

## PRARANCANGAN PABRIK SODIUM SILIKAT DENGAN PROSES HIDROTERMAL KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Salza Belila Kusuma Wardhani<sup>1\*</sup>, Imroatul Aulia Wahab<sup>1</sup>, Ricky Rizky Ramadhan<sup>1</sup>, Meta Fitri Rizkiana<sup>1</sup>, Helda Wika Amini<sup>1</sup>, Ditta Kharisma Yolanda Putri<sup>1</sup>, Noven Pramitasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember

\*Email: [salzawardhani1@gmail.com](mailto:salzawardhani1@gmail.com)

### Abstrak

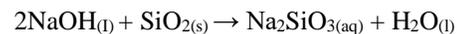
Meningkatnya pertumbuhan industri dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah era globalisasi. Di dunia industri, saat ini Indonesia belum mengalami kemajuan. Hal ini disebabkan oleh pasokan impor dari luar negeri yang dibutuhkan oleh beberapa industri. Salah satu bahan kimia yang masih memerlukan kegiatan impor dari luar negeri adalah sodium silikat. Sodium silikat merupakan salah satu bahan baku utama atau penunjang yang digunakan dalam suatu proses industri untuk menghasilkan suatu produk. Sodium silikat dapat digunakan sebagai bahan baku sabun 20-25%, deterjen 30%, katalisis dan gel 25%, pigmen warna 23%, perekat 5%, dll. Pendirian pabrik sodium silikat ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan industri di Indonesia, sehingga impor sodium silikat dari luar negeri tidak perlu lagi dilakukan. Pembangunan pabrik sodium silikat rencananya akan dilakukan pada tahun 2028 di Cilegon, Banten dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan sodium silikat adalah NaOH dan SiO<sub>2</sub> dengan menggunakan proses hidrotermal. Proses hidrotermal dilakukan dengan mereaksikan NaOH dan SiO<sub>2</sub> dalam reaktor autoklaf pada suhu dan tekanan tinggi yaitu 200°C dan 15 atm. Dari segi ekonomi, pabrik sodium silikat layak untuk didirikan.

**Kata kunci:** Sodium Silikat, Natrium Hidroksida, Pasir Silika, Proses Hidrotermal, Reaktor Autoklaf

### 1. Pendahuluan

Salah satu industri di Indonesia yang kebutuhan dalam negeri masih memiliki kekurangan dan memerlukan impor dari luar negeri ialah sodium silikat. Sodium silikat adalah salah satu bahan kimia yang dibuat dengan cara mereaksikan antara silika dengan natrium hidroksida pada suhu yang relatif tinggi. Sodium silikat berbentuk padatan maupun larutan pekat. Sodium silikat merupakan salah satu bahan baku utama maupun pendukung yang digunakan dalam suatu proses industri untuk menghasilkan suatu produk (Adziimaa, et al., 2013). Sodium silikat dapat digunakan sebagai bahan baku dalam sabun 20-25%, deterjen 30%, katalisis dan gel sebesar 25%, pigmen warna 23%, perekat 5%, dan lain-lain (Pubchem, 2024).

Pendirian pabrik sodium silikat ini diharapkan dapat mendukung perkembangan industri dan memenuhi kebutuhan industri di Indonesia, sehingga impor sodium silikat dari luar negeri sudah tidak diperlukan. Bahan yang digunakan untuk memproduksi sodium silikat ialah natrium hidroksida (NaOH) dan pasir silika (SiO<sub>2</sub>), sehingga reaksi yang terjadi yaitu:



(Patel, 2024)

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2023, data impor dan ekspor sodium silikat dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Data Ekspor Impor Sodium Silikat di Indonesia

Tahun	Ekspor (Ton)	Impor (Ton)
2017	36.903	22.451
2018	41.318	14.964
2019	35.944	20.707
2020	28.099	29.302
2021	27.922	32.643

Adanya data tersebut, dapat diperoleh perkiraan jumlah kebutuhan sodium silikat di tahun 2028 dengan perhitungan rumus berikut:

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \quad (1)$$

Keterangan:

$m_1$  : Nilai impor pada tahun 2028 (ton)



- $m_2$  : Produksi pabrik di dalam negeri (ton/tahun)
- $m_3$  : Kapasitas pabrik yang akan didirikan (ton/tahun)
- $m_4$  : Nilai ekspor pada tahun 2028 (ton)
- $m_5$  : Nilai konsumsi pada tahun 2028 (ton)

Berdasarkan hasil perhitungan rumus diatas, didapatkan peluang kapasitas pabrik baru di tahun 2028 sebesar 19248,34 ton/tahun. Dengan beberapa pertimbangan ditetapkan kapasitas pabrik baru yang akan berdiri di tahun 2028 sebesar 20.000 ton/tahun. Beberapa pertimbangan terkait tersedianya produk sodium silikat yang ada di Indonesia dan luar negeri dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan kapasitas pabrik yang akan didirikan.

## 2. Uraian Proses

Terdapat beberapa jenis proses dalam pembuatan sodium silikat. **Tabel 2** berikut adalah perbandingan jenis proses pembuatan sodium silikat.

**Tabel 2.** Perbandingan Proses Produksi

Parameter	Baker (Aulia & Junaidi, 2020)	Hidrotermal (Bunga, 2023)
Bahan baku	SiO <sub>2</sub> dan Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> dan NaOH
Konversi	96%	98%
Suhu	1200-1400°C	150-300°C
Tekanan	5-10 atm	10-20 atm
Waktu reaksi	12 – 36 jam	1 jam
Produk samping	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Korosifitas	Sedang	Tinggi
Penggunaan air	Sedikit	Banyak
Kebutuhan energi	Besar	Sedang
Aspek ekonomi	Mahal	Murah

Dari Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa jenis proses yang dipilih untuk pembuatan sodium silikat pada pabrik ini adalah proses hidrotermal. Hal tersebut dikarenakan dalam proses operasi menggunakan suhu rendah, produk samping ramah lingkungan, dan ketersediaan bahan baku di dalam negeri yang melimpah.

Proses pembuatan sodium silikat dengan proses hidrotermal dapat dibagi menjadi 4 tahap, yaitu:

### a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku natrium hidroksida (NaOH) dan pasir silika (SiO<sub>2</sub>) yang berbentuk padatan akan disimpan di silo terpisah dengan suhu 30°C bertekanan 1 atm. Sebelum NaOH direaksikan dengan SiO<sub>2</sub>, padatan NaOH dilarutkan di dalam tangki *mixer* dengan menggunakan pelarut air hingga konsentrasi NaOH menjadi 73%. Proses pelarutan NaOH dengan air terjadi dengan kondisi suhu operasi 30°C dengan tekanan 1 atm. NaOH yang telah dilarutkan akan dipompa menuju *heater* untuk dipanaskan hingga bersuhu 200°C agar suhunya sama dengan reaktor (200°C - 250°C). NaOH bersuhu 200°C akan dialirkan menuju reaktor untuk direaksikan dengan SiO<sub>2</sub>.

### b. Reaksi Pembentukan Sodium Silikat

Pasir silika (SiO<sub>2</sub>) dari silo akan diumpankan ke reaktor dengan menggunakan conveyor menuju reaktor. NaOH bersuhu 200°C diumpankan ke dalam reaktor. Reaksi antara NaOH dengan SiO<sub>2</sub> berjalan pada reaktor dengan kondisi suhu operasi 200°C dengan tekanan 15 atm selama 1 jam. Reaksi berlangsung pada fase padat-cair. Produk keluaran dari reaktor bersuhu 200°C dengan tekanan 15 atm. Tekanan dan suhu produk akan diturunkan hingga mencapai tekanan 1 atm dan suhu 90°C. Suhu produk yang bersuhu 200°C akan diturunkan suhunya dengan *cooler* hingga suhunya 90°C. Hasil produk yang bersuhu 90°C akan diumpankan ke *expansion valve* sehingga tekanan menjadi 1 atm. Produk yang telah bersuhu 90°C dan bertekanan 1 atm kemudian diumpankan ke evaporator.

