

**TUGAS AKHIR**  
**MENGHITUNG EFISIENSI AUTOKLAF**  
**PABRIK WATERGLASS PT SINAR SAKTI KIMIA**



**Disusun oleh:**

**Luthfi Syahrina Maharani Putri (021180061)**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KIMIA**  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**  
**YOGYAKARTA**

**2021**

**HALAMAN PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

“Menghitung Efisiensi Autoklaf Pabrik *Waterglass* PT Sinar Sakti Kimia”

Disusun oleh:

Luthfi Syahrina Maharani Putri (021180061)

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan oleh:

Dosen Pembimbing I Tugas Akhir

  
**Dr. Eng. Yulius Deddy Hermawan, S.T., M.T.**

NIK. 2 7210 98 0197 1

Tanggal: 27-10-2021

Dosen Pembimbing II Tugas Akhir

  
**Mitha Puspitasari, S.T., M.Eng**

NIP. 19890829 201903 2 022

Tanggal: 28 Oktober 2021



**TUGAS AKHIR**  
**MENGIHTUNG EFISIENSI AUTOKLAF PABRIK WATERGLASS**  
**PT. SINAR SAKTI KIMIA**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Luthfi Syahrina Maharani Putri      NPM: 021180061

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal:.....

**Susunan Dewan Penguji**

Pembimbing Utama

22/21  
/11

Dr. Eng. Yulius Deddy H., S.T., M.T.

NIK. 2 7210 98 0197 1

Penguji I

Ir. Abdullah Kunta Arsa, M.T.

NIP. 19570216 198903 1 001

Pembimbing Pendamping

Mitha Puspitasari, S.T., M.Eng

NIP. 19890829 201903 2 022

Penguji II

Ir. Tunjung Wahyu Widayati, M.T.

NIP. 1 9640201 199303 2 002

Laporan ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Ahli Madya

Koordinator Prosi D3 Teknik Kimia

Susanti Rina Nugraheni, S.T., M.T.

NIK. 2 8309 12 0353 1

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dr. Adi Icham, S.T., M.T.

NIP. 2 7106 96 0126 1



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur saya panjatkan kepada kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karuniaNya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi syarat kelulusan dan mendapatkan gelar Ahli Madya dan untuk melaporkan hasil pengumpulan data dan pengolahan data selama melakukan kerja praktik di PT Sinar Sakti Kimia Sukoharjo dengan tugas khusus “Menghitung Efisiensi Autoklaf.”

Penyusun menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan pembimbing dan pihak – pihak terkait lainnya. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Orang Tua dan keluarga yang telah memberikan doa, semangat, dan dukungan.
2. Dr. Adi Ilcham, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
3. Susanti Rina Nugraheni, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi D3 Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
4. Dr. Eng. Yulius Deddy Hermawan, S.T., M.T, dan Mitha Puspitasari, S.T., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing I dan II.
5. Bapak Ir. Donatus Processus, S.H selaku Manajer HRD yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk melakukan kerja praktik di PT Sinar Sakti Kimia.
6. Bapak Taufik selaku pembimbing lapangan yang telah membimbing penulis selama pelaksanaan kerja praktik.
7. Seluruh staff dan karyawan PT. Sinar Sakti Kimia yang telah membantu kami secara langsung maupun tidak dalam pelaksanaan kerja praktik.
8. Teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan semangat kepada penyusun.



Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, karena keterbatasan kemampuan dan kekurangan yang ada pada penyusun. Akhir kata, penyusun berharap agar laporan ini dapat bermanfaat untuk para pembaca dan pihak yang membutuhkan.

Klaten, 22 Oktober 2021

Penyusun



## **DAFTAR ISI**

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
ABSTRAK .....	xi
BAB I .....	1
PROFIL PERUSAHAAN DAN SISTEM PRODUKSI .....	1
I.1 Profil Perusahaan .....	1
I.1.1 Visi, Misi, dan Logo Perusahaan .....	2
I.1.2 Denah Lokasi Pabrik.....	3
I.1.3 Kapasitas Produksi.....	3
I.1.4 Jam Kerja Karyawan.....	3
I.1.4 Struktur Organisasi .....	5
I.1.5 Tugas Jabatan.....	6
I.2 Sistem Produksi .....	9
I.2.1 Bahan Baku.....	10
I.2.2 Proses Produksi.....	13
I.2.3 Alat Proses .....	18
I.2.4 Produk.....	28
I.3 Pengendalian Proses dan Mutu Produk .....	29
I.4 Utilitas.....	30
I.4.1 Unit Penyedia Air .....	31



---

I.4.2 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	32
I.4.3 Unit Penyedia <i>Steam</i> .....	32
I.4.4 Unit Penyedia Listrik.....	33
I.4.5 Unit Penyedia Udara Tekan.....	33
I.5 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).....	34
I.6 Pengolahan Limbah .....	35
I.6.1 Limbah Padat .....	35
I.6.2 Limbah Cair .....	36
I.6.3 Limbah Gas.....	37
I.6.4 Limbah B3 .....	37
BAB II.....	39
TUGAS KHUSUS .....	39
II.1 Latar Belakang .....	39
II.2 Tujuan.....	40
II.3 Tinjauan Pustaka .....	40
II.3.1 Komponen Penyusun Autoklaf .....	40
II.3.2 Jenis Autoklaf.....	41
II.3.3 Prinsip Kerja Autoklaf.....	42
II.4 Pengendalian Proses .....	43
II. 5 Pengumpulan Data .....	46
II.5.1 Data Primer.....	46
II.5.2 Data Sekunder .....	46
II.6 Data Lapangan.....	46
II.7 Metode.....	47
II.7.1 Neraca Massa .....	48



II.7.2 Neraca Panas .....	49
II.7.3 Efisiensi autoklaf .....	49
II.8 Hasil Pengolahan Data .....	49
II.9 Pembahasan .....	51
BAB III .....	54
PENUTUP.....	54
III.1 Kesimpulan .....	54
III.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	56
LAMPIRAN.....	58





## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. 1 Logo PT Sinar Sakti Kimia .....	2
Gambar 1. 2 Denah Lokasi PT Sinar Sakti Kimia .....	3
Gambar 1. 3 Struktur Organisasi.....	5
Gambar 1. 4 Alur Proses Produksi Waterglass .....	9
Gambar 1. 5 Pasir Silika .....	11
Gambar 1. 6 Natrium Karbonat.....	12
Gambar 1. 7 Diagram Alir Proses Produksi Waterglass .....	13
Gambar 1. 8 Diagram Alir Pengecekan Kadar Air Pasir Silika.....	14
Gambar 1. 9 Rotary Dryer.....	19
Gambar 1. 10 Mixer .....	20
Gambar 1. 11 Furnace .....	21
Gambar 1. 12 Tangki Disollver.....	22
Gambar 1. 13 Autoklaf.....	23
Gambar 1. 14 Bak Waterglass.....	23
Gambar 1. 15 Settle Tank.....	24
Gambar 1. 16 Silo .....	25
Gambar 1. 17 Furnace Hopper .....	26
Gambar 1. 18 Hopper Cullet .....	26
Gambar 1. 19 Crane .....	27
Gambar 1. 20 Tangki Storage .....	27
Gambar 1. 21 Conveyor .....	28
Gambar 1. 22 Boiler.....	33
Gambar 1. 23 Ruangan Penyedia Udara Tekan .....	34
Gambar 1. 24 Bak Pengolahan Limbah Cair .....	37
Gambar 2. 1 Komponen penyusun autoklaf.....	41
Gambar 2. 2 Sistem Kerja Autoklaf.....	43
Gambar 2. 3 Alat kontrol autoklaf .....	44
Gambar 2. 4 Metode penyelesaian tugas akhir .....	47
Gambar 2. 5 Autoklaf dengan nomer arus .....	48



### **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. 1 Data fisik dan kimia pasir silika.....	10
Tabel 1. 2 Sifat fisik dan kimia natrium karbonat.....	12
Tabel 1. 3 Kelebihan dan kekurangan pendinginan menggunakan air dan udara.	16
Tabel 1. 4 Produk dan Kegunaan bebergai Grade Waterglass.....	28
Tabel 1. 5 Kebuthan Listrik PT Sinar Sakti Kimia .....	33
Tabel 1. 6 Alat Pelindung Diri .....	34
Tabel 2. 1 Sistem Instrumentasi dan Pengendalian Proses Autoklaf.....	44
Tabel 2. 2 Neraca Massa Autoklaf.....	50
Tabel 2. 3 Neraca Panas Autoklaf.....	50
Tabel 3. 1 Neraca Massa Autoklaf.....	54
Tabel 3. 2 Neraca Energi Autoklaf .....	54



## **ABSTRAK**

PT Sinar Sakti Kimia merupakan perusahaan swasta didirikan oleh Bapak Thomas Hidayat pada 3 Juni 1995 merupakan perusahaan waterglass satu satunya yang berada di Jawa Tengah. PT Sinar Sakti Kimia dahulu memproduksi waterglass +/- 40 ton perhari, karena tidak mencukupi permintaan konsumen yang terus bertambah sehingga antara hasil produksi dan permintaan tidak seimbang. Untuk itu PT Sinar Sakti Kimia melakukan pengembangan dengan meningkatkan produksi dari 40 ton menjadi 100 ton/ hari

Natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dan pasir silika ( $\text{SiO}_2$ ) akan dileburkan sehingga menjadi cullet ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ ). Cullet akan melewati proses pelarutan agar menjadi waterglass. Salah satu alat yang digunakan untuk proses pelarutan adalah autoklaf. Autoklaf menggunakan steam boiler sebagai sumber panasnya. Selain itu, autoklaf merupakan alat yang beroperasi secara manual.

Tujuan tugas akhir ini adalah menghitung efisiensi autoklaf. Berdasarkan evaluasi kinerja autoklaf diperoleh hasil efisiensi kinerja autoklaf sebesar 57%. Faktor yang mempengaruhi kinerja autoklaf adalah kecepatan putaran dan panas steam yang diumpankan dari boiler. Data desain autoklaf menunjukkan kecepatan putaran autoklaf kurang lebih 5-10 rpm, namun data aktual menunjukkan 2,85 rpm. Autoklaf mengalami penurunan kecepatan putaran menyebabkan proses pelarutan menjadi lebih lama. Faktor yang menyebabkan penurunan performa autoklaf adalah alat proses tersebut jarang dilakukan shutdown dan dilakukan pengecekan dan perawatan secara berkala. Sehingga komponen autoklaf tidak terawat dan menimbulkan kerusakan pada rantai putar autoklaf. Faktor lain yang menyebabkan proses pelarutan lebih lama yaitu autoklaf menggunakan steam yang dihasilkan dari boiler dengan suhu  $150^\circ\text{C}$ . Karena boiler yang digunakan jenis fire tube yang menghasilkan suhu relatif lebih kecil. Dari permasalahan tersebut dapat dipelajari agar untuk kedepannya untuk alat dilakukan shutdown secara berkala agar kualitas proses pelarutan pada autoklaf tetap terjaga dengan baik dan minim adanya penurunan performa dan kerusakan.



## **BAB I**

### **PROFIL PERUSAHAAN DAN SISTEM PRODUKSI**

#### **I.1 Profil Perusahaan**

PT Sinar Sakti Kimia merupakan pabrik kimia yang bergerak dibidang produksi *waterglass* atau sodium silikat. PT Sinar Sakti Kimia didirikan oleh Bapak Thomas Hidayat pada 3 Juni 1995 merupakan perusahaan *waterglass* satu satunya yang berada di Jawa Tengah. Pabrik ini berada di Jl. Raya Solo - Sukoharjo Km 7,2 Telukan, Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia. Berawal dari pabrik skala kecil dengan produksi sedikit, dengan seiring berjalannya waktu pabrik semakin berkembang dengan produksi skala besar. PT.Sinar Sakti Kimia dahulu memproduksi *waterglass* +/- 40 ton perhari, karena tidak mencukupi permintaan konsumen yang terus bertambah sehingga antara hasil produksi dan permintaan tidak seimbang. Untuk itu PT Sinar Sakti Kimia melakukan pengembangan dengan meningkatkan produksi dari 40 ton menjadi 100 ton perhari dengan membangun furnace (tanur) ke 2 untuk menggantikan furnace 1 yang kini dalam proses pembongkaran. Meskipun PT Sinar Sakti Kimia sudah mengganti furnace 1 dengan furnace 2 yang lebih canggih, masih ada proses yang menggunakan tenaga manual. (<https://www.solosilicat.com/>, 2021)

Produk yang dihasilkan berupa *waterglass* dan *cullet* dengan berbagai manfaat di bidang industri tergantung °Be atau kekentalan yang diperlukan. Kegunaannya *waterglass* sendiri yaitu sebagai bahan pembuatan detergen dan sabun, pembersih kertas, sebagai campuran semen keras, dan semen tahan panas. Sodium silikat dapat menguraikan kadar lemak dan membuatnya larut dalam air serta menghilangkan kotoran sehingga diaplikasikan pada industri detergen. Pada industri pengcoran logam, sodium silikat dapat membantu pembentukan lapisan pelindung pada material logam untuk menghambat terjadinya pengkaratan. Sebelum menjadi *waterglass*, hasil reaksi natrium karbonat ( $Na_2CO_3$ ) dan pasir silika ( $SiO_2$ ) membentuk padatan berupa *cullet*. Di bidang industri *cullet* digunakan sebagai gel silika, pelapis dinding, lantai, dan logam.

### **I.1.1 Visi, Misi, dan Logo Perusahaan**

#### **1. Visi Perusahaan**

Berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa serta dilandasi dengan semangat “Cinta dan Syukur”, PT Sinar Sakti Kimia berusaha “Bersinar” dengan meningkatkan kualitas, kuantitas dan kompetitif produk serta akan mengembangkan produk-produk turunannya dengan orientasi peningkatan pelayanan prima dengan penuh kekeluargaan pada para pelanggan, karyawan, dan sesama.

#### **2. Misi Perusahaan**

1. Meningkatkan semangat beriman dengan kegiatan pendukungnya
2. Menciptakan situasi dan kondisi kerja yang bersih, teratur dan terkoordinasi
3. Meningkatkan kinerja dan keterampilan Sumber Daya Manusia
4. Mengembangkan teknologi yang efisien dan ramah lingkungan dengan berorientasi pada pertumbuhan usaha dan profitabilitas
5. Meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi yang memebanggakan
6. Memberikan kepuasan pelanggan

#### **3. Logo Perusahaan**



**Gambar 1. 1 Logo PT Sinar Sakti Kimia**

### **I.1.2 Denah Lokasi Pabrik**

Pabrik PT Sinar Sakti Kimia beralamat di JL. Raya Telukan, KM 7. 2, Dusun III, Telukan, Kec. Grogol, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57552. PT Sinar Sakti Kimia memiliki luas tanah  $8.109 m^2$ . Ditinjau dari segi geografis dan ekonomis, lokasi PT Sinar Sakti Kimia cukup strategis dan berada di kawasan industri. Berikut ini adalah tata letak pabrik terlihat dari google maps.



