: C'' = faktor korosi (m)

S = allowable stress (kPa)

P = tekanan desain (kPa)

Ro = Jari- jari luar (m)

E = efisiensi sambungan

$$ts = \frac{3485,580\ kPa \times 1,52\ m}{138560\ kPa \times 0,85 + 0,6 \times 3485,580\ kPa} + 0,0015\ m$$

$$ts = 0,04\ m \rightarrow 1,5\ in$$

t standart = 1,5 in (Brownell, 1959)

Menentukan Tebal Head

Berdasarkan tabel 5.7 Brownell & Young (hal 90), th standar yaitu:

$$\text{Tebal} = 0,375\ in \rightarrow 0,01\ m$$

$$\text{Jari-jari kelengkungan, r} = 114\ in \rightarrow 2,89\ m$$

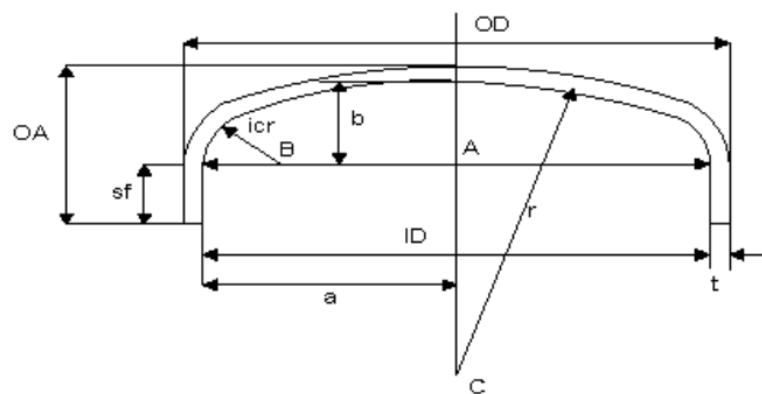
$$\text{Jari-jari kelengkungan Internal, icr} = 7,25\ in \rightarrow 0,18\ m$$

Menentukan Tinggi Head

Berdasarkan table 5.6 Brownell & Young diperoleh nilai sf 1 ½ - 3

Diambil:

Straight flange = 3 in $\rightarrow$ 0,08 m



$$ID = DO - 2 \times t$$

$$ID = 3,05 \text{ m} - 2 \times 0,01 \text{ m}$$

$$ID = 3,03 \text{ m}$$

$$AB = \frac{ID - icr}{2}$$

$$AB = \frac{3,03 \text{ m} - 0,18 \text{ m}}{2}$$

$$AB = 1,33 \text{ m}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 2,89 \text{ m} - 0,18 \text{ m}$$

$$BC = 2,71 \text{ m}$$

$$B = r - [BC^2 - AB^2]^{0,5}$$

$$B = 2,89 \text{ m} - [2,71 \text{ m}^2 - 1,33 \text{ m}^2]^{0,5}$$

$$B = 0,53 \text{ m}$$

$$OA = t + b + sf$$

$$OA = 0,01 \text{ m} + 0,53 \text{ m} + 0,07 \text{ m}$$

$$OA = 0,62 \text{ m}$$

Volume Head

$$VH = \frac{\pi}{24} x D^3$$

$$VH = 3,71 \text{ m}^3$$

Luas Penampang Tangki (At)

$$At = \frac{\pi}{4} x D^2$$

$$At = 7,30 \text{ m}^2$$

Volume Cairan dalam Tangki

$$Vt = Vl + VH$$

$$Vt = 21,14 \text{ m}^3 + 3,71 \text{ m}^3$$

$$Vt = 24,01 \text{ m}^3$$

Tinggi Cairan dalam Tangki

$$H_{lt} = \frac{V_t}{\pi \times D^2 / 4}$$

$$H_{lt} = \frac{24,85 \text{ m}^3}{\pi \times 3,05 \text{ m}^2 / 4}$$

$$H_{lt} = 3,29 \text{ m}$$

Tinggi Reaktor

$$H_{total} = H_t + 2 \times \text{tinggi head}$$

$$H_{total} = 3,05 \text{ m} + 2 \times 0,62 \text{ m}$$

$$H_{total} = 4,28 \text{ m}$$

Menentukan Jenis Pengaduk

Kondisi Operasi:

$$T = 493,15 \text{ K}$$

$$\mu = 1,78 \text{ cP}$$

Karena campuran memiliki nilai viskositas <1000 cP, maka dipilih jenis flat six blade turbine, karena turbin memiliki volume yang besar dan dapat digunakan dengan kecepatan putaran yang tinggi, sehingga berdasarkan Brownell & Young diperoleh data:

$$D_i = 1/3 \times D_t$$

$$= 1,02 \text{ m}$$

$$Z = 1/3 \times H_t$$

$$= 1,02 \text{ m}$$

$$B = 1/12 \times D_t$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$R = 1/4 \times D_i$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$W = 1/5 \times D_i$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$S = 1/8 \times D_i$$

$$= 0,13 \text{ m}$$

- Pengaduk = *flat blade turbine*

- Jumlah Sudut = 6

- Jumlah Baffle = 4

Keterangan:

D_i = Diameter pengaduk (m)

Z = Elevasi Pengaduk (m)

B = Lebar Baffle (m)

R = Panjang Blade Impeller (m)

W = Lebar Sudut (m)

S = Panjang Blade dari pusat bantalan

Kecepatan Putar Pengaduk

Berdasarkan (Willey,1977) diperoleh nilai 65 ft/menit sampai 80 ft/menit

Dipilih: $V = 65 \text{ ft} \times [0.3048 \text{ m/ft}] = 19,81 \text{ m/menit}$

$$\text{Rpm} = V \times \frac{1}{\pi \times Di \text{ m/rotasi}}$$

$$\text{Rpm} = 19,81 \text{ m/menit} \times \frac{1}{\pi \times 1,02 \text{ m}}$$

$$\text{Rpm} = 6,21 \text{ rotasi/menit}$$

Bilangan Reynold

$$\text{Re} = \frac{\rho l \times N \times Di^2}{\mu l}$$

Diketahui:

$$\rho l = 1359,55 \text{ Kg/m}^3$$

$$N = 6,21 \text{ rotasi/menit} \rightarrow 0,10 \text{ s}^{-1}$$

$$\mu l = 1,78 \text{ cP} \rightarrow 0,0018 \text{ Kg/m.s}$$

$$\text{Re} = \frac{1359,55 \text{ Kg/m}^3 \times 0,10 \text{ s}^{-1} \times 1,02 \text{ m}^2}{0,0018 \text{ Kg/m.s}}$$

$$\text{Re} = 82774,40$$

Daya Penggerak Pengaduk

Daya N_p diperoleh dari Fig 10.59 (Towler,1984) diperoleh $N_p = 5$

$$P_o = N_p \times \rho l \times N^3 \times D_i^5$$

$$P_o = 5 \times 1359,55 \text{ Kg/m}^3 \times (0,10 \text{ s}^{-1})^3 \times (1,02 \text{ m})^5$$

$$P_o = 8,15 \text{ Kg.m}^2/\text{s}$$

$$= 8,15 \text{ Nm/s}$$

$$= 8,15 \text{ J/s}$$

$$= 8,15 \text{ watt}$$

Maka, berdasarkan Towler hal. 111 didapatkan efisiensi motor adalah 80%:

Sehingga, nilai $P = 0,5 \text{ hP}$ (Berdasarkan standar NEMA Ludwig,2001)

PERANCANGAN SISTEM PENDINGIN REAKTOR 2

Neraca Panas Reaktor-:

Komponen	Input (KJ/Jam)	Output (KJ/Jam)
Q1	-1.808.313,87	
Q2		1.622.979,97
Q Reaksi	956.518,70	
Q Pendingin	6.000.191,38	3.525.416,20
Total	5.148.396,20	5.148.396,20

Media Pendingin

Untuk Media Pendingin pada reaktor 1 dan reaktor 2 yaitu *Dowtherm A*, adapun kondisi operasinya sebagai berikut:

Suhu masuk, $T_1 = 398,15 \text{ K}$

Suhu keluar, $T_2 = 426,15 \text{ K}$

Sifat fisis *dowtherm A* pada suhu rerata:

(dowtherm,1997)

Kapasitas panas, $c_p = 1,93 \text{ KJ/Kg.K}$

Viskositas, $\mu = 0,64$ cp

Densitas, $\rho = 960,9$ Kg/m³

Menghitung massa pendingin

$$M_{\text{dowtherm}} = \frac{Q_t}{cp, \text{dowtherm} \times (t_2 - t_1)}$$

$$M_{\text{dowtherm}} = \frac{771184,80 \text{ Kj/Jam}}{1,93 \text{ Kj/Kg.K} \times (426,15 \text{ K} - 398,15 \text{ K})}$$

$$M_{\text{dowtherm}} = 14.300,27 \text{ Kg/Jam}$$

Menghitung ΔT LMTD

Inisial	Fluida panas (K)		Fluida dingin (K)	Δt (K)
Δt_1	493,15	Suhu atas	67	426,15
Δt_2	493,15	Suhu bawah	95	398,15

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

$$LMTD = \frac{95 \text{ K} - 67 \text{ K}}{\ln \frac{95 \text{ K}}{67 \text{ K}}}$$

$$LMTD = 80,19 \text{ K}$$

Menghitung Koefisien Transfer panas

Berdasarkan Towler, dan Sinnott untuk perancangan, nilai UD = 200 - 500

J/m s K

Diambil UD = 500 J/m s K $\rightarrow$ 0,5 KJ/m² s K

Luas perpindahan panas yang diperlukan:

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T \text{ LMTD}}$$

$$A = \frac{771184,80 \text{ KJ/Jam} / [3600 \text{ s}]}{0,5 \text{ KJ/m}^2 \text{ s K} \times 80,19 \text{ K}}$$

$$A = 5,34 \text{ m}^2$$

Luas selubung reaktor

Luas Selimut = reaktor + luas penampang bawah reaktor

$$A = \pi \times Dt \times Hl \times \pi \times Dt^{2/4}$$

$$A = 67,79 \text{ m}^2$$

Luas selimut lebih besar dari pada luas perpindahan panas maka menggunakan jaket pendingin.

Prarancangan Jaket Pendingin

Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, maka untuk memperhatikan suhu reaksi tetap 220 C. Reaktor dilengkapi jaket pendingin.

1. Luas penampang antara jaket dan dinding rektor

$$AA = \frac{Q}{Vlin}$$

$$AA = 0,001 \text{ m}^2$$

2. Diameter jaket

$$D_j = \sqrt{\frac{4}{\pi} A A + O D^2}$$

$$D_j = 1,75 \text{ m}$$

3. Tebal jaket

$$T_j = \frac{P \times R_o}{S \times \varepsilon + 0,6 \times P} C''$$

$$T_j = 0,02 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ in}$$

Perancangan Nozzle

Diketahui:

$$\rho_f = 84,87 \text{ lb/ft}^3$$

$$q_f = 0,02 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$D_{iopt} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho_f^{0,13}$$

$$D_{iopt} = 1,31 \text{ in}$$

Dari tabel.13 (peters,1991) dipilih ukuran standart 1 ¼ in Sch.40 dengan diameter diameter luar (OD) 0,04 m dan diameter dalam (ID) 0,03m.

Perancangan Isolator

Untuk menjaga keamanan lingkungan, dinding luar reaktor di isolasi

Dirancang:

Suhu udara, T_u = $35^{\circ}\text{C} \rightarrow 86\text{ F}$

Suhu dinding isolator, T_i = $45^{\circ}\text{C} \rightarrow 113\text{ F}$

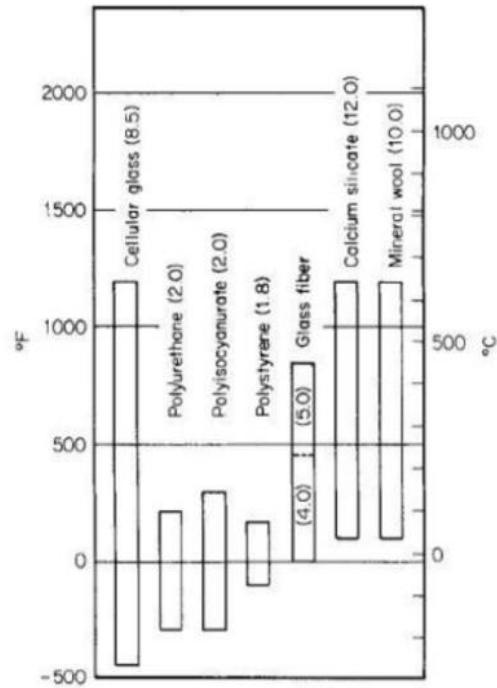


FIG. 11-68 Insulating materials and applicable temperature ranges.

Dari fig 11-68, Perry's ed 8,2008 untuk range suhu 392 F - 572 F bahan isolator yang dipilih jenis *glass fiber*.

Perimbangan lain yang digunakan untuk isolasi glass fiber.

1. Bahan ini dapat digunakan untuk range 392 F - 572 F
2. Glass fiber memiliki ketahanan yang baik terhadap bahan kimia, termasuk bahan alkali seperti NaOH dan sodium silikat.
3. Konduktivitas termal yang kecil
4. Mudah didapat

Asumsi:

perpindahan panas yang terjadi dalam keadaan tunak

Perpindahan panas yang terjadi:

1. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam selongsong ke dinding luar selongsong
2. Perpindahan kalor secara konduksi dari dinding dalam isolator ke dinding luar isolator
3. Perpindahan kalor secara konveksi dan radiasi dari permukaan isolator ke udara lingkungan

Koefisien perpindahan panas

$$hc = 0.3 \times [t_i - t_u]^{0.25}$$

$$hc = 0,3 \times [104^\circ\text{F} - 86^\circ\text{F}]^{0.25}$$

$$hc = 0,62 \text{ Btu/Jam ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

$$= 0,003 \text{ KJ/m}^2\text{ sK}$$

$$Q_c = hc \times [t_i - t_u]$$

$$Q_c = 0,003 \text{ KJ/m}^2\text{ sK} \times [313,15 \text{ K} - 303,15 \text{ K}]$$

$$Q_c = 0,03 \text{ kJ/m}^2\text{ sK}$$

Diketahui:

$$X_s = 0,04 \text{ m}$$

Konduktivitas thermal selongsong, $k_s = 0,08 \text{ kJ/m sK}$

Konduktivitas thermal isolator, $k_i = 0,000043 \text{ kJ/m sK}$

Maka, x_i dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_c = \frac{T_p - T_i}{\frac{k_s}{x_s} + \frac{k_i}{x_i}}$$

sehingga didapat nilai x_i (tebal dinding isolator) sebesar 4,5 in. Dapat disimpulkan bahwa semakin dekat suhu dinding isolator ke suhu udara lingkungan maka makin tebal dinding isolator yang menyebabkan panas yang hilang tidak banyak.

IDENTIFIKASI	
Nama Alat	: Reaktor
Kode Alat	: R - 01
Jumlah	: 1 (satu)
Fungsi	: Mereaksikan Natrium Hidroksida dan Pasir Silika Menjadi Natrium Hidroksida dengan air
Jenis Alat	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: Continuous
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 240 Grade 304</i>