### c. Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Produk selanjutnya dialirkan ke evaporator yang berfungsi untuk menguapkan air. Hasil dari evaporator selanjutnya dialirkan ke *crystallizer* untuk dilakukan proses kristalisasi dengan suhu 30°C. Sodium silikat akan dikristalkan dari *mother liquor* (larutan induk) dengan didinginkan pada suhu 30°C. Keluaran dari *crystallizer* yang telah berbentuk padatan kemudian dialirkan menuju *centrifuge*. *Centrifuge* berfungsi untuk memisahkan antara kristal padatan dan *mother liquor* yang masih terbawa. Di dalam *centrifuge* padatan akan mengendap di bagian bawah sedangkan 50% *mother liquor* akan diolah kembali di reaktor dan sisanya dialirkan ke WWTP. Padatan selanjutnya menuju *rotary dryer* untuk dikeringkan agar kandungan air pada padatan berkurang dan sesuai dengan spesifikasi. Di dalam *rotary dryer* padatan akan dihembuskan dengan udara panas bersuhu 110°C secara langsung dan *direct counter-current* (berlawanan arah).



d. *Screening* dan *Ball Mill*

Produk keluaran dari *rotary dryer* akan didinginkan melalui *rotary cooler* hingga suhu mencapai 30°C. Produk berupa sodium silikat akan dihaluskan di *ball mill* kemudian dilakukan pengayakan melalui *screen machine*. Produk sodium silikat yang telah berukuran 120 mesh akan dialirkan menuju unit penyimpanan, sedangkan produk yang tidak lolos *screen machine* akan di *recycle* ke *ball mill* untuk dihaluskan kembali kemudian akan dilewatkan *screen machine* kembali. Suhu saat menyimpan produk berkisar 30°C.

### 3. Utilitas

Utilitas merupakan komponen penting dalam industri. Utilitas dapat diartikan sebagai unit penyedia bahan serta energi untuk mendukung proses produksi agar beroperasi secara efektif dan efisien. Utilitas pada pabrik sodium silikat terdiri dari 5 unit, diantaranya:

- a. Unit Penyedia *Steam*
- b. Unit Pengolahan dan Kebutuhan Air
- c. Unit Pengadaan Tenaga Listrik
- d. Unit Bahan Bakar
- e. Unit Pengolahan Limbah

Unit penyedia steam berfungsi untuk menghasilkan steam yang dibutuhkan dalam proses produksi dengan penambahan 20% untuk faktor keamanan, sehingga steam yang dibutuhkan sebesar 553,452 kg/jam dengan kebutuhan air untuk steam sebesar 4,303 m<sup>3</sup>/hari. Unit pengolahan air terdiri dari 7 tahap, diantaranya *supply* air dan *screening*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan demineralisasi (Said, 2007). Air pada pabrik sodium silikat digunakan untuk kebutuhan sanitasi, air pendingin, air umpan boiler, dan air proses (Kusnarjo, 2010). Total kebutuhan air ditambahkan 20% untuk faktor keamanan, sehingga total air yang dibutuhkan sebesar 233 m<sup>3</sup>/hari.

Kebutuhan listrik pada pabrik sodium silikat dipenuhi oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai penyedia listrik utama dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Jenis kebutuhan tenaga listrik terdiri dari kebutuhan proses, instrumentasi, utilitas, dan penerangan dengan ditambahkan faktor keamanan sebesar 20%, sehingga total kebutuhan tenaga listrik pada pabrik sodium silikat sebesar 214,69 kW/jam.