**Gambar 1.2 Denah Lokasi PT Sinar Sakti Kimia**

### **I.1.3 Kapasitas Produksi**

Produk yang dihasilkan PT Sinar Sakti Kimia sebagian besar selama ini memenuhi permintaan pasar dalam negeri. Dikarenakan permintaan meningkat, PT Sinar Sakti Kimia meningkatkan kapasitas produksi dari 40 ton menjadi 100 ton per hari. Kegiatan produksi berlangsung setiap hari dan pabrik beroperasi *continyu* dengan pembagian kerja 3 shift.

### **I.1.4 Jam Kerja Karyawan**

PT. Sinar Sakti Kimia membagi jam kerja menjadi dua jam kerja, yaitu karyawan shift dan karyawan non-shift.

Jam kerja karyawan shift:

Senin – Jumat : 08.00 – 16.00

**TUGAS AKHIR  
PT. SINAR SAKTI KIMIA**

---



Sabtu : 08.00 – 13.00 ( tanpa istirahat)

Senin – Kamis: 12.00 – 13.00 (jam istirahat)

Jumat : 11.45 – 13.00 (jam istirahat)

Jam kerja karyawan shift :

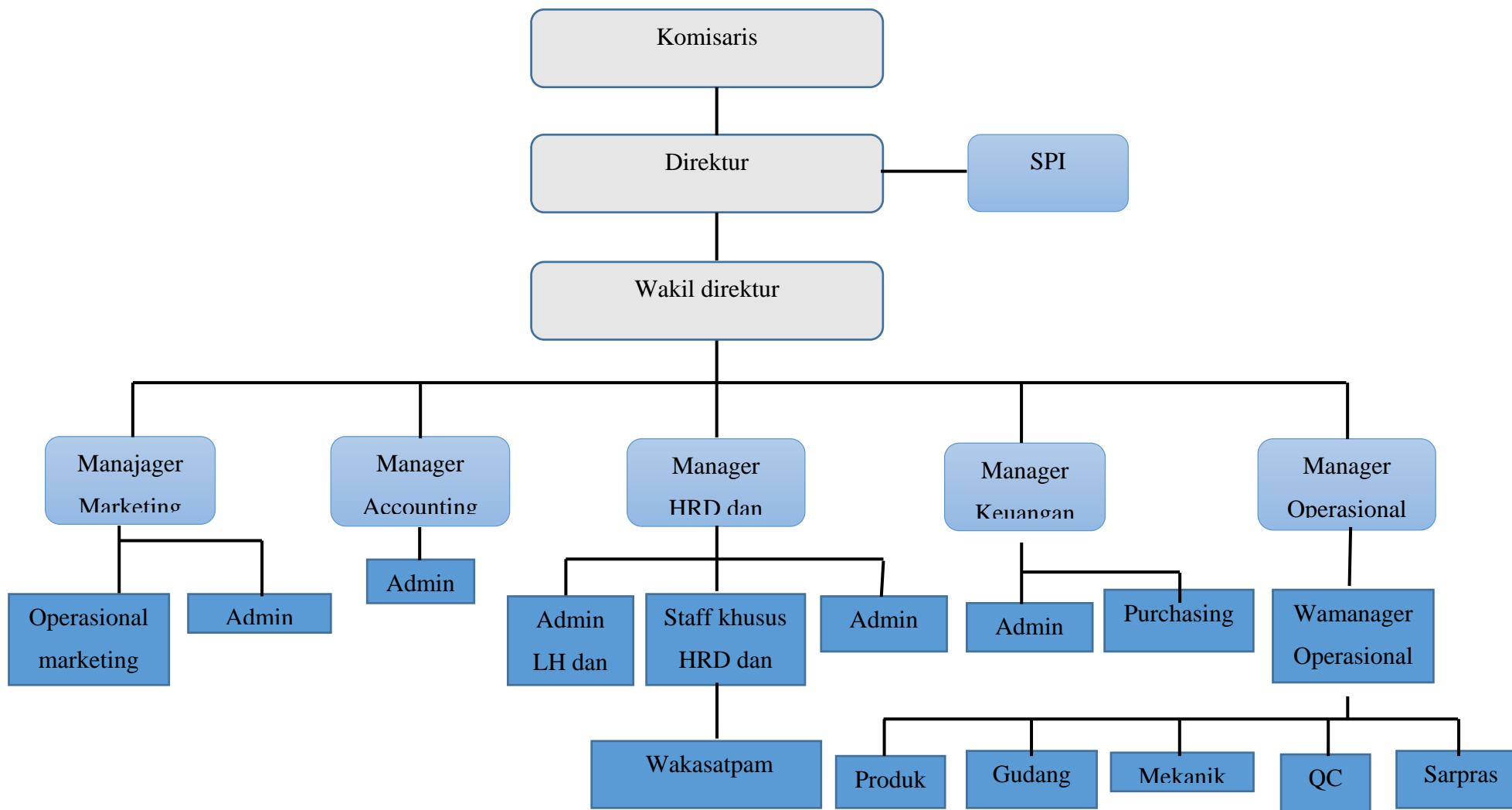
Shift pagi : 08.00 – 15.00

Shift siang : 15.00 – 23.00

Shift malam : 23.00 – 08.00



I.1.4 Struktur Organisasi



Gambar 1. 3 Struktur Organisasi





### **I.1.5 Tugas Jabatan**

Tugas dari jabatan-jabatan dalam PT. Sinar Sakti Kimia adalah sebagai berikut:

#### Komisaris

1. Memberi pengarahan kepada Direksi dalam menjalankan tugas
2. Mengawasi atas kebijakan Direksi dalam menjalankan perusahaan

#### Direktur

1. Memimpin perusahaan dengan menerbitkan kebijakan – kebijakan perusahaan.
2. Memilih, menetapkan, mengawasi tugas dari karyawan dan kepala bagian (manajer), menyetujui anggaran tahunan perusahaan.
3. Menyampaikan laporan kepada pemegang saham atas kinerja perusahaan

#### Wakil Direktur

1. Memastikan kebijakan yang telah ditetapkan *manajemen* / Direktur agar tetap diterapkan dan dipelihara
2. Memastikan perubahan mindset karyawan, bahwa tugas perusahaan adalah melayani pelanggan
3. Penghubung Direktur dengan Direksi, dengan melaporkan cara kerja para karyawan.

#### Marketing

1. Merencanakan penjualan
2. Membuat target penjualan
3. Memasarkan produk
4. Membangun hubungan dengan pihak pelanggan



## HRD

1. Membangun kapabilitas SDM didalam perusahaan serta meningkatkan motivasi dan produktivitas sehingga visi & misi perusahaan dapat tercapai.
2. Mengatur *recruitment, training, pengukuran kinerja karyawan, personal administration, industrial relation*, dan pergantian *shift* karyawan.

## Bagian LH dan K3

1. Penanganan dalam hal yang berkaitan dengan Lingkungan Hidup dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

## Staff Khusus HRD dan Legal

1. Membantu tugas khusus diluar kegiatan rutin HRD serta membantu tugas hubungan industri secara internal maupun eksternal.

## Bagian Accounting

1. Bertanggung jawab dalam hal sistem accounting, audit laporan produksi, laporan neraca laba rugi, dll.

## Bagian Keuangan

1. Melakukan kontrol dan oengendalian keluar masuk uang di dalam perusahaan.
2. Mengawasi kinerja puschasing

## Bagian Purchasing

1. Menyediakan material untuk keperluan produksi dan menganalisa calon supplier sesuai dengan material yang dibutuhkan.
2. Melakukan negoisasi harga sesuai standar kualitas.
- 3.



#### Bagian Operasional

1. Pengawasan seluruh bagian meliputi: produksi, gudang, QC, dan Sarana prasarana.

#### Bagian Produksi

1. Bertanggung jawab atas perencanaan, pengkoordinasian, pengarahan, dan melaksanakan proses produksi dari bahan baku menjadi produk jadi.

#### Bagian Gudang

1. Bertanggung jawab atas penempatan spare part baik didalam gudang serta melayani pengambilan spare part yang dibutuhkan pada masing masing bagian.
2. Membuat surat jalan lokal dan cek barang yang akan dikirim.

#### Bagian Mekanik

1. Bertanggung jawab atas perencanaan, koordinasi, pengarahan, pengawasan atas pelaksanaan kegiatan instalasi, maintenance, dan repair mesin dan semua peralatan.

#### Bagian QC

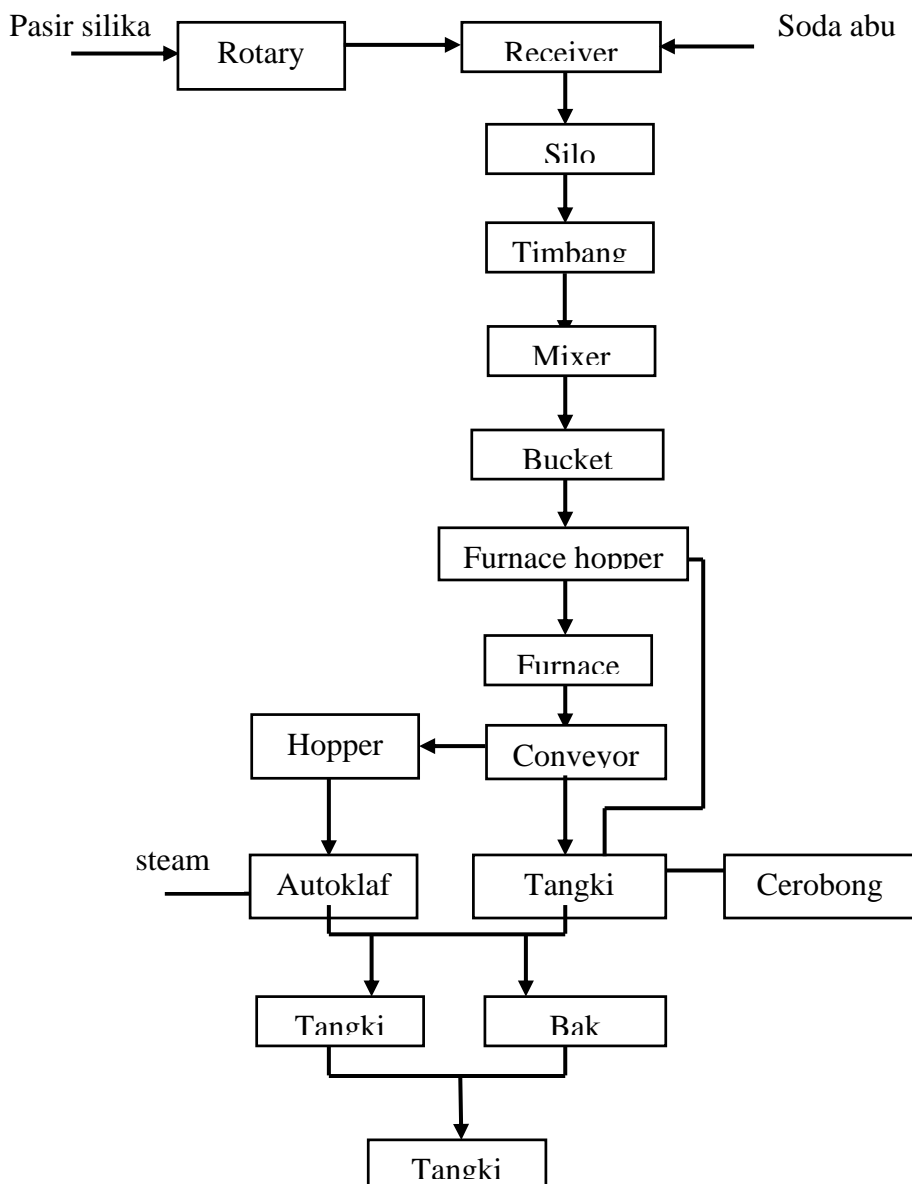
1. Membuat laporan data-data quality control yang berhubungan dengan penerimaan bahan baku dan bahan penolong (pasir silika, soda abu dense, BBM)
2. Mengatur dan bertanggung jawab atas komposisi pemakaian bahan baku dan proses produksi.
3. Bertanggung jawab atas kualitas hasil produksi, sampai pengiriman barang.
4. mengatur dan bertanggung jawab atas filling/pengisian drum waterglass. baik terkait berat atau posisi peletakannya.

Bagian Sarpras

1. Bertanggung jawab atas repair & maintenance kendaraan operasional perusahaan.
2. Bertanggung jawab atas pengiriman barang khusus untuk kendaraan.

### I.2 Sistem Produksi

Gambaran alur proses produksi *waterglass* PT Sinar Sakti Kimia yang dimulai dari bahan baku sampai menjadi produk sebagai berikut:



**Gambar 1. 4 Alur Proses Produksi Waterglass**

### **I.2.1 Bahan Baku**

Bahan Baku yang digunakan untuk pembuatan waterglass di PT Sinar Sakti Kimia terdiri dari 3 bahan, yaitu pasir silika, soda abu, dan air. Berikut penjelasan tentang bahan baku waterglass:

#### **1. Pasir Silka**

Keberadaan sumber daya alam dimuka bumi ini sangat melimpah. Potensi tersebut meliputi minyak, gas dan bahan-bahan mineral (Trisko, 2014). Salah satu bahan-bahan mineral alam yang sangat berpotensi untuk dikembangkan yaitu silika ( $\text{SiO}_2$ ). Pasir silika atau pasir kuarsa merupakan hasil alam yang melimpah dengan kandungan utama silika sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam pembuatan silika gel. (Susanti., 2017)

**Tabel 1. 1 Data fisik dan kimia pasir silika**

Sifat Fisis	Keterangan
Nama lain	Silica sand, Quartz, Kwarsa
Berat molekul	60
Warna	Cokelat
Bentuk	Kristal hexagonal
<i>Spesific grafity</i>	2,65
Titik lebur	1425°C
Titik beku	2330°C

Pasir silika ditemukan di alam berstruktur kristalian dan sebagai senyawa sintesis adalah berstruktur armoph. Silika dengan molekul  $\text{SiO}_2$  banyak ditemukan dalam beberapa bahan seperti pasir, kuarsa, dan gelas. (Sulastri & Kristianingrum, 2010) Ukuran pasir silika yang digunakan adalah 40 mesh. Berat pasir silika yang dibutuhkan untuk sekali penimbangan di mixer adalah 420kg.

Pasir silika disuplai dari CV Sumber Jaya Semarang. Perusahaan tersebut mengambil pasir silika dari pulau bangka, karena pasir silika di pulau bangka terkenal memiliki sedikit pengotor. Kandungan air pasir silika yang baru saja datang dalam kondisi masih basah yaitu kandungan air mencapai 10%-11%. Standar pasir silika yang masuk dalam hopper adalah dengan kandungan air sebanyak 4%.



**Gambar 1. 5 Pasir Silika**

## **2. Natrium Karbonat**

Natrium karbonat ( $Na_2CO_3$ ) atau yang biasa dikenal dengan Soda Ash merupakan salah satu komoditi ekspor atau impor terbesar di dunia. Dalam tahun 2005, kapasitas total produksi  $Na_2CO_3$  di dunia sekitar 48 juta metric ton. Produsen  $Na_2CO_3$  yang paling besar adalah kawasan Asia Timur yaitu China dan kawasan Amerika Utara yaitu USA & Meksiko.