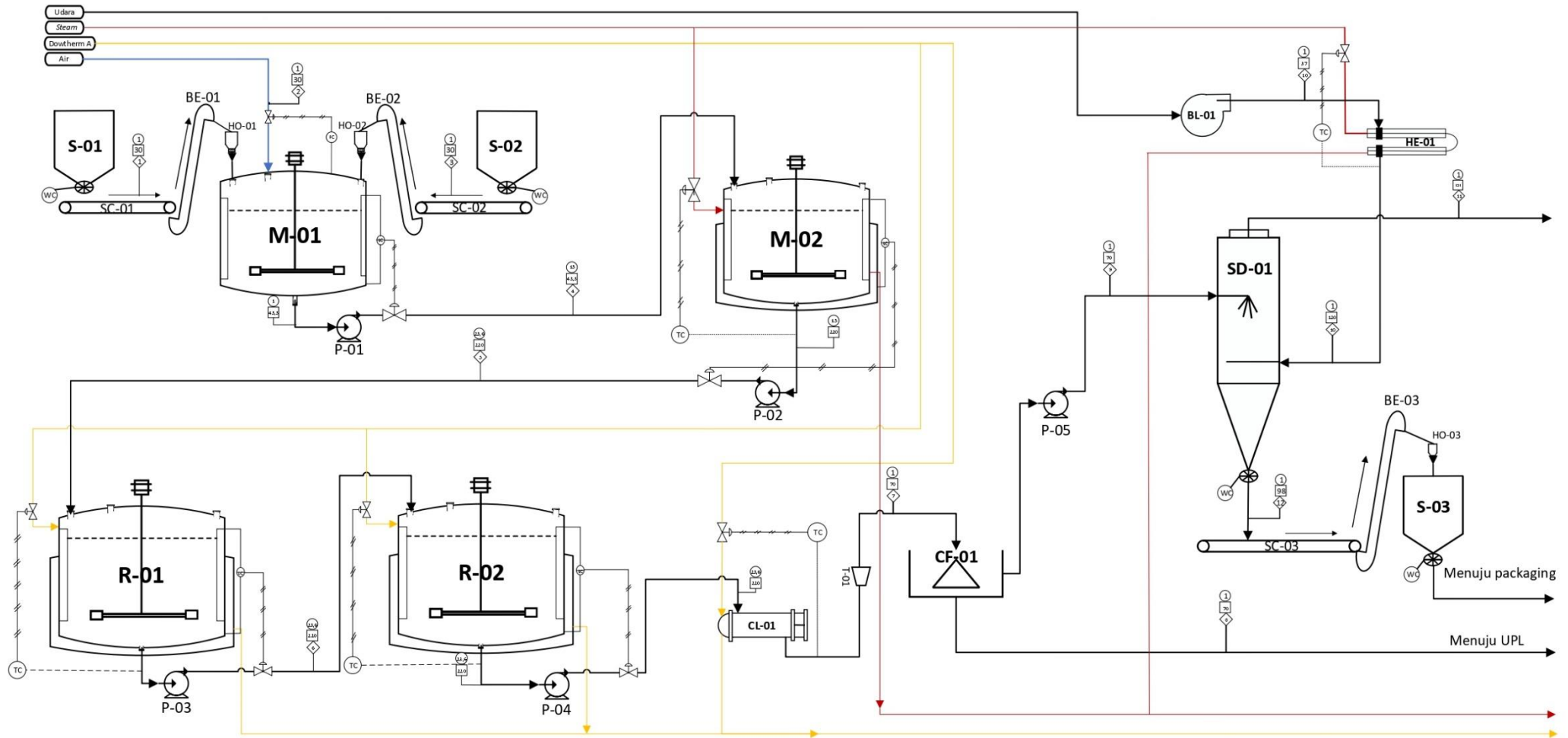
DATA DESAIN	
Tekanan (atm)	: 23,6
Suhu (°C)	: 220
Kapasitas (Ton/Tahun)	: 15.000
Kondisi Operasi	: <i>Isothermal</i> dan Non Adiabatis
Volume (m ³)	: 20,30
DIMENSI REAKTOR	
Shell	Diameter (m) : 3,05 Tinggi (m) : 4,28 Tebal (in) : 1,5
Head	Tinggi (m) : 0,62 Tebal (in) : 0,37
PENGADUK	
Jenis	: <i>Flat blade turbine</i>
Diameter (m)	: 1,02
Panjang Blade (m)	: 1,02
Lebar Blade (m)	: 0,20
Jumlah Baffle (buah)	: 6
Lebar Baffle (m)	: 0,25
Jumlah Blade (buah)	: 4
Kecepatan pengadukan (rpm)	: 6,21
Power Pengadukan (hp)	: 0,5