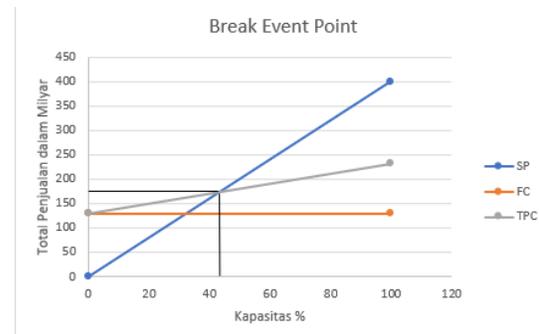
Pada pabrik sodium silikat, bahan bakar yang digunakan untuk generator set ialah *diesel fuel* dengan massa yang dibutuhkan sebesar 634,56 kg/hari, sedangkan boiler adalah *anthratic coal* dengan massa yang dibutuhkan sebesar 5234,92 kg/hari. Pemilihan tersebut dikarenakan harganya yang relatif terjangkau dan mudah diperoleh.

Limbah yang terdapat pada pabrik sodium silikat berupa limbah cair. Limbah cair proses yang dihasilkan pada pabrik sodium silikat berasal alat

evaporator dan *centrifuge* yang tidak boleh langsung dibuang ke lingkungan. Hal tersebut dikarenakan dapat menyebabkan kualitas air menurun dan tercemar, sehingga membahayakan ekosistem didalamnya. Pengolahan limbah cair proses tersebut dalam dilakukan dengan cara netralisasi, filtrasi, dan adsorpsi.

### 4. Evaluasi Ekonomi

Layak atau tidaknya suatu pabrik untuk didirikan ditinjau dari evaluasi ekonomi. Hal ini ditujukan agar dapat mengetahui seberapa besar keuntungan yang diperoleh dari kapasitas produksi tertentu. Pabrik dapat dikatakan layak berdiri apabila nilai BEP berkisar 40% - 50 (Kusnarjo, 2010). Berdasarkan perhitungan diatas, menghasilkan *range* sebesar 43%. Nilai BEP telah sesuai dengan *range* yang diatur dalam literatur. Sehingga pabrik sodium silikat ini layak didirikan. Titik BEP pabrik dapat dilihat dari perpotongan antara garis *Selling Price* (SP) dan *Total Production Cost* (TPC) yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Break Event Point

### 5. Kesimpulan

Pabrik sodium silikat akan dibangun di Cilegon pada tahun 2028 dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Bahan baku yang dibutuhkan yaitu NaOH sebesar 17683 ton/tahun dan SiO<sub>2</sub> sebesar 10380 ton/tahun. Pabrik beroperasi secara kontinu selama 24 jam dalam 330 hari. Hasil perhitungan evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa pabrik layak didirikan yang dibuktikan dengan laju pengembalian modal sebesar 33,324% selama 2,13 tahun dengan titik impas sebesar 43%.



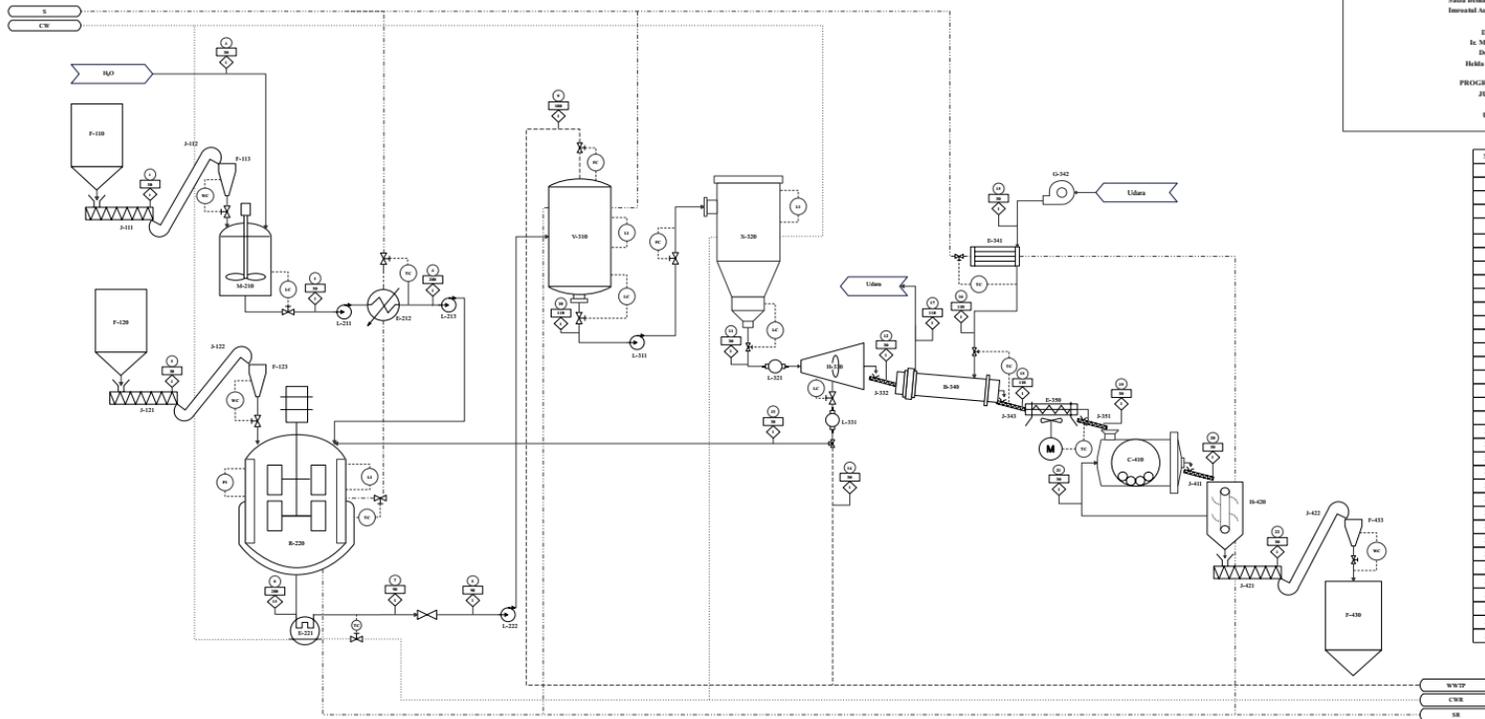
# PRA-RANCANGAN PABRIK SODIUM SILIKAT DENGAN PROSES HIDROTERMAL KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

PRA-RANCANGAN PABRIK SODIUM SILIKAT DENGAN PROSES HIDROTERMAL KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh:  
 Ricky Rizky Ramadhani    201910401019  
 Salsita Rizka Kusuma W.    201910401018  
 Innuwaldi Aulka Wahab    201910401099

Dosen Pembimbing Utama:  
 Ir. Meta Fitri Rikiana S.T., M.Sc.  
 Dosen Pembimbing Anggota:  
 Helmi Wika Anand S.Si., M.Sc., M.Sc.

PROGRAM STUDI SI TEKNIK KIMIA  
 JURUSAN TEKNIK MESIN  
 FAKULTAS TEKNIK  
 UNIVERSITAS JEMBER

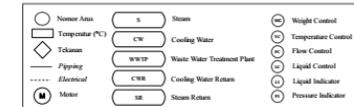


No	Kode	Nama Alat
1	F-100	Silo NaOH
2	S-111	Screw Conveyor
3	S-112	Bucket Elevator
4	F-113	Blower
5	H-210	Heater
6	L-211	Centrifugal Pump Mixer
7	S-212	Heater
8	L-213	Centrifugal Pump Heater
9	F-120	Silo SiO <sub>2</sub>
10	S-121	Screw Conveyor
11	S-122	Bucket Elevator
12	F-123	Blower
13	H-220	Heater
14	S-221	Cooler
15	L-222	Centrifugal Pump Cooler
16	V-310	Evaporator
17	L-311	Centrifugal Pump Evaporator
18	S-320	Conveyor
19	L-321	Reciprocating Pump Crystallizer
20	H-330	Crystallizer
21	L-331	Reciprocating Pump Crystallizer
22	L-332	Screw Conveyor
23	H-340	Rotary Dryer
24	H-341	Heater
25	G-342	Blower
26	S-343	Screw Conveyor
27	H-350	Rotary Cooler
28	S-351	Screw Conveyor
29	C-410	Ball Mill
30	S-411	Screw Conveyor
31	H-420	Screens
32	S-421	Screw Conveyor
33	S-422	Bucket Elevator
34	F-433	Blower
35	F-430	Silo Sodium Silikat

Komponen	Unit	Aliran Neraca Massa																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
NaOH	kg/jam	1663,2		1663,2	1663,2		33,7	33,7	33,7		33,7	33,7	0,67	23,1	9,9				0,67	0,67	0,85	0,0281	0,85	
H <sub>2</sub> O	kg/jam	33,9	835,6	869,6	869,6	11,5	1048,7	1040,7	1040,7	915,8	124,9	124,9	0,51	87,1	37,3			0,46	0,85	0,85	0,53	0,082	0,51	
SiO <sub>2</sub>	kg/jam		1249,8	25,3	25,3		25,3	25,3	25,3		25,3	25,3	0,51	17,4	7,4				0,51	0,51	0,79	0,02	0,67	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	kg/jam			14,9	45,9	45,9	45,9		45,9	45,94	0,92	32	13,5						0,92	0,92	0,96	0,04	0,92	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	kg/jam			35,1	107,1	107,1	107,1		107,1	107,12	2,14	73	31,5						2,14	2,14	2,23	0,0093	2,14	
Na <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	kg/jam				2522,1	2522,1	2522,1		2522,1	1,2	0,62	0,8	6,3						0,62	0,62	0,62	0,0003	0,62	
Etdara	kg/jam						2522,1		2522,1										2520,97	2520,97	2626,01	105,04	2520,97	

Aliran Neraca Panas																							
Temperature	t <sup>o</sup> C	30	30	30	200	30	200	90	90	100	110	30	30	30	30	110	30	110	30	110	30	30	30
Pressure	atm	1	1	1	1	1	15	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total Entalphy	kJ/jam	12196,8	11233,0	30025,3	1058097,5	4001,2	1376991,8	544820,9	544820,0	207120,4	307022,2	17002,4	12262,0	3078,3	1662,1	1126,7	19100,3	71,0	200897,7	12325,5	12325,5	12325,5	12325,5



**Gambar 2.** Process Flow Diagram

Tabel 3. Analisa Ekonomi

Parameter	Hasil Perhitungan
Annual Cash Flow	42%
Pay Out Time	2,13 tahun
Net Profit Over Total Lifetime of the Project	Rp1.253.672.059.041
Total Capital Sink	Rp1.077.976.081.985
Rate of Return	33,24%
Discounted Cash Flow Rate of Return	41,01%.
Break Even Point	43%

#### Daftar Pustaka

- 'Adziimaa, A. F., Risanti, D. D. & Mawarni, L. J., 2013. Sintesis Natrium Silikat dari Lumpur Lapindo sebagai Inhibitor Korosi. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2).
- Aulia, R. D. & Junaedi, F. F. A., 2020. Pra Rancangan Pabrik Sodium Silikat dari Natrium Hidroksida dan Pasir Silika dengan Kapasitas 30.000 Ton/Tahun. In: *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Bunga, E., 2023. dPrarancangan Pabrik Natrium Silika Dari Pasir Silika dan Natrium Hidroksida dengan Kapasitas 94.000 Ton/Tahun. In: *Skripsi*. Makassar: Teknik Kimia Universitas Bosowa.
- Kusnarjo, 2010. *Desain Pabrik Kimia*. s.l.:ITS Press.
- Patel, H. J., 2024. *Handbook for Chemical Process Industries*. Gujarat, India: CRC Press.
- Pubchem, 2024. [Online] Available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-silicate>
- Said, N. I., 2007. Disinfeksi untuk Proses Pengolahan Air Minum. *Jurnal Air Indonesia*, Volume 3, pp. 15.