$Na_2CO_3$  digunakan sebagai bahan baku industri gelas kaca, industri sabun dan detergen, industri kertas, industri tekstil, industri metalurgi, industri keramik dan lain-lain.

Natrium Karbonat memiliki peran yang signifikan dibidang ekonomi karena aplikasinya dalam manufaktur kaca, bahan kimia, kertas, deterjen dan

banyak produk lainnya.  $Na_2CO_3$  sudah digunakan selama lebih dari 5000 tahun. (Nyamiati, Ramadhani, Nurkhamidah, & Rahmawati, 2019)

**Tabel 1. 2 Sifat fisik dan kimia natrium karbonat**

Sifat fisik dan kimia	Keterangan
Nama lain	Soda Ash
Berat molekul	106
Warna	Putih
Bentuk	Granula
Specific gravity	2,533
Titik lebur	851°C
Titik beku	Terdekomposisi
Solubility, Cold water	7gr / 100ge H <sub>2</sub> O(H <sub>2</sub> O = 0°C)
Solubility, Hot water	48,5 gr H <sub>2</sub> O (H <sub>2</sub> O =140°C)



**Gambar 1. 6 Natrium Karbonat**

PT. Sinar Sakti Kimia mensuplai soda abu dari PT. AKR Corporindo, Tbk. Soda abu perlu dicek kadarnya dengan menggunakan titrasi gravimetri. Standar yang digunakan di PT Sinar Sakti Kimia untuk kadar soda abu adalah

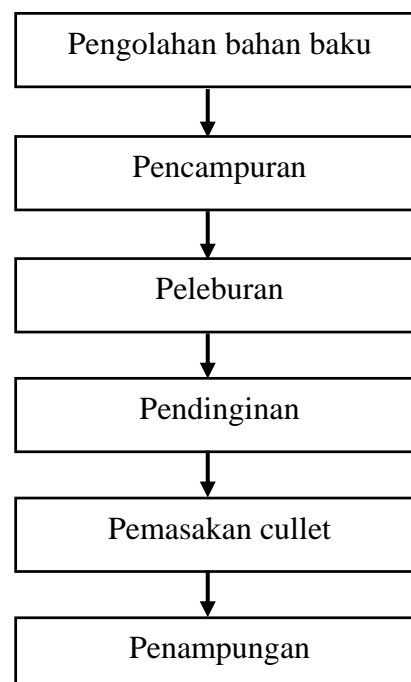
98% dan sisanya adalah bikarbonat sebagai kontaminasinya. Natrium karbonat perlu dicampur dengan pasir silika karena berhubungan dengan titik lebur pasir silika dan natrium karbonat.

### 3. Air

Dalam proses pembuatan waterglass, air masuk kedalam bahan baku utama. Di dalam mixer, air digunakan untuk menambah kelembapan pasir silika dan soda abu agar membantu proses pencampuran di mixer. Selain itu, air digunakan untuk pemasakan cullet di dalam autoklaf dan tangki disololver. Kebutuhan air yang digunakan untuk autoklaf dan disololver tergantung Be waterglass yang dibutuhkan. Waterglass dengan Be 50 membutuhkan air dengan perbandingan (1:1) dari cullet. Waterglass Be 58 membutuhkan air sebanyak 2 ton.

#### I.2.2 Proses Produksi

Secara garis besar proses pembuatan waterglass di PT. Sinar Sakti Kimia terbagi menjadi 6 tahap, yaitu: pengolahan bahan baku, pencampuran, peleburan, pendinginan, pemasakan cullet dengan air, penampungan.

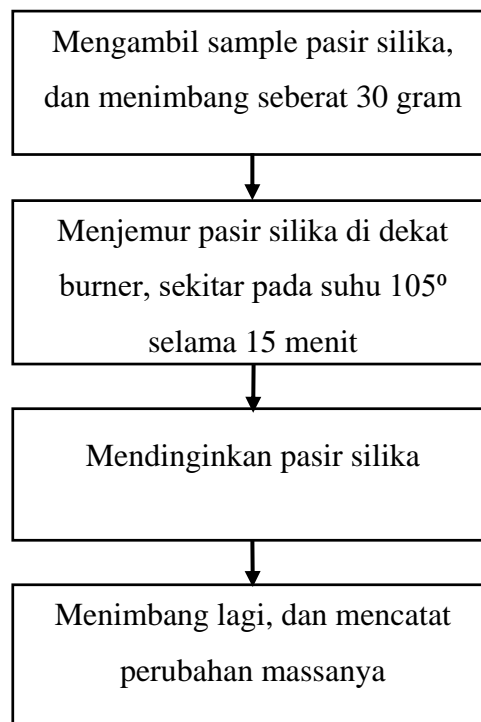


**Gambar 1. 7 Diagram Alir Proses Produksi Waterglass**



## 1. Pengolahan bahan baku

Pada tahap pertama, bahan baku yaitu pasir silika dikeringkan dengan bantuan rotary dryer untuk mencapai standar kadar air pasir silika. Pasir silika yang disyaratkan PT Sinar Sakti Kimia memiliki kandungan air 3% - 4%. Hal ini bertujuan agar pada saat pemasukan bahan di hopper, bahan baku bisa turun karena di hopper bahan baku harus mengandung air sebesar 4% untuk bisa turun ke mixer. Pengecekan kadar air pasir silika dilakukan 2 hari sekali menggunakan metode gravimetri sebelum digunakan. Berikut diagram alir analisa kandungan air pada pasir silika:



**Gambar 1. 8 Diagram Alir Pengecekan Kadar Air Pasir Silika**

Proses pengeringan dengan rotary dryer *optional* karena pada saat pasir silika sudah mencapai standar kadar air dikarenakan pasir silika sudah ditimbun lebih lama dan menyebabkan kadar air turun, rotary dryer tidak lagi dibutuhkan. Bahan baku yang lain yaitu soda ash, tidak perlu dikeringkan



karena PT. Sinar Sakti Kimia membeli soda abu dengan keadaan kering dan siap diolah.

Pasir silika dan soda abu dimasukkan kedalam receiver hopper secara bergantian, pasir silika terlebih dahulu kemudian soda abu. Bahan dibawa dengan *bucket elevator* masuk kedalam silo. Setelah ditampung di silo, kemudian ditimbang secara otomatis.

## **2. Pencampuran bahan baku**

Setelah bahan melalui proses penimbangan, selanjutnya bahan baku dicampur. Bahan baku dicampur dengan perbandingan pasir silika : soda abu adalah 3:2. Proses pencampuran terjadi dalam *mixer* dengan bantuan alat pengaduk . Hal ini dilakukan agar bahan tercampur secara homogen sehingga pada saat pemanasan, titik lebur akan turun karena soda abu berperan sebagai penurun titik lebur pasir silika.

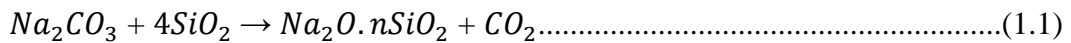
## **3. Peleburan**

Bahan baku yang sudah di campur di dalam *mixer*, dibawa menggunakan *bucket elevator* yang berada di bagian bawah *mixer*. Bagian bawah mixer dibuka secara manual agar dapat dimasukkan kedalam *bucket elevator* setelah itu melewati *conveyor* yang di atasnya terdapat *magnet remover* untuk menghilangkan besi pengotor yang ada dalam bahan baku. Bahan baku masuk kedalam *furnace hopper* dan didorong masuk dengan menggunakan *batch charger*.

Proses peleburan berlangsung di dalam *furnace* pada *temperature* 1300°C menggunakan api yang dihasilkan oleh bahan bakar MFO dari burner yang disemprotkan kedalam *furnace*. *Furnace* dibantu dengan 6 burner yang dipakai secara bergantian. Udara tekan sebesar 0.60 mPa dialirkan menuju *furnace* untuk suplai oksigen yang berguna untuk proses pembakaran. Proses pemanasan yang berlangsung di dalam *furnace* juga dibantu dengan *regenerator*.



Reaksi peleburan cullet di dalam furnace:



Setelah proses peleburan, menghasilkan lelehan *cullet* yang akan jatuh dari furnace dibantu dengan *forheat* menuju conveyor. Proses pembuatan *cullet* berlangsung *continyu* selama 24 jam.

**4. Pendinginan**

Hasil produksi dalam furnace akan keluar berupa lelehan bertemperatur 900°C. Lelehan tersebut akan jatuh ke *conveyor* lalu didinginkan dengan bantuan air dan udara bebas sepanjang conveyor tersebut sehingga menjadi bongkahan *cullet*. Di PT. Sinar Sakti Kimia, pendinginan lelehan *cullet* pada conveyor dilakukan dengan menggunakan air. Secara umum, industri-industri melakukan pendinginan dengan air atau udara. Kelebihan dan kelemahan penggunaan air dan udara dalam pendinginan dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 1. 3 Kelebihan dan kekurangan pendinginan menggunakan air dan udara**

<b>Cara pendinginan</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Udara/ Angin	Cullet tidak menghasilkan debu  Permukaan cullet lebih halus  Padatan cullet tidak mudah rapuh	Memiliki koefisien transfer panas yang kecil  Pengeringan cullet lebih lama
Air	Memiliki koefisien panas besar  Pengeringan cullet lebih	Menghasilkan debu  Padatan cullet mudah



cepat

rapuh

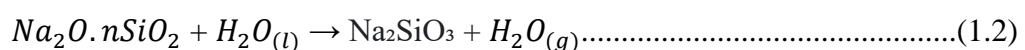
Permukaan cullet kasar

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa pendinginan dengan menggunakan udara akan membutuhkan panjang conveyor yang lebih besar. PT Sinar Sakti Kimia menggunakan *conveyor* sepanjang 13m dan lebar 80 cm yang berarti penggunaan udara akan tidak efektif. Air yang digunakan disiram di beberapa titik *conveyor* hingga membentuk padatan cullet.

### 5. Pelarutan

Proses pelarutan cullet terbagi menjadi 2 yaitu pada tangki disollver dan autoklaf. Cullet yang keluar dari furnace akan terbagi menjadi 2 yaitu conveyor menuju tangki disollver dan conveyor menuju hopper. Suhu cullet yang berada di hopper kurang lebih 35°C.

Pada tangki autoklaf, sumber panas berasal dari *steam boiler*. Proses pelarutan cullet pada autoklaf membutuhkan waktu 1 jam. Autoklaf menggunakan tangki yang dipasang silinder dan dapat berputar sehingga campuran cullet dan air dapat homogen. Standar tekanan operasi dari autoklaf untuk proses pemasakan berkisar 5-6 bar. Sebelum cullet dimasukkan, air dengan dimasukkan terlebih dahulu. Hal ini dilakukan karena air yang dimasukkan terlebih dahulu juga berfungsi untuk mengurangi benturan antara cullet dengan dinding autoklaf. Hal ini membuat dinding tidak cepat rusak akibat benturan dari kristal cullet.



Sedangkan sumber panas tangki disollver adalah gas buang dari furnace. Waktu pemasakan pada tangki disollver membutuhkan waktu kurang dari 1 jam setelah tutup tangki. Dari kedua macam alat yang digunakan untuk melarutkan waterglass, dilihat dari sumber panas yang digunakan tangki disollver akan lebih cepat proses memasaknya. Hal tersebut dikarenakan gas

buang furnace memiliki suhu kurang lebih 400°C - 450°C sehingga proses pelarutan akan lebih cepat. Di dalam autoklaf dan tangki dissolver ini, waterglass akan dibuat lebih kental dari *standart*. Setelah proses pelarutan, waterglass akan di transfer menuju bak waterglass dan *settle tank*. Untuk penampungan sementara.

## **6. Penyimpanan waterglass**

Di dalam bak waterglass dan tangki filling diambil sample untuk diuji ratio dan derajat baume (°Be). Pengecekan tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah waterglass yang dibuat sudah sesuai dengan standar yang diinginkan. Waterglass akan dialirkan menuju tangki *storage* untuk menyimpan stok waterglass dengan nilai Be tertentu. Waterglass didistribusikan dengan menggunakan drum dan curah. Setiap drum diisi dengan kurang lebih 300kg waterglass.

### **I.2.3 Alat Proses**

Alat proses menjelaskan mengenai alat yang digunakan dalam memproduksi waterglas. Alat proses terbagi menjadi 2 yaitu alat utama dan alat pendukung. Berikut ini adalah penjelasan mengenai alat proses.

#### **A. Alat Utama**

Alat utama adalah alat yang berkaitan langsung dalam memproduksi waterglas dari raw material sampai menjadi produk. Terdiri dari rotary dryer, mixer, silo, furnace, tangki dissolver, autoklaf, tangki filling, bak waterglass, dan tangki storage. Berikut ini adalah spesifikasi alat utama, sebagai berikut:

##### **1. Rotary dryer**

Rotary dryer digunakan untuk menurunkan kadar air pasir silika dari 8-10% menjadi 4%. Proses pengeringan berlangsung karena kontak antara bahan dengan gas panas yang masuk. *Feed* padatan dimasukkan dari salah satu ujung silinder dan karena rotasi, pengaruh ketinggian dan *slope* kemiringan, produk keluar dari salah satu ujungnya. Cara kerja *rotary dryer* adalah

dengan menggunakan sumber panas yang dialirkan secara langsung dengan pasir silika melalui drum yang berputar.

Penguapan terjadi akibat kontak langsung material yang basah dengan gas panas yang mengalir searah dengan *feed* masuk. *Rotary dryer* dipanaskan dengan kontak langsung zat padat dengan gas melalui mantel luar, atau dengan uap yang kondensasi di dalam seperangkat tabung longitudinal yang dipasangkan pada permukaan dalam selongsong atau drum. Didalam *rotary dryer* terdapat *flight / lifter* yang digunakan untuk memperbaiki proses pengadukan dan menjadikan proses panas lebih efisien



**Gambar 1. 9 Rotary Dryer**

## **2. Mixer**

*Mixer* adalah alat yang digunakan untuk mencampur bahan yang digunakan untuk pembuatan waterglass. Kedua bahan pasir silika dan soda *ash* dimasukkan kedalam *mixer* melalui silo untuk dicampur. Pencampuran bahan membutuhkan waktu selama kurang lebih 20 menit sampai homogen. Bahan baku ditambah air selama 20 detik agar pada saat melewati *bucket elevator* dan *belt conveyor* tidak banyak debu yang dihasilkan dan memudahkan dalam proses pengadukan. Pencampurna bahan baku

menggunakan *impeller* yang berputar. Jenis *impeller* yang digunakan dalam alat ini adalah *propeller*.

*Mixer* digerakkan dengan motor penggerak yang dialiri aliran listrik. PT Sinar Sakti Kimia memiliki 1 buah *mixer* dengan kapasitas 750kg. Material *mixer* yang digunakan adalah *mild steel*.