PENDINGIN	
Media Pendingin	: <i>Dowtherm A</i>
Jenis Pendingin	: Jaket
Luas Transfer Panas (m ²)	: 5,34
Luas Selimut (m ²)	: 67,78
Kebutuhan Pendingin (Kg/jam)	: 14.300,27
Tebal (in)	: 1
Diameter (m)	: 1,75
OD Nozzle (m)	: 0,04
ID Nozzle (m)	: 0,03
ISOLATOR	
Tebal (in)	: 4,5

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

Process Engineering Flow Diagram Pra-Rancangan Pabrik Sodium Silikat dari Natrium Hidroksida dan Pasir Silika Kapasitas : 15.000 Ton/Tahun



Komponen	Satuan	Nomor Aliran											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	kg/jam	-	-	898,76	898,76	898,76	284,21	28,42	28,42	-	-	-	-
Impuritis	kg/jam	-	-	116,84	116,84	116,84	116,84	116,84	116,84	-	-	-	-
NaOH	kg/jam	1198,35	-	-	1198,35	1198,35	378,95	37,89	0,13	37,76	-	-	37,76
H ₂ O	kg/jam	12,10	1186,25	-	1198,35	1198,35	1382,73	1459,46	5,22	1454,24	-	1361,4	92,81
Na ₂ SiO ₃	kg/jam	-	-	-	-	-	1249,58	1769,70	6,33	1763,37	-	-	1763,37
Udara	Kg/jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25000	25000	-
Total	kg/jam	1210,46	1186,25	1015,60	3412,31	3412,31	3412,31	3412,31	156,94	3255,37	-	26361,4	1893,94

Simbol	Keterangan
—	Air Proses
—	Steam
—	Dowtherm A
—	Udara
—	Listrik
—	Udara Tekan
—	Pipe
⌵	Control Valve
○	Tekanan (atm)
□	Temperatur (°C)
◇	Nomor Arus

Simbol	Keterangan
FC	Flow Control
LC	Level Control
TC	Temperature Control
WC	Weight Control
R	Reaktor
M	Mixer
CF	Centrifuge
SD	Spraydrayer
SC	Screw Conveyor
BE	Bucket Elevator
T	Ekspander
P	Pompa
HE	Heater
CL	Cooler

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA	
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM PRA RANCANGAN PABRIK SODIUM SILIKAT DARI NATRIUM HIDROKSIDA DAN PASIR SILIKA KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN	
Nama	Risa Fauzia Anggraini (20521213) Rahmi Qurata A'yun (20521228)
Dosen Pembimbing : Dr. Diana , S.T.,M.Sc.	

LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Risa Fauzia Anggraini

No. Mahasiswa 1 : 20521213

Nama Mahasiswa 2 : Rahmi Qurata A'yun

No. Mahasiswa 2 : 20521228

Judul Pra rancangan Pabrik : Pra rancangan Pabrik Sodium Silikat dari Natrium Hidroksida
dan Pasir Silika Kapasitas 15.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 14 Maret 2024

Selesai Masa Bimbingan : 13 Maret 2025

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	18 Maret 2024	Perkenalan dan diskusi perancangan	
2	7 Mei 2024	Konsultasi Pemilihan Proses dan Konsultasi Kapasitas	
3	3 Juni 2024	Konsultasi Kinetika dan Spesifikasi Bahan Baku	
4	3 September 2024	Konsultasi Diagram Alir	
5	26 September 2024	Konsultasi Neraca Massa	
6	6 November 2024	Konsultasi Reaktor	

7	8 November 2024	Konsultasi Neraca Massa dan Reaktor	
8	26 November 2024	Konsultasi Alat Pemisah dan PFD, Alat Penyimpanan, Transportasi alat, Alat Penukar Panas, neraca panas	
9	17 Januari 2025	Konsultasi Utilitas	
10	21 Januari 2025	Konsultasi kondisi operasi alat	
11	24 Januari 2025	Konsultasi Revisian Neraca Massa, Alat Pemisah, Alat Penukar Panas, Utilitas	
12			
13			

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, Januari 2025

Pembimbing,


(.....)

Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik

Kartu Konsultasi Bimbingan dapat di fotocopy