

Pra Desain Pabrik Sodium Silikat Grade Deterjen Dari Pasir Silika dan Sodium Hidroksida

Muhammad Faturahman Almuhammad, Muh. Abdillah Taufiqurrahman, Sumarno, dan Bramantyo Airlangga
 Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: onramus@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Sebagai bahan kimia yang dibidang kebutuhannya sangat tinggi di Indonesia, sodium silikat atau waterglass memiliki potensi pasar yang bervariasi. Hal ini disebabkan karena penggunaannya yang luas dalam industri, mulai dari industri sabun dan deterjen, keramik, pengecoran logam, silika gel, coating, hingga tekstil dan batik. Dalam dunia perdagangan sodium silikat dibedakan menjadi beberapa grade. Dari masing-masing grade umumnya mempunyai kegunaan tersendiri. Berdasarkan Jurnal Bisnis BIZTEKA Industri dan Komoditi tahun 2021, produk sodium silikat yang paling banyak kebutuhannya adalah grade deterjen. Berdasarkan bank data Bizteka PT. CCI, penggunaan sodium silikat sebagai salah satu bahan baku pada industri deterjen yaitu dengan rata-rata konsumsi sebesar 230.000 ton dari tahun 2016 hingga 2020. Pada pembuatan sodium silikat grade deterjen dari pasir silika dan sodium hidroksida, proses terbagi menjadi 3 bagian yakni yang pertama proses persiapan bahan baku, tahap pembentukan reaksi, dan pemurnian untuk mencapai kemurnian produk sebesar 96% dan selanjutnya akan disimpan dalam tangki penyimpanan produk sodium silikat. Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinu 24 jam selama 330 hari per tahun dengan kapasitas produksi 35.000 ton/Tahun. Sumber dana investasi untuk pendirian pabrik berasal dari modal sendiri sebesar 40% dan 60% modal pinjaman, biaya investasi dengan bunga sebesar 5,96% Per tahun. Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi, diperoleh total capital investment Rp199.200.195.216,33, nilai penaksiran modal (CAPEX) sebesar Rp 233.729.589.695,88 dan biaya produksi (OPEX) sebesar Rp 208.673.766.783,37, laju pengembalian modal/internal rate of retrun (IRR) sebesar 25,62%, laju inflasi sebesar 2,38% pertahun per tahun, waktu pengembalian modal/ pay out time (POT) sebesar 3,66 tahun dan titik impas/ break even periode (BEP) sebesar 26,95 %. sehingga berdasarkan analisa BEP, NPV, POT, dan IRR, pabrik sodium silikat dari pasir silika dan NaOH ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci—Deterjen, Pasir Silika, Sodium Silikat.

I. PENDAHULUAN

DI Indonesia, sodium silikat telah diproduksi sejak lama dan perusahaan yang telah memproduksi bahan kimia tersebut berjumlah sembilan perusahaan dengan total kapasitas produksi sebesar 368.400 ton/tahun. Banyaknya perusahaan dalam industri tersebut menyebabkan persaingan dalam memperebutkan pasar semakin ketat. Namun ditengah persaingan yang semakin ketat, secara keseluruhan industri ini terus bertumbuh. Mengingat permintaan terhadap bahan kimia tersebut oleh kalangan industri masih cukup besar dan konsumsinya pun setiap tahun terus meningkat. Apalagi pemerintah kini sangat memprioritaskan pengembangan industri kimia di tanah air.

Tabel 1.
Perusahaan Penghasil Sodium silikat di Indonesia

| Nama Perusahaan | Lokasi | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|-----------------------------------|------------|-----------------------|
| PT. Ajidharmamas Tritunggal Sakti | Cibinong | 57.000 |
| PT. Wing Surya | Gresik | 55.000 |
| PT. Tanur Mas Utama | Bogor | 49.000 |
| PT. Tirta Bening Mulya | Indramayu | 48.000 |
| PT. Indo Chemica Lestari | Samarinda | 36.000 |
| PT. Mahkota Indonesia | Pulogadung | 30.000 |
| PT. Dunia Kimia Utama | Palembang | 30.000 |
| PT. Liku Telaga | Surabaya | 18.000 |
| PT. Sinar Sakti Kimia | Sukoharjo | 16.000 |
| Total | | 339.000 |

Tabel 2.
Komposisi dan kegunaan berbagai grade Sodium silikat

| Grade | Komposisi (%wt) | | | Wt Ratio | Penggunaan |
|-------|------------------|-------------------|-------|----------|-----------------------------------|
| | SiO ₂ | Na ₂ O | Solid | | |
| A-60 | 66,5-67 | 32,5-33 | >94 | 2,3 | Pelapis/pelindung listrik tembaga |
| A-42 | 61,5-64 | 30,5-31,5 | >94 | 2,0 | Detergent |
| A-58 | 75,5-76,5 | 23,5-24,5 | >87 | 3,2 | Campuran pembersih kertas |
| B-58 | 76,1-77 | 22,5-23 | >87 | 3,2 | Sabun |

Di Indonesia terdapat beberapa perusahaan yang memproduksi sodium silikat dari bahan baku pasir silika ditunjukkan pada Tabel 1[1]. Sebagai bahan kimia yang dibidang kebutuhannya sangat tinggi di Indonesia, sodium silikat atau waterglass memiliki potensi pasar yang bervariasi. Hal ini disebabkan karena penggunaannya yang luas dalam industri, mulai dari industri sabun dan deterjen, keramik, pengecoran logam, silika gel, coating, hingga tekstil dan batik. Dalam dunia perdagangan sodium silikat dibedakan menjadi beberapa grade. Dari masing-masing grade umumnya mempunyai kegunaan tersendiri. Berdasarkan Jurnal Bisnis BIZTEKA Industri dan Komoditi tahun 2021, produk sodium silikat yang paling banyak kebutuhannya adalah grade A-42 yang digunakan untuk industri deterjen. Berikut merupakan berbagai grade