**Gambar 1. 10 Mixer**

### **3. Furnace**

*Furnace* digunakan untuk meleburkan campuran bahan baku dengan memanaskan pada suhu kurang lebih 1200°C - 1300°C dengan *burner*. PT Sinar Sakti Kimia memiliki 3 pasang atau 6 buah *burner* yang dipasang pada kanan dan kiri *furnace*. *Burner* bekerja secara bergantian (kiri dan kanan) selama 30 menit. *Burner* dilengkapi spray yang digunakan untuk mengubah cairan bahan bakar menjadi kabut. *Furnace* dibantu regenerator untuk menyimpan panas dan panas tersebut dialirkan kembali kedalam *furnace* menggunakan blower. Selain itu fungsi regenerator untuk menghemat bahan bakar yang digunakan.

*Furnace* terbuat dari 2 jenis batu tahan api yaitu batu silikon dan batu isolator. Susunan batu api pada *furnace* dimulai dari batu sk-36 ketahanan panas

1600°C, batu sk-34 ketahanan panas 1300°C, batu sk-32 ketahanan panas 1250°C, susunan terakhir adalah batu isolator. Masing-masing batuan disusun sebanyak 2 lapis. Terdapat batuan jenis manesia yang disusun pada kron furnace membentuk setengah lingkaran.



**Gambar 1. 11 Furnace**

#### **4. Tangki disollver**

PT Sinar Sakti Kimia memiliki 6 buah tangki disollver yang digunakan untuk pemasakan cullet. Kapasitas tangki disollver 7 ton / tangki. Tangki disollver memiliki komponen pengaduk didalamnya agar memudahkan melarutkan cullet dengan air.





**Gambar 1. 12 Tangki Disollver**

Sumber panas yang digunakan adalah dengan gas buang *furnace*. Sehingga tangki disollver yang berada lebih dekat dengan *furnace* yaitu tangki 1 dan 4 akan lebih cepat proses dari pada yang lain. Karena suhu dan tekanan akan pertama berkontak dengan tangki 1 dan 4. Tekanan operasional 4-6 bar. Gas buang yang menjadi sumber energi panas disollver suhunya kurang lebih mencapai 300°C. Dalam satu hari tangki disollver dapat mentransfer 10-12 kali waterglass. Tangki disollver memiliki diameter luar 1,4 m dengan tinggi 2,8 m.

### **5. Autoklaf**

Autoklaf adalah tangki bejana yang memiliki suhu dan tekanan yang tinggi. Autoklaf berfungsi sama dengan tangki disollver yaitu untuk melarutkan cullet dengan air. Pada saat proses pelarutan, tangki autoklaf beroperasi secara berputar. Tekanan dan panas akan terus naik seiring tangki berputar. Tekanan maksimal operasional 7 bar dan suhu operasional 125°C. Sumber panasnya dari steam boiler. PT Sinar Sakti Kimia memiliki 2 buah autoklaf berdiameter 2,8m.



**Gambar 1. 13 Autoklaf**

## **6. Bak Waterglass**

Bak waterglass merupakan tempat penampungan waterglass setelah proses pelarutan. Di dalam bak ini waterglass akan di cek kadar ratio dan kekentalan ( $^{\circ}\text{Be}$ ). Untuk memenuhi derajat Baume ( $^{\circ}\text{Be}$ ) yang diinginkan dengan menambahkan air pada bak waterglass ini. PT Sinar Sakti Kimia memiliki 6 bak waterglass, dengan kapasitas berbeda. Untuk bak 1 dan 2 sebanyak 60 Ton, Bak A,B,C kapasitas 30 Ton, dan Bak D 60 Ton.



**Gambar 1. 14 Bak Waterglass**

## **7. *Settle Tank***

Proses yang terjadi didalam *settle tank* hampir sama dengan bak waterglass. Di dalam *settle tank* waterglass akan diolah atau dilarutkan kembali jika kadar masih kurang sesuai.



**Gambar 1. 15 *Settle Tank***

*Settle tank* dilengkapi dengan pengaduk di dalamnya agar memudahkan proses pelarutan. Sumber energi atau bahan bakar yang digunakan adalah dari oli bekas. Hasil dari proses di *settle tank* akan langsung didistribusikan dengan drum atau di transfer menuju tangki *storage*

## **B. Alat Pendukung**

Alat pendukung merupakan alat yang menunjang atal proses atau alat utama untuk menjalankan proses produksi, yang terdiri dari: silo, hopper, furnace hopper, *hoise crane*, tangki *storage*, *conveyor*, *bucket elevator*. Berikut adalah deskripsi mengenai alat pendukung.

### **1. Silo**

Silo merupakan tempat penampungan bahan baku sebelum dibawa *bucket elevator* menuju mixer. Terdapat 2 buah silo bahan baku yaitu

untuk pasir silika dan soda abu. Kapasitas dari silo masing – masing adalah 70 Ton untuk pasir silika dan 50 Ton untuk soda abu.



**Gambar 1. 16 Silo**

## **2. Furnace Hopper**

Furnace hopper hampir sama fungsinya seperti silo bahan baku. Furnace Hopper digunakan untuk untuk menampung bahan baku yang sudah dicampur untuk diumpankan menuju furnace untuk proses peleburan. Berjumlah 1 buah dengan kapasitas maksimum adalah 15 Ton



**Gambar 1. 17 Furnace Hopper**

### **3. Hopper Cullet**

Fungsinya adalah sebagai tempat menyimpan cullet. Setelah proses pendinginan di conveyor, cullet akan diumpukan menuju hopper cullet untuk penampungan.



**Gambar 1. 18 Hopper Cullet**

### **4. Hoise Crane**

PT Sinar Sakti Kimia menggunakan *hoise crane* sebagai memindahkan cullet yang di wadah dalam sak atau karung. Selain itu juga digunakan sebagai memindahkan drum waterglass. PT Sinar Sakti Kimia memiliki 3 unit *hoise crane*.



**Gambar 1. 19 Crane**

### **5. Tangki Storage**

Hasil akhir waterglass akan ditampung di dala tangki *storage*. Tangki storage berjumlah 12 tangki dengan kapasitas berbeda. Di setiap tangki akan diisi waterglass dengan kekentalan berbeda.

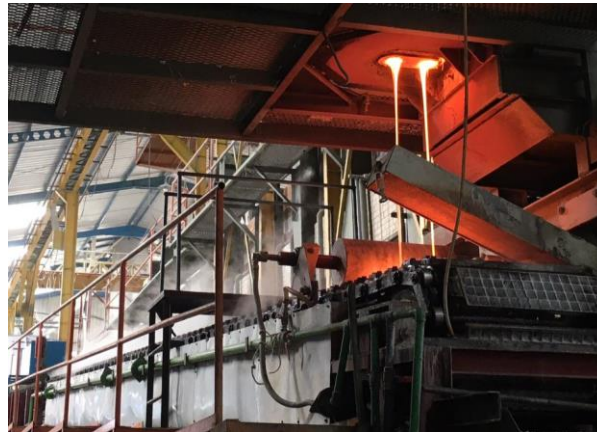


**Gambar 1. 20 Tangki Storage**

### **6. Conveyor**

Hasil peleburan dari furnace berupa lelehan cullet yang akan ditampung di conveyor. Di dalam conveyor ini lelehan cullet akan

disemprotkan air untuk proses pendinginan agar menjadi padatan dan tidak lengket.



**Gambar 1. 21 Conveyor**

#### **I.2.4 Produk**

PT. Sinar Sakti Kimia menghasilkan produk berupa cullet dan waterglass dengan berbagai nilai derajat Baume ( $^{\circ}\text{Be}$ ) dan kegunaannya. Berikut tabel waterglass dan kegunaannya:

**Tabel 1. 4 Produk dan Kegunaan bebergai *Grade Waterglass***

Tipe	Derajat Baume ( $^{\circ}\text{Be}$ )	Massa jenis ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Bentuk	Kegunaan
I	56-58	1,63 – 1,67	Cairan	Pembersih kertas, deterjen, dan sabun
II	50-52	1,53 – 1,56	Cairan	Peroksida bleaching pada pembuatan batik dan mencergah karat pada pipa air dan tempat penyimpanan gas
III	40-42	1,38 – 1,41	Cairan	Campuran semen keras, semen tahan panas, semen tahan asam, dan semen bangunan
IV	Cullet	-	Padatan	Pelarut <i>adhesive agent</i> pada <i>polywood</i> , pelapis dinding, lantai, logam, bahan mentah <i>white carbon</i> , dan gel silika.



### **I.3 Pengendalian Proses dan Mutu Produk**

Pengendalian proses merupakan penerapan alat ukur dan sistem pengendalian pada suatu obyek untuk tujuan mengetahui harga numerik variable suatu besaran proses dan juga untuk mengendalikan besara proses supaya berada dalam batas daerahhh tertentu atau pada nilai besaran yang diinginkan (set point). Operasi Industri kimia sangat bergantung pada pengukuran dan pengendalian besaran proses. Beberapa besaran proses yang harus diukur dan dikendalikan pada suatu industri proses misalnya aliran (flow) di dalam pipa, tekanan (pressure) dalam sebuah alat proses, suhu (temperature), serta ketinggian cairan (level) (Al-ansari Z. , 2007)

Suatu sistem pengendalian proses terdiri atas beberapa unit komponen antara lain: sensor/traducer yang berfungsi menghasilkan informasi tentang besaran yang diukur, transmitter yang memproses informasi atau sinyal yang dihasilkan oleh sensor/transmitter agar sinyal tersebut dapat ditransmisikan, controller yang berfungsi membandingkan sinyal pengukuran dengan nilai besaran yang diinginkan (set point) dan menghasilkan sinyal komando berdasarkan strategi control tertentu serta actuator yang berfungsi mengubah masukan proses sesuai dengan sinyal komando dari pengontrol (Al-ansari Z. , 2007)

PT Sinar Sakti Kimia dahulu masih mengoperasikan pabrik secara manual, namun sekarang sebagian alat sudah menggunakan control dan pengendali secara otomatis. Dengan adanya sistem otomatis tersebut memudahkan operator untuk mengontrol alat. Tidak semua alat yang menggunakan pengendalian otomatis. Sehingga pabrik beroperasi secara semi-otomatis. Dari proses penimbangan sampai peleburan dilakukan secara otomatis. Salah satu alat yang beroperasi otomatis adalah furnace. Burner yang terpasang pada furnace otomatis bergantian selama 30 menit. Selain itu terdapat tangki disollver yang beroperasi otomatis karena memanfaatkan gas buang furnace untuk sumber panasnya. Terdapat autoklaf yang beroperasi secara manual dengan bantuan pekerja untuk membuka dan menutup valve.





PT Sinar sakti Kimia berusaha memenuhi persyaratan kualitas dan kuantitas dalam produksi. Produk cullet dan waterglass yang dihasilkan oleh PT Sinar Sakti Kimia masih belum memiliki sertifikat standar ISO 9001 yang menyatakan bahwa perusahaan telah memenuhi persyaratan dalam hal manajemen penjaminan mutu produk atau jasa yang dihasilkan.

Saat ini, PT Sinar Sakti Kimia memproduksi dengan kualitas dan kuantitas sesuai dengan standar perusahaan dan kebutuhan konsumen. PT Sinar Sakti Kimia memiliki ruangan lab yang digunakan sebagai *quality control*. Bagian quality control bertugas mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat bahan baku dan produk.

1. Analisa bahan baku

Pengukuran komposisi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Untuk pengukuran bahan baku pasir silika atau  $\text{SiO}_2$  menggunakan metode gravimetri.

2. Analisa produk

Produk waterglass atau  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dilakukan pengecekan ratio dan  $^\circ\text{Be}$  atau kekentalah produk.

#### **I.4 Utilitas**

Utilitas adalah sekumpulan unit – uit atau bagian dari sebuah pabrik kimia yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi. Unit utilitas keberadaanya sangat penting dan harus ada dalam suatu rancangan pabrik. Sistem utilitas PT. Sinar Sakti Kimia terdiri dari beberapa unit yang menunjang kebutuhan prosuksi sehingga mendukung kelancara suatu produksi tersebut. Pada PT. Sinar Sakti Kimia memiliki 5 unit kebutuhan penunjang produksi, yaitu:

1. Unit penyedia air
2. Unit penyedia bahan bakar
3. Unit penyedia *steam*
4. Unit penyedia listrik
5. Unit penyedia udara tekan

#### **I.4.1 Unit Penyedia Air**

Sumber air yang didapatkan PT. Sinar Sakti Kimia diperoleh dari 2 sumur yang berbeda. Kedalaman sumur tersebut 12 meter dan 25 meter dengan laju alir pompa  $6m^3/menit$  dan  $13m^3/menit$  dan ditampung dalam bak air yang memiliki kapasitas 24.000 L. Air yang digunakan terbagi menjadi 2 yaitu air proses dan air sanitasi. Air proses digunakan untuk pendinginan cullet pada belt conveyor, pemasakan cullet pada tangki *dissolver* dan autoklaf.

Air yang diperoleh dari sumur harus melalui water treatment agar memenuhi kriteria yang dibutuhkan. Proses tersebut meliputi *sand filter*, *magnese greensand*, dan *softener*.

##### 1. *Sand filter*

Air sumur disaring dengan sand filter pada tangki 1. Sand filter bertujuan untuk menyaring kotoran pada air seperti senyawa organik, mikroorganisme, dan partikel – partikel yang tidak larut. Setelah melewati proses sand filter pada tangki 1, air ditampung dalam tangki 2. Didapatkan air kualitas 1 pada tangki 3 yang digunakan untuk air sanitasi.

##### 2. *Manganese greensand*

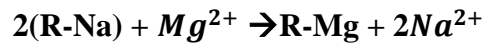
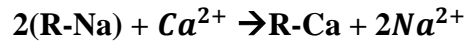
Air dari kualitas 1 masih dilakukan proses lanjut yaitu dilewatkan *manganese greensand* pada tangki 4. Kegunaan manganese greensand adalah untuk menghilangkan ion Fe. Setiap hari *manganese greensand* dilakukan proses *backwash* untuk menjaga *manganese greensand* mampu mengikat partikel besi dengan baik.

##### 3. *Softener*

Cara kerja softener yaitu dengan mengikat ion – ion tersebut pada sebuah molekul sehingga menghilangkan kemampuan ion tersebut dalam membentuk kerak yang dapat mempengaruhi proses produksi. Tahap softener dalam pengolahan air menggunakan resin untuk mengikat  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  atau biasa disebut kesadahan. Resin yang digunakan adalah



resin kation natrium. Reaksi yang terjadi pada proses tersebut adalah sebagai berikut:



Resin kation akan ditambahkan garan NaCl cair atau bisa disebut diregenerasi dengan *backwash*. Selama prose *backwash* berjalan, air proses pendinginan *cullet* digantikan sementara dengan air sanitasi. Air yang telah mendinginkan *cullet* disaring dan dialirkan kembali kedalam bak air untuk pendinginan *cullet*, sehingga air proses yang digunakan sebagai *make up*.

#### **I.4.2 Unit Penyedia Bahan Bakar**

PT. Sinar Sakti Kimia menggunakan bahan bakar berupa MFO (*Marine Fuel Oil*), oli bekas, dan kayu bakar. MFO dan oli bekas digunakan secara bergantian untuk bahan bakar pada *furnace*. Sedangkan kayu bakar digunakan untuk bahan bakar pada boiler. Gas buang hasil pembakaran pada *furnace* diumpankan untuk proses pemasakan pada *dissolver*. Kebutuhan MFO dalam *furnace* kurang lebih 4.500 – 6.500 liter/hari di distribusikan melalui tangki BBM. Sebelum bahan bakar masuk kedalam burner, MFO melewati 2 kali filter dan proses pemanasan menggunakan steam yang dihasilkan boiler. PT. Sinar Sakti Kimia membeli MFO dari ditributor BBM industri PT SHA Solo.

#### **I.4.3 Unit Penyedia Steam**

Sumber panas yang digunakan untuk pemasakan pada autoklaf adalah steam yang dihasilkan boiler. Bahan bakar yang digunakan adalah kayu bakar. Jenis kayu bakar yang digunakan adalah kayu mahoni dan kayu dari pohon karet. Kebutuhan kayu pada boiler kurang lebih 1 mobil pick up untuk 4 kali transfer pada autoklaf. Jenis boiler yang ada di PT Sinar Sakti Kimia adalah fire tube.



**Gambar 1. 22 Boiler**

#### **I.4.4 Unit Penyedia Listrik**

Untuk menunjang kebutuhan listrik PT Sinar Sakti Kimia memiliki 2 sumber listrik yang digunakan. Berikut tabel penggunaan listrik:

**Tabel 1. 5 Kebutuhan Listrik PT Sinar Sakti Kimia**

<b>Sumber listrik</b>	<b>Kapasitas Energi</b>	<b>Kegunaan Energi</b>
PLN	555 kVA	Kegiatan Operasional
Genset	500 kVA	Digunakan apabila PLN mati

#### **I.4.5 Unit Penyedia Udara Tekan**

Terdapat 2 jenis udara tekan yang beroperasi, yaitu kering dan basah.

1. Udara kering digunakan untuk proses produksi pada furnace. Udara kering ini membutuhkan dryer untuk mengeringkannya agar udara yang masuk kedalam furnace tidak lembab.
2. Udara basah, digunakan untuk keperluan pengecatan drum, membersihkan komponen mekanik, dan sarana prasarana yang lain.






**Gambar 1. 23 Ruangan Penyedia Udara Tekan**

**I.5 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)**

Dalam upaya memberikan perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja untuk karyawan, PT. Sinar Sakti Kimia menerapkan sistem keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dengan memberikan fasilitas perlindungan diri kepada karyawan. Berikut tabel fasilitas alat safety yang diberikan PT. Sinar Sakti Kimia:

**Tabel 1. 6 Alat Pelindung Diri**

No.	Gambar	Nama	Kegunaan
1.		Safety helm	Melindungi kepala agar terhindar dari kejatuhan barang
2.		Safety shoes	Melindungi dari kecelakaan kerja yang fatal

3.		Safety glasses	Untuk melindungi mata dari fragmen atau partikel beterbangan.
4.		Sarung tangan dari kain majun	Melindungi tangan dari panas
5.		P3K	Pertolongan pertama jika ada kecelakaan kerja

## **I.6 Pengolahan Limbah**

Limbah adalah buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. (Kristanto, 2013) Limbah industri dapat menjadi limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan hidup dan manusia. Karakteristik limbah dibedakan menjadi padat, cair, gas, B3.

### **I.6.1 Limbah Padat**

Limbah padat yang dihasilkan dari proses produksi berupa lelehan cullet yang tidak larut dalam pembuatan waterglass dan produk samping backwash.

### 1. Lelehan cullet

Lelehan cullet memebentuk endapan yang terletak di tangki disollver dan autoklaf. Lelehan ini cullet ini adalah cullet yang tidak larut waktu proses pemasakan di dalam tangki. Biasanya endapan tersebut diambil setiap satu tahun sekali. Endapan dibuang di lahan kosong milik PT Sinar Sakti Kimia. Endapan Ini masih bisa digunakan untuk bahan pengganti semen untuk bahan kontruksi dan pembangunan. Namun, jika endapan digunakan untuk bahan kontruksi, kekurangannya adalah proses pengeringan membutuhkan waktu yang lama daripada semen biasa.

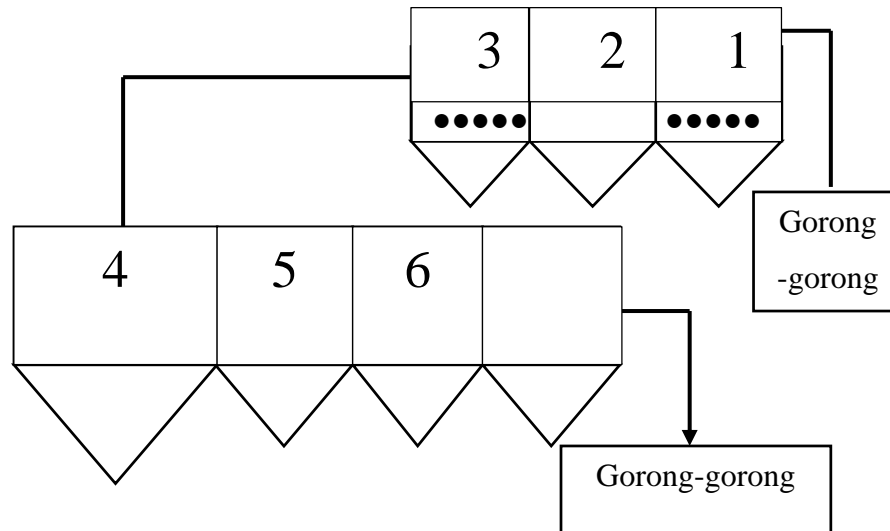
### 2. Produk samping *backwash*

Produk akhir proses *backwash*, terdapat sisa senyawa  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$ . Berbentuk berupa endapan putih yang mengendap pada conveyor lelehan cullet. Endapan dibuang pada aliran yang sama denganair pembuangan proses yang mengandung *waterglass*

## **I.6.2 Limbah Cair**

Limbah cair adalah limbah yang berwujud cair. Limbah cair terlarut dalam air, selalu berpindah, dan tidak pernah diam. Contoh limbah cair industri adalah bahan kimia, hasil pelarut, air bekas produksi, oli bekas.

Dalam pengolahan limbah cair, PT Sinar Sakti Kimia menyediakan 7 bak untuk pengolahan. Limbah cair dipompa dari gorong-gorong masuk kedalam bak filtrasi yang berjumlah 3 bak. Di dalam bak filtrasi, terdapat batuan solid yang digunakan untuk menyaring limbah cair. Selanjutnya masuk kedalam bak aerasi pada bak 4-6. Pada bak aerasi, ditambahkan bakteri untuk menghilangkan COD dan BOD. Bak 7 untuk filtrasi akhir dan selanjutnya masuk gorong-gorong. Berikut ini adalah gamabr ilustrasi bak pengolaham limbah cair di PT Sinar Sakti Kimia:



**Gambar 1. 24 Bak Pengolahan Limbah Cair**

### **I.6.3 Limbah Gas**

Limbah gas adalah limbah zat (zat buangan) yang berwujud gas. Kondisi udara di dalam atmosfer tidak pernah ditemukan dalam keadaan bersih, melainkan sudah tercampur dengan gas-gas lain dan partikulat-partikulat yang tidak kita perlukan. Jenis bahan pencemar yang paling sering dijumpai ialah  $CO$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , komponen organik terutama hidrokarbon, dan substansi partikel.

Limbah gas dan partikel adalah limbah yang dibuang ke udara. PT Sinar Sakti Kimia memanfaatkan gas buang hasil pembakaran di dalam furnace sebagai sumber energi panas tangki disolver yang digunakan untuk proses pelatutan cullet dan air.

Gas buang yang telah digunakan untuk proses pelarutan tersebut, dialirkan menuju cerobong dengan tinggi 30 meter. Selain dari hasil pembakaran furnace, gas buang dihasilkan dari pembakaran kayu pada boiler.

### **I.6.4 Limbah B3**

Menurut PP No.18 tahun 1999. limbah bahan berbahaya dan beracun adalah sisa suatu usaha dan / atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya





dan / atau beracun yang karena sifat dan / atau konsentrasinya dan / atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan / atau merusak lingkungan hidup, dan / atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Limbah yang termasuk sebagai limbah B3 apabila memiliki salah satu atau lebih karakteristik sebagai berikut:

1. Mudah meledak
2. Mudah terbakar
3. Bersifat reaktif
4. Beracun
5. Menyebabkan infeksi
6. Bersifat korosif

Limbah B3 yang dihasilkan berasal dari oli bekas dan peralatan safety. Penggunaan oli bekas sebagai bahan bakar, memiliki kandungan yang kotor. Bagian bawah tangki penyimpanan bahan bakar terdapat endapan yang disebut blotong. PT Sinar Sakti Kimia telah memiliki sertifikasi untuk menangani limbah tersebut. Limbah B3 lainnya adalah bukan berasal dari proses produksi, melainkan dari peralatan safety seperti sarung tangan dan masker yang telah terkontaminasi dengan oli bekas. Peralatan safety tersebut dikumpulkan di dalam TPS limbah B3 milik PT Sinar Sakti Kimia.

## **BAB II**

### **TUGAS KHUSUS**

#### **II.1 Latar Belakang**

PT Sinar Skati Kimia merupakan perusahaan kimia yang bergerak di bidang produksi sodium silikat atau waterglass. Kapasitas produks waterglass yang dimiliki PT Sinar Sakti Kimia saat ini adalah 100 ton/hari. Proses produksi terdiri dari beberapa tahap, yaitu pengolahan baku, pencampuran (mixing), peleburan, pendinginan, pelarutan, dan yang terakhir penyimpanan.

Tahapan proses yang menentukan produk waterglass adalah proses pelarutan. Salah satu alat yang digunakan untuk proses pelarutan yaitu autoklaf. Pada umumnya autoklaf adalah alat yang digunakan untuk proses sterilisasi, namun PT Sinar Sakti Kimia memanfaatkan autoklaf untuk pelarutan antara cullet dengan air agar menjadi produk waterglass.

Autoklaf merupakan alat yang digunakan untuk proses kimia, yaitu tempat berlangsungnya suatu reaksi kimia dari bahan setengah jadi atau bahan mentah menjadi produk yang memiliki nilai jual. Autoklaf dijalankan pada suhu di atas 100°C dengan tekanan diatas 1 atm. Tekanan di dalam autoklaf akan bertambah seiring suhu yang akan bertambah. Sumber panas yang digunakan adalah uap boiler. Cara kerja autoklaf ini dengan berputar pada saat proses pelarutan berlangsung searah jarum jam. Reaksi yang terjadi adalah reaksi edoterm atau reaksi yang membutuhkan panas atau kalor. Waktu yang dibutuhkan pada proses pelarutan dengan autoklaf kurang lebih 1 jam. Terdapat 2 alat autoklaf yang digunakan secara bersamaan untuk proses pelarutan.

Pada saat alat masih baru, autoklaf bekerja lebih cepat dari tangki disollver. Namun saat ini kinerja autoklaf menurun dikarenakan alat autoklaf yang sudah terlalu lama sehingga efektivitas menurun. Dilihat dari kondisi alat secara actual, alat sering mengalami kerusakan dan perbaikan. Kerusakan biasanya terjadi pada rantai untuk berputarnya autoklaf. Untuk itu tugas khusus ini dibuat bertujuan untuk menghitung efisiensi autoklaf.



## **II.2 Tujuan**

1. Menghitung neraca massa, neraca panas, dan efisiensi kinerja autoklaf
2. Mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi proses pelarutan di dalam autoklaf
3. Mempelajari filosofi pengendalian proses pada autoklaf

## **II.3 Tinjauan Pustaka**

Autoklaf adalah suatu bejana yang dapat ditutup, yang diisi dengan uap panas dengan tekanan tinggi. Proses di dalam autoklaf menggunakan panas dan tekanan dari uap air. Autoklaf di desain untuk melarutkan cullet dengan air untuk menjadi produk waterglass dengan suhu operasi 125°C dengan tekanan 4-6 atm dan berlangsung secara *batch*. Namun seiring berjalannya waktu, proses pelarutan di autoklaf mengalami permasalahan yang berakibat kinerja autoklaf semakin menurun. Oleh karena itu perhitungan efisiensi dari autoklaf menjadi penting. Efisiensi dapat dihitung berdasarkan pada perhitungan neraca massa (bahan baku masuk dan bahan baku keluar) dan perhitungan neraca panas (jumlah panas masuk dan jumlah panas keluar).

Adapun keuntungan dari penggunaan proses batch adalah: (Agra, 1992)

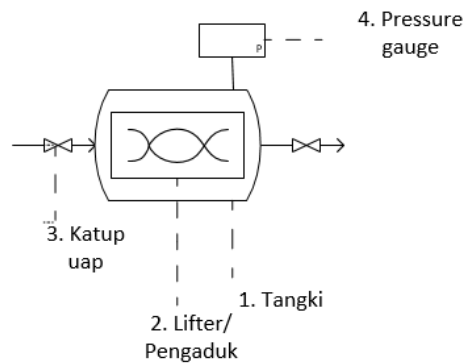
1. Lebih mudah dikontrol
2. Lebih mudah untuk memulai dan menghentikan proses
3. Konversi lebih tinggi
4. Untuk kapasitas kecil biaya lebih murah

Kerugian dari penggunaan proses batch adalah:

1. Banyak waktu terbuang untuk pengisian dan pemasangan awal
2. Tidak baik untuk fase gas
3. Biaya pekerja tinggi

### **II.3.1 Komponen Penyusun Autoklaf**

Pada autoklaf terdapat beberapa fungsi konponen yang sering dioperasikan. Berikut ini adalah komponen – komponen yang terlibat pada alat autoklaf:



**Gambar 2. 1** Komponen penyusun autoklaf

### 1. Tangki

Tangki didesain secara horisontal dengan dilengkapi rantai untuk media tangki berputar. Kecepatan putaran mencapai 5-10 rpm.

### 2. Lifter / Pengaduk

Lifter digunakan untuk membantu dalam proses pelarutan air dengan cullet sehingga proses pelarutan lebih efisien. Lifter terdapat di dalam tangki autoklaf dan berbentuk menyerupai sirip.

### 3. Katup uap

Katup ini digunakan untuk memasukkan steam kedalam autoklaf yang bersumber dari boiler.

### 4. *Pressure gauge*

*Pressure gauge* digunakan untuk mengetahui besarnya tekanan yang terjadi di dalam autoklaf

## II.3.2 Jenis Autoklaf

Berdasarkan sumber pemanasnya, autoklaf terbagi menjadi dua yaitu sumber pemanasan dari listrik dan sumber pemanasan dari gas. Berikut penjelasannya:

### 1. Sumber pemanasan gas

Autoklaf yang sederhana menggunakan sumber uap dari pemanasan air yang ditambahkan ke dalam autoklaf. PT Sinar Sakti Kimia menggunakan autoklaf jenis ini. Uap yang dibutuhkan untuk proses pelarutan diperoleh dari proses pengapian di boiler. Boiler yang digunakan adalah jenis *fire tube*. Karena boiler dengan jenis *fire tube* proses pemasangan mudah dan tidak memerlukan pengaturan khusus, tidak membutuhkan area yang besar dan menghemat biaya. Autoklaf sederhana ini, tekanan dan temperatur diatur dengan jumlah panas dari api.

Kelemahan autoklaf ini adalah perlunya penjagaan dan pengaturan panas secara manual selama proses pelarutan dilakukan. Tetapi autoklaf ini juga memiliki keuntungan, bentuknya sederhana, harga relatif lebih murah dibandingkan autoklaf yang menggunakan listrik dan tidak tergantung dengan aliran listrik serta lebih cepat dibandingkan dengan autoklaf listrik yang seukuran dan setara.

### 2. Sumber pemanasan listrik

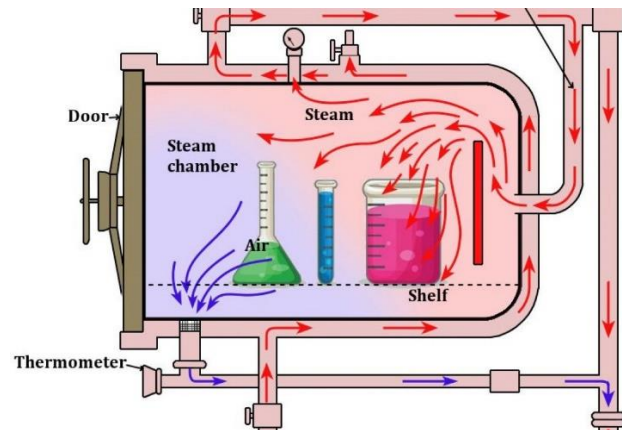
Alat autoklaf dilengkapi dengan *timer* dan thermostat. Bila pengatur otomatis ini berjalan dengan baik, maka autoklaf bisa ditinggalkan untuk melakukan pekerjaan yang lain. Kelemahannya apabila salah satu pengatur tidak bekerja, maka kemungkinan mengakibatkan kerusakan total pada autoklaf.

## II.3.3 Prinsip Kerja Autoklaf

Pada prinsipnya proses pelarutan di autoklaf menggunakan panas dan tekanan dari *steam boiler*. Uap boiler dialirkan melalui pipa yang disambungkan antara boiler dengan autoklaf. Suhunya mencapai 200°C - 300°C.

Pada dasarnya sistem kerja autoklaf seperti pada gambar 2.1, uap akan terus mengalir selama proses pelarutan. Autoklaf akan berputar selama proses pelarutan berlangsung. Di dalam tangki autoklaf dilengkapi dengan sirip agar memudahkan proses pelarutan dan berperan sebagai alat penukar kalor yang

memiliki koefisien perpindahan kalor lebih rendah di bagian luar tabung dibandingkan dengan tabung bagian dalam (Nitsche & Gbadamosi, 2016)



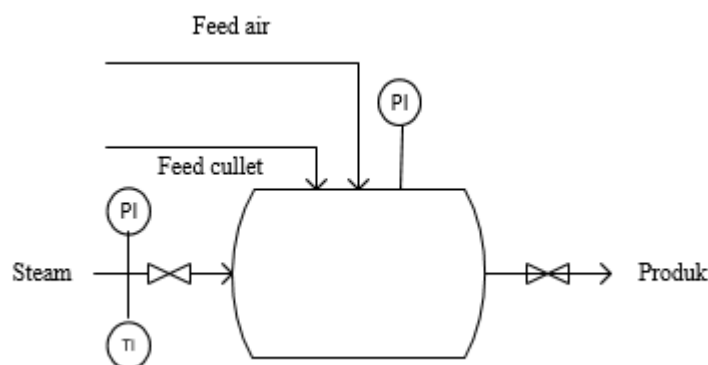
**Gambar 2. 2 Sistem Kerja Autoklaf**

Proses pelarutan membutuhkan waktu kurang lebih 1 jam sampai semua bahan larut. Tekanan akan terus bertambah selama proses berlangsung. Jika tekanan sudah mencapai 6 bar atau tekanan maksimal maka proses pelarutan sudah selesai. Setelah proses pelarutan selesai dan sudah menjadi waterglass, waterglass akan ditransfer menuju bak waterglass dan settle tank untuk *quality control*.

#### **II.4 Pengendalian Proses**

Proses industri kimia merupakan rangkaian proses yang mengolah bahan baku menjadi barang jadi agar mempunyai nilai ekonomi yang lebih tinggi. Dalam pelaksanaan proses diperlukan peralatan yang seringkali membutuhkan sistem pengendali secara otomatis dalam setiap kondisi. Kondisi tersebut meliputi suhu, ketinggian cairan, tekanan, kecepatan aliran, dan komposisi. Parameter – parameter kondisi tersebut saling berinteraksi dan memengaruhi, sehingga untuk mengontrol variabel pada para parameter yang lain. (Al-ansari Z. , 2007)

Untuk proses pelarutan di dalam autoklaf, autoklaf beroperasi secara manual. Di dalam autoklaf hanya terdapat satu indikator yaitu indikator tekanan. Seharusnya terdapat indikator suhu atau termokopel, namun karena sudah rusak sehingga tidak dipasang kembali. Data suhu aktual diperoleh dari perkiraan pekerja yang bertanggung jawab atas alat autoklaf. Indikator tekanan ini digunakan untuk mengukur tekanan operasi autoklaf. Selain itu terdapat indikator suhu dan tekanan dari steam yang dihasilkan boiler. Proses pemasukkan bahan baku dan transfer masih dibantu dengan pekerja atau secara manual. Selain itu proses penambahan steam juga masih secara manual dengan membuka valve sejenis diaphragm valve. Berikut ini adalah gambar instrumentasi dan pengendalian proses pada autoklaf:



**Gambar 2. 3 Alat kontrol autoklaf**

**Tabel 2. 1 Sistem Instrumentasi dan Pengendalian Proses Autoklaf**

Controller	Measured Variable	Sensor
PI	Tekanan operasi di dalam autoklaf	Pressure differential indicator (Bellows elements)
PI	Tekanan operasi steam	C-type-bourdon tube pressure gauge
TI	Suhu steam	Thermocouple

Prinsip operasi elements bellows merupakan elemen elastis yang fleksibel pada arah aksial. Dengan element ini dapat diperoleh hubungan yang linear antara



tekanan dan simpangan. Sebagian besar bellows element digunakan untuk pengukuran tekanan rendah (absolute atau relative) dan tekanan diferensial, beroperasi untuk tekanan vacum sampai tekanan 0-400 psi. Terdapat kelebihan dan kekurangan penggunaan bellows elements, yaitu sebagai berikut:

Kelebihan:

1. Biaya awal : rendah
2. Kontruksi kuat dan sederhana
3. Dapat digunakan untuk tekanan rendah dan menengah

Untuk indikator tekanan pada steam menggunakan bourdon tube dengan bentuk C-type. Bourdon tube adalah alat ukur tekanan nonliquid. Prinsip operasinya yaitu tekanan dipantu ke dalam tabung, perbedaan tekanan di dalam dan di luar tabung bourdon akan menyebabkan perubahan bentuk penampangnya. Perubahan bentuk penampang akan diikuti perubahan bentuk arah panjang tabung, dimana perubahan panjang tabung akan dikonversikan menjadi gerakan jarum penunjuk pada skala. (Al-ansari Z. , 2007)

Termokopel merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur temperatur/suhu. Termokopel memiliki output berupa arus listrik sehingga pengkonversiannya dapat secara digital. Konsep kerja dasar termokopel pertama kali ditemukan oleh Seebeck pada tahun 1821 yang menemukan bahwa sebuah konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik. Hal ini disebut sebagai efek termoelektrik. Konduktor tambahan ini kemudian akan mengalami gradiasi suhu, dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur benda. Bila suatu rangkaian yang terdiri dari dua buah logam yang tidak sejenis dan bila temperatur pada sambungan-sambungan dari kedua kawat tersebut tidak sama, maka akan ada gaya listrik. Menurut (Rosman, 2018), termokopel bekerja berdasarkan pembangkitan tenaga listrik pada titik sambung dua buah logam yang tidak sama (titik panas/titik ukur). Ujung lain dari logam tersebut sering disebut titik referensi (titik dingin) dimana temperaturnya konstan. Umumnya termokopel digunakan untuk



mengukur temperatur berdasarkan perubahan temperatur menjadi sinyal listrik. Bila antara titik referensi dan titik ukur terdapat perbedaan temperatur, maka akan timbul GGL yang menyebabkan adanya arus pada rangkaian. Bila titik referensi ditutup dengan cara menghubungkannya dengan sebuah alat pencatat maka penunjukan alat ukur akan sebanding dengan selisih temperatur antara ujung panas (titik ukur) dan ujung dingin (titik referensi). (Santoso & Ruslim, 2019)

## **II. 5 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan suatu informasi yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan tugas akhir. Dalam penyusunan tugas akhir ini penyusun mengambil data di PT Sinar Sakti Kimia Sukoharjo. Pengumpulan data berupa data primer, dan data sekunder. Berikut adalah penjelasan mengenai teknik pengumpulan data:

### **II.5.1 Data Primer**

#### 1. Observasi

Suatu pengumpulan data yang dilakukan dengan mengamati secara langsung dan mengambil data yang dibutuhkan. Selain itu pengumpulan data dilakukan dengan pembimbing lapangan

### **II.5.2 Data Sekunder**

#### 1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan informasi data bersumber pada jurnal, atau buku teks yang berkaitan dengan masalah dan tujuan tugas akhir.

## **II.6 Data Lapangan**

Setelah melakukan pengumpulan data dengan pihak terkait yang terlibat dalam operasi autoklaf, maka di dapatkan data desain dan data aktual autoklaf yang digunakan PT Sinar Sakti Kimia, sebagai berikut:

### **Data desain autoklaf**

1. Kapasitas cullet = 5000 kg/jam
2. Volume = 11.89 m<sup>3</sup>

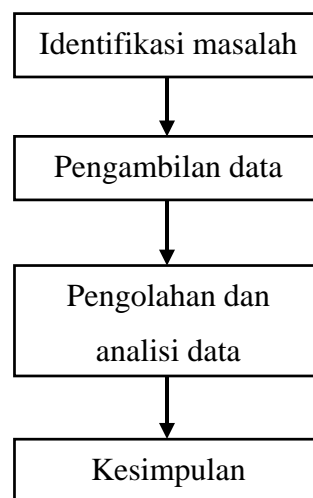
3. Kapasitas alat = 12 ton
4. Tekanan = 8- 10 bar (*steam*)  
= 4-6 bar (operasi)
5. Temperature = 100-300°C
6. Kecepatan putaran = 5 rpm

**Data aktual autoklaf**

1. Massa cullet = 3500 kg/jam
2. Tekanan = 8 bar (*steam*)  
6 bar (operasi)
3. Temperatur = 125°C
4. Kecepatan putaran = 2,85 rpm

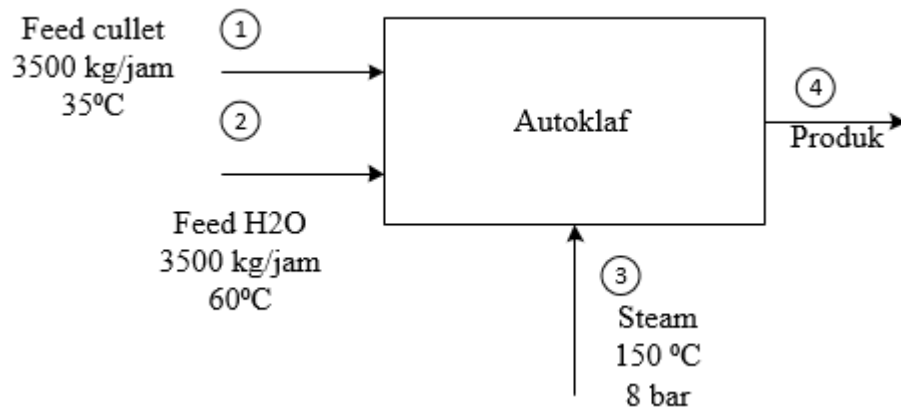
**II.7 Metode**

Berikut adalah diagram alir metode penyelesaian tugas akhir:



**Gambar 2. 4 Metode penyelesaian tugas akhir**

Berikut adalah gambar autoklaf beserta nomer arus:



Gambar 2. 5 Autoklaf dengan nomer arus

Setelah memperoleh pengambilan data desain dan data aktual yang dibutuhkan, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan langkah berikut:

### II.7.1 Neraca Massa

Neraca massa merupakan perhitungan yang digunakan untuk menghitung massa bahan masuk = massa produk. Berikut ini adalah langkah perhitungan neraca massa:

1. Menghitung Mol bahan baku  $Na_2O \cdot nSiO_2$  dan  $H_2O_{(l)}$

$$\text{Mol} = \frac{BM}{\text{Massa (Kg/jam)}}$$

2. Menghitung Mol  $Na_2O \cdot nSiO_2$  yang bereaksi dengan konversi 99%  
Mol  $Na_2O \cdot nSiO_2$  yang bereaksi = 99% x Mol  $Na_2O \cdot nSiO_2$
3. Menghitung sisa mol yang bereaksi dengan menghitung mula-mula reaksi dan sisa
4. Membuat diagram blok dan menentukan nomer arus masuk dan keluar
5. Membuat tabel komponen, massa masuk dan keluar

### **II.7.2 Neraca Panas**

Neraca panas adalah perhitungan aliran panas yang terjadi dalam autoklaf. Berikut adalah langkah perhitungan neraca panas:

1. Menghitung nilai kapasitas panas komponen ( $C_p$ )

$$C_p = A + B(T) - C(1/T^2)$$

2. Menghitung  $Q$  input

$$Q = n \times C_p \times dT$$

3. Menghitung  $\Delta H$  output

$$Q = n \times C_p \times dT$$

4. Menghitung  $\Delta H^{\circ}_{rx}$  produk

$$\Delta H^{\circ}_{rx} \text{ produk} = \Delta H_f \times \text{kmol}$$

5. Menghitung  $\Delta H^{\circ}_{rx}$  reaktan

$$\Delta H^{\circ}_{rx} \text{ reaktan} = \Delta H_f \times \text{kmol}$$

6. Menghitung neraca energi total autoklaf

### **II.7.3 Efisiensi autoklaf**

$$\text{Efisiensi autoklaf} = \frac{\text{Kecepatan putaran desain}}{\text{Kecepatan putaran aktual}} \times 100\%$$

### **II.8 Hasil Pengolahan Data**

Setelah dilakukan pengolahan data, berikut adalah hasil neraca massa, neraca panas, dan efisiensi autoklaf:

Tabel 2. 2 Neraca Massa Autoklaf

Nomor Arus	1	2	3	4
Suhu (K)	308	333	423	398
Tekanan (bar)			8	
Massa (Kg/batch)				
Na <sub>2</sub> O.nSiO <sub>2</sub>	3.500	0	0	35
H <sub>2</sub> O(l)	0	3.500	0	2.989,05
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0	0	0	3.465
H <sub>2</sub> O(g)	0	0	3.000	3.510,95
<b>TOTAL</b>			<b>10.000</b>	<b>10.000</b>

Tabel 2. 3 Neraca Panas Autoklaf

Nomor Arus	1	2	3	4
Suhu (K)	308	333	423	398
Tekanan (bar)			8	
Massa (Kj/batch)				
Na <sub>2</sub> O.nSiO <sub>2</sub>	8.124,78	0	0	104,99
H <sub>2</sub> O(l)	0	512.212,53	0	1.252.347,20
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0	0	0	4.152,28
H <sub>2</sub> O(g)	0	0	41.583.333,33	33.362.885,22
Panas reaksi				4.015.611,42
Heat loss				3.468.569,54
<b>TOTAL</b>			<b>42.103.670,65</b>	<b>42.103.670,65</b>

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Kecepatan putaran aktual}}{\text{Kecepatan putaran desain}} \times 100\%$$

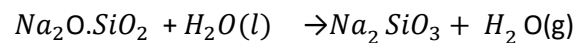
$$= \frac{2,85}{5} \times 100\%$$

$$= 57\%$$

## **II.9 Pembahasan**

PT Sinar Sakti Kimia merupakan perusahaan kimia yang bergerak di bidang pembuatan waterglass atau sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Waterglass banyak digunakan dalam bidang industri pengolahan sabun, pengecoran logam, pembuatan gel silica, dan lain-lain. Salah satu proses dalam pembuatan waterglass adalah pelarutan cullet dan air dengan autoklaf.

Autoklaf digunakan untuk melarutkan cullet atau  $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)$  dengan air  $\text{H}_2\text{O}$  sehingga menghasilkan produk berupa waterglass ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Terdapat reaksi yang terjadi di dalam autoklaf, sebagai berikut:



Autoklaf akan berputar selama proses pelarutan berlangsung. Umpan masuk melalui arus 1, 2, dan 3. Arus 1 umpan cullet, arus 2 adalah air, arus 3 adalah steam dan dari ketiga arus tersebut akan keluar bersamaan melalui arus 4 menjadi produk. Setelah proses pelarutan dan menjadi produk, produk akan di transfer menuju bak waterglass dan *seattle tank*. Bahan baku cullet yang masuk kedalam autoklaf diumpankan dari hopper cullet. Suhu cullet yang diumpankan kurang lebih  $35^\circ\text{C}$  dan air  $60^\circ\text{C}$ . Berdasarkan data aktual yang diambil, berat massa yang digunakan memiliki perbandingan 1:1. Perbandingan tersebut adalah massa yang digunakan untuk pembuatan cullet dengan  $^\circ\text{Be}$  (baume) 52.

Autoklaf memiliki kapasitas 12 ton, untuk cullet memiliki kapasitas 5 ton dan air menyesuaikan kekentalan yang akan dibuat. Namun, di lapangan cullet hanya ditambahkan seberat 3,5 ton dan air menyesuaikan kekentalan waterglass yang akan dilarutkan.

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh neraca massa dan neraca panas dalam 1 batch pelarutan sebagai berikut:

**Tabel 2. 4 Neraca Massa Autoklaf**

Nomor Arus	1	2	3	4
Suhu (K)	308	333	423	398
Tekanan (bar)			8	
Massa (Kg/batch)				
Na <sub>2</sub> O.nSiO <sub>2</sub>	3.500	0	0	35
H <sub>2</sub> O(l)	0	3.500	0	2.989,05
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0	0	0	3.465
H <sub>2</sub> O(g)	0	0	3.000	3.510,95
<b>TOTAL</b>			<b>10.000</b>	<b>10.000</b>

**Tabel 2. 5 Neraca Energi Autoklaf**

Nomor Arus	1	2	3	4
Suhu (K)	308	333	423	398
Tekanan (bar)			8	
Massa (Kj/batch)				
Na <sub>2</sub> O.nSiO <sub>2</sub>	8.124,78	0	0	104,99
H <sub>2</sub> O(l)	0	512.212,53	0	1.252.347,20
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0	0	0	4.152,28
H <sub>2</sub> O(g)	0	0	41.583.333,33	33.362.885,22
Panas reaksi				4.015.611,42
Heat loss				3.468.569,54
<b>TOTAL</b>			<b>42.103.670,65</b>	<b>42.103.670,65</b>

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja autoklaf A1, efisiensi kinerja autoklaf sebesar 57%. Efisiensi autoklaf dihitung berdasarkan kecepatan putaran aktual dan desain autoklaf. Kecepatan putaran desain menunjukkan 5 rpm dan kecepatan putaran aktual hanya 2,85 rpm. Sehingga menunjukkan adanya penurunan performa autoklaf yang disebabkan oleh alat tersebut tidak dilakukan shutdown atau menonaktifkan alat secara berkala untuk dilakukan pembersihan ataupun perawatan komponen dalam maupun/luar autoklaf. Sehingga sering adanya kerusakan pada bagian rantai putaran dan valve.

Faktor yang mempengaruhi proses pelarutan di dalam autoklaf adalah kecepatan putaran dan panas steam yang disuplai boiler. Data aktual menunjukkan adanya penurunan kecepatan putaran sehingga proses pelarutan tidak berjalan secara maksimal. Dengan steam boiler yang memiliki suhu 150°C dapat



menghasilkan suhu operasi autoklaf sebesar 125°C. Suhu steam yang dihasilkan tergolong cukup rendah, karena jenis boiler yang digunakan adalah fire tube dengan bahan bakar kayu bakar. Hal tersebut juga mempengaruhi proses pelarutan pada autoklaf menjadi lebih lama.

Terdapat 2 jenis alat yang digunakan untuk melarutkan cullet dan air, yaitu tangki disolver dan autoklaf. Jika dibandingkan dengan tangki disolver, autoklaf memerlukan waktu yang lebih lama untuk proses pelarutan. Karena tangki disolver menggunakan sumber panas gas buang furnace dengan suhu kurang lebih 300-400°C sedangkan autoklaf menggunakan steam boiler dengan suhu 150°C.

Pengendalian proses pada autoklaf masih dilakukan secara manual. Membuka dan menutup valve steam masih dilakukan pekerja secara manual. Terdapat Indikator tekanan yang terpasang yang digunakan untuk mengukur tekanan operasi autoklaf. Tidak terdapat indikator suhu dikarenakan indikator suhu tersebut sudah rusak sehingga tidak terpasang. Data suhu aktual didapatkan dari bertanya dengan pekerja yang memperkirakan suhu pada autoklaf.



### BAB III

#### PENUTUP

##### III.1 Kesimpulan

Dari pengumpulan data dan analisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Setelah dilakukan perhitungan dihasilkan efisiensi sebesar 57% dengan neraca massa dan neraca panas sebagai sebagai berikut:

**Tabel 3. 1 Neraca Massa Autoklaf**

Nomor Arus	1	2	3	4
Suhu (K)	308	333	423	398
Tekanan (bar)			8	
Massa (Kg/batch)				
Na <sub>2</sub> O.nSiO <sub>2</sub>	3.500	0	0	35
H <sub>2</sub> O(l)	0	3.500	0	2.989,05
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0	0	0	3.465
H <sub>2</sub> O(g)	0	0	3.000	3.510,95
<b>TOTAL</b>			<b>10.000</b>	<b>10.000</b>

**Tabel 3. 2 Neraca Energi Autoklaf**

Nomor Arus	1	2	3	4
Suhu (K)	308	333	423	398
Tekanan (bar)			8	
Massa (Kj/batch)				
Na <sub>2</sub> O.nSiO <sub>2</sub>	8.124,78	0	0	104,99
H <sub>2</sub> O(l)	0	512.212,53	0	1.252.347,20
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0	0	0	4.152,28
H <sub>2</sub> O(g)	0	0	41.583.333,33	33.362.885,22
Panas reaksi				4.015.611,42
Heat loss				3.468.569,54
<b>TOTAL</b>			<b>42.103.670,65</b>	<b>42.103.670,65</b>

2. Faktor yang mempengaruhi proses pelarutan di dalam autoklaf adalah kecepatan putaran autoklaf dan panas steam yang disuplai dari boiler.
3. Autoklaf beroperasi secara manual dengan alat indikator yang terpasang adalah pressure indikator.



### **III.2 Saran**

1. PT Sinar Sakti Kimia sebaiknya melakukan penelitian untuk pengaruh kecepatan putaran autoklaf terhadap kualitas produksi waterglass.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- Agra, S. W. (1992). *Reaktor dan Soal - Soal Penyelesaian*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Al-ansari, Z. (2007). *Buku Dasar Instrumentasi dan Proses Kontrol (Basic Instrumentation & Process Control)*. Balongan: Pertamina Direktorat Pengolahan. pp. 1-76
- Forsberg, C. H. (2021). Introduction to Heat Transfer. *Heat Transfer Principles and Applications*, pp. 1-21.
- <https://webbok.nist.gov/>. (2021).
- <https://www.solosilicat.com/>. (2021).
- Kristanto, P. (2013). *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Andi.
- Nitsche, M., & Gbadamosi, R. O. (2016). Finned Tube Heat Exchangers. *Heat Exvchanger Design*, pp. 247-264.
- Nyamiati, R. D., Ramadhani, A., Nurkhamidah, S., & Rahmawati, Y. (2019). Pra-Desain Pabrik Pembuatan Natrium Karbonat (Soda Abu) dengan Menggunakan Proses Solvay. *JURNAL TEKNIK ITS*, 8, pp. 41-45.
- Rosman, A. (2018). Perancangan Termokopel Berbahan Besi (Fe) dan Tembaga (Cu) Untuk Sensor Temperatur. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 4(2), pp. 120-127.
- Santoso, H., & Ruslim. (2019, April). Pembuatan Termokopel Berbahan Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu) Sebagai Temperatur. *INDONESIAN JOURNAL OF FUNDAMENTAL SCIENCES (IJFS)*, Vol.5, pp. 60-66.
- Sulastri, S., & Kristianingrum, S. (2010, Mei 15). Berbagai macam senyawa silika: sintesis, karakteristik, dan pemanfaatan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, pp. 211-216.



- Susanti., W. N. (2017). Sintesis Silika Gel Teraktivasi dari Pasir Kuarsa untuk Menurunkan Kadar ION  $\text{Cu}^{2+}$  dalam Air. *Jurnal MIPA*, pp. 39-42.
- Trisko, N. H. (2014). Penentuan Kadar Silika dari Pasir limbah Pertambangan dan Pemanfaatan Pasir Limbah Sebagai Bahan Pengisi Bahan Beton. *Prosiding Seminar Nasional dan Teknologi Nuklir*, pp. 190-196.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. New York, McGraw Hill, New York.
- Zaitsev, V. N., & Viktoria, D. O. (1999). Peculiarities of the Protonation Reaction in the Interfacial Layer of a Silica. pp. 65-71.



## **LAMPIRAN**



**PT. Sinar Sakti Kimia  
Waterglass Industry**

No : 147 / HRD-SSK / IV /2021  
Hal : Surat Keterangan

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ir. Donatus Processus, S.H.  
Jabatan : Manager HRD & Legal

Dengan ini menyatakan bahwa :

Nama	NPM
Luthfi Syahrina Maharani Putri	021180061
Hasna Luthfia Setyaningrum	021180062

Bahwa Mahasiswa Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta telah melaksanakan kegiatan PKL di PT Sinar Sakti Kimia, kegiatan PKL tersebut telah dilaksanakan pada 1 Maret 2021 sampai 30 April 2021

Selama PKL di PT Sinar Sakti Kimia, yang bersangkutan banyak belajar tentang kegiatan yang berkaitan dengan industri kimia, terutama yang berhubungan dengan kegiatan processing.

Demikian surat keterangan ini disampaikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Sukoharjo, 22 April 2021



Ir. Donatus Processus, SH  
Manager HRD & Legal

**PERHITUNGAN NERACA MASSA, NERACA ENERGI, DAN EFISIENSI**  
**AUTOKLAF**

Berikut ini adalah data – data kondisi operasi autoklaf yang diambil pada tanggal 5 April 2021:

Massa cullet dalam 1 batch : 3500 kg

Massa air dalam 1 batch : 3500 kg/jam

T operasi : 125°C

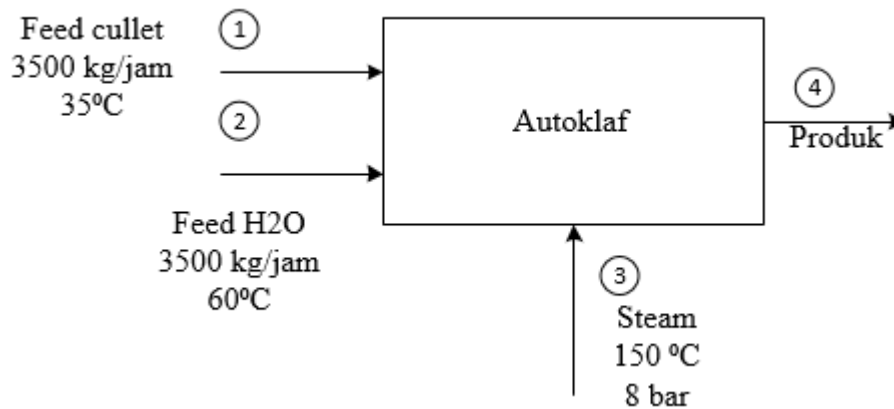
T air : 60°C

T cullet : 35°C

T steam : 150°C

Tekanan Operasi : 4-6 bar

**Neraca massa**



**Massa atom relatif**

	N	22,
a		99
	O	16
	S	28,
i		09



H 1

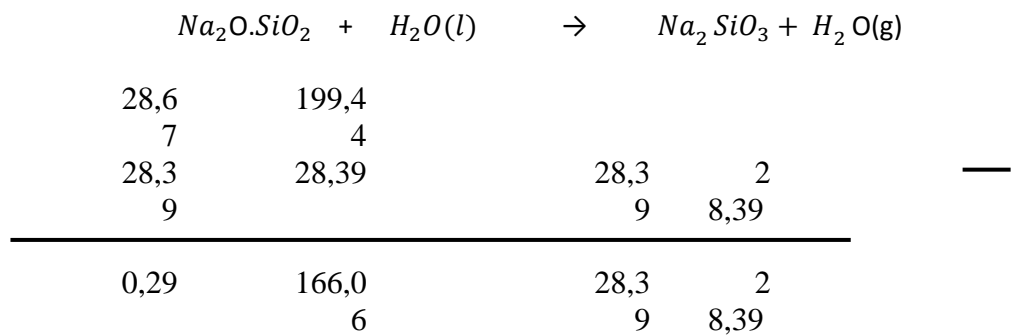
Komponen	BM (mol)	Massa (kg)	Mol (kmol)
2 Na <sub>2</sub> O.nSiO	122,07	3500	28,67
H <sub>2</sub> O(l)	18	3500	1944,44
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	122,07		
H <sub>2</sub> O (g)	18		

Konversi = 99%

kmol Na<sub>2</sub>O.nSiO<sub>2</sub> yang bereaksi = 99% x kmol Na<sub>2</sub>O.nSiO<sub>2</sub>  
= 28,39

kmol Na<sub>2</sub>O.n sisa = kmol Na<sub>2</sub>O.nSiO<sub>2</sub> – kmol yang bereaksi  
= 0,29

Reaksi







**Neraca Massa Autoklaf**

Nomor Arus	1	2	3	4
Suhu (K)	308	333	423	398
Tekanan (bar)			8	
Massa (Kg/batch)				
Na <sub>2</sub> O.nSiO <sub>2</sub>	3.500	0	0	35
H <sub>2</sub> O(l)	0	3.500	0	2.989,05
NaSiO <sub>3</sub>	0	0	0	3.465
H <sub>2</sub> O(g)	0	0	3.000	3.510,96
<b>TOTAL</b>			<b>10.000</b>	<b>10.000</b>

**Neraca Panas**

Data Komponen

A. Nilai Kapasitas panas

1. Cp H<sub>2</sub>O (kj/kmol)

Komponen	A	B	C	D	e
H <sub>2</sub> O (l)	92,053	-0,03995	-0,00021103	5,3469E-07	0
H <sub>2</sub> O (g)	33,933	-0,00842	0,000029906	-1,7825E-08	3,6934E-12

2. Cp Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (kj/kmol)

A	B	C (1/T <sup>2</sup> )
130,29	0,04017	0,0002707

3. Cp Na<sub>2</sub>O.SiO<sub>2</sub> = 0,92 Kj/Kg.K

B. Enthalpy Pembentukan



Komponen	dHf 298 (KJ/Kmol)
Na2O.nSiO2	2,4642
H2O	-24182,64136
Na2SiO3	-1,51088

(Zaitsev & Viktoria, 1999)  
(Yaws, 1999)  
(<https://webbok.nist.gov/>, 2021)

### C. Temperatur

$$T_{\text{cullet in}} = 35^{\circ}\text{C} = 308 \text{ K}$$

$$T_{\text{H2O in}} = 60^{\circ}\text{C} = 333 \text{ K}$$

$$T_{\text{out}} = 125^{\circ}\text{C} = 398 \text{ K}$$

### PERHITUNGAN

#### Q input

$$Q = n C_p dT$$

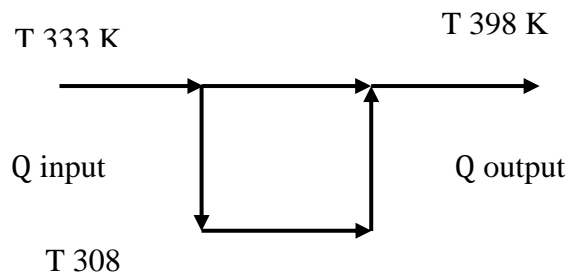
Komponen	T ref	T	Cpdt (Kj/Kmol)	n (Kmol)	Q (kJ)
Na2O.nSiO2	298	308	283,36	28,67	8124,78
H2O	298	333	2634,235862	194,44	512212,53
<b>Total</b>					<b>520337,31</b>

#### Q output

$$Q = n C_p dT$$

Komponen	T ref	T	Cpdt (Kj/Kmol)	n (Kmol)	Q (kJ)
Na2SiO3	298	398	146,28	28,39	4152,28
H2O (g)	298	398	3389,61	28,39	96218,55
Na2O(SiO2)	298	398	366,16	0,29	104,99
H2O	298	398	7541,62	166,06	1.252.347,20
<b>Total</b>					<b>1.352.823,02</b>

**Panas Reaksi**



$\Delta H^{\circ}_{rx}$  Reaktan

$$\Delta H^{\circ}_{rx} = \text{kmol} \times H_f$$

Reaktan	kmol	Hf	$\Delta H^{\circ}_{rx}$
Na <sub>2</sub> O(SiO <sub>2</sub> )	28,67	2,46	70,66
H <sub>2</sub> O	194,44	-24182,641	-4702180,26
<b>Total</b>			<b>-4702109,61</b>

$\Delta H^{\circ}_{rx}$  Produk

$$\Delta H^{\circ}_{rx} = \text{kmol} \times H_f$$

Produk	kmol	Hf	$\Delta H^{\circ}_{rx}$
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	28,39	-1,51088	-42,89
H <sub>2</sub> O (g)	28,39	-24182,64136	-686455,30
<b>Total</b>			<b>-686498,19</b>

**Total Panas Reaksi**

$$\begin{aligned} \text{Panas reaksi} &= \Delta H^{\circ}_{rx} \text{ produk} - \Delta H^{\circ}_{rx} \text{ reaktan} \\ &= -686498,19 - (-4702109,61) \end{aligned}$$

$$= 4015611,42 \text{ ( Reaksi Endotermis)}$$

Media pemanas adalah steam

$$T_{\text{out}} = 125^{\circ}\text{C} = 398$$

$$T_{\text{in}} = 150^{\circ}\text{C} = 423 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{in}} &= n \times C_p \times dT \\ &= 166,67 \times 1.996 \text{ Kj/ K} \times (423-298) \text{ K} \\ &= 41.583.333,33 \text{ Kj} \end{aligned}$$

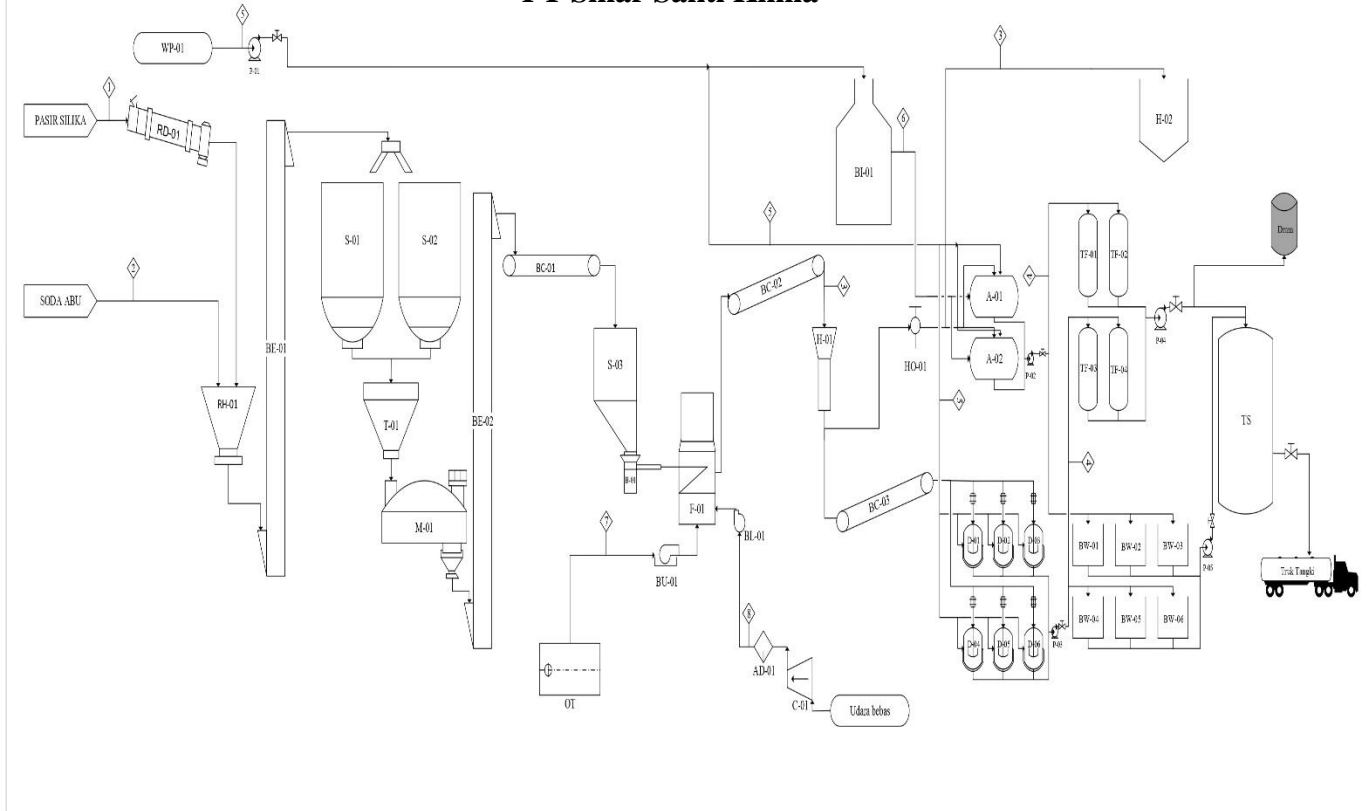
$$\begin{aligned} Q_{\text{out}} &= n \times C_p \times dT \\ &= 166,67 \times 1.996 \text{ Kj/ K} \times (398-298) \text{ K} \\ &= 33.266.666,67 \text{ Kj} \end{aligned}$$

#### Neraca Energi Autoklaf

Nomor Arus	1	2	3	4
Suhu (K)	308	333	423	398
Tekanan (bar)			8	
Massa (Kj/batch)				
Na <sub>2</sub> O.nSiO <sub>2</sub>	8.124,78	0	0	104,99
H <sub>2</sub> O(l)	0	512.212,53	0	1.252.347,20
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0	0	0	4.152,28
H <sub>2</sub> O(g)	0	0	41.583.333,33	33.362.885,22
Panas reaksi				4.015.611,42
Heat loss				3.468.569,54
<b>TOTAL</b>			<b>42.103.670,65</b>	<b>42.103.670,65</b>

## Proses Flow Diagram Pembuatan Waterglass

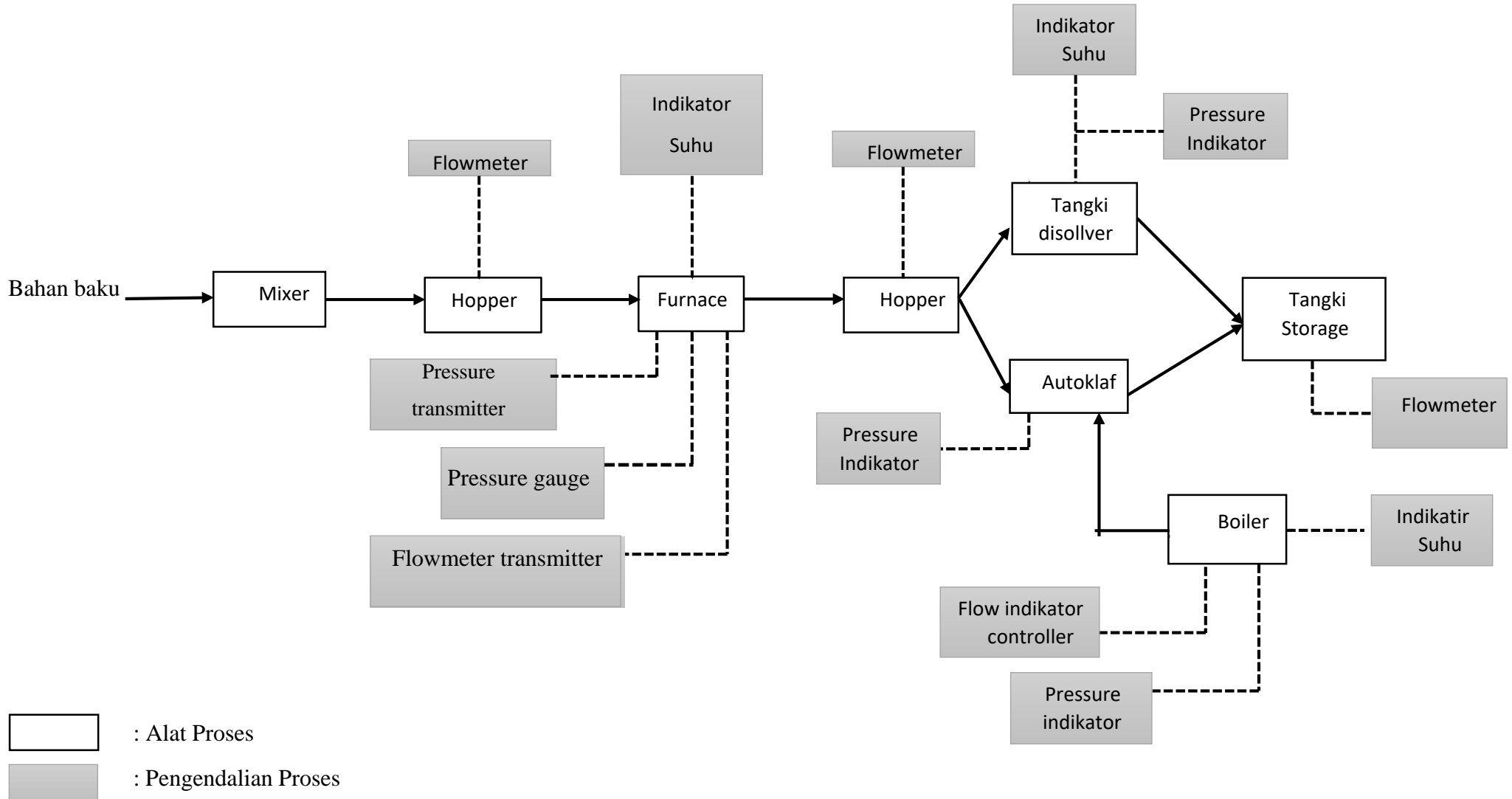
### PT Sinar Sakti Kimia



#### KETERANGAN

- |    |                   |    |                   |
|----|-------------------|----|-------------------|
| A  | = Anoda           | H  | = Hopper          |
| AD | = Air Drier       | HO | = Houts           |
| B  | = Batch Charger   | M  | = Mixer           |
| BC | = Belt Conveyor   | OT | = Oil Tank        |
| BE | = Bucket Elevator | P  | = Pompa           |
| BI | = Boiler          | RD | = Rotary Dryer    |
| BL | = Blower          | RH | = Receiver Hopper |
| BU | = Burner          | S  | = Silo            |
| BW | = Bak Waterglass  | T  | = Timbangan       |
| C  | = Compressor      | TF | = Tangki Filling  |
| D  | = Dissolver       | TS | = Tangki Storage  |
| F  | = Furnace         | WP | = Water Process   |

DIAGRAM BLOK SISTEM KONTROL UNIT PROSES WATERGLASSPT SINAR SAKTI KIMIA





**Gambar 1. Tangki angin**



**Gambar 2. Control room**



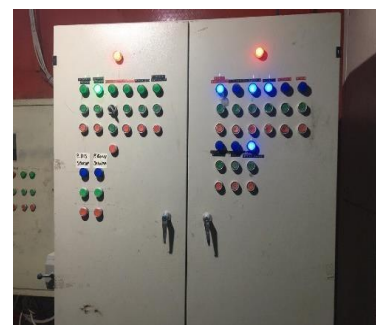
**Gambar 3. Tangki BBM**



**Gambar 4. Blower**



**Gambar 5. Air Dryer**



**Gambar 6. Control panel**



**Gambar 9. Pompa boiler**



**Gambar 10. Pompa air barat**



**Gambar 11. Pengecekan rasio waterglass**



**Gambar 12. Autoklaf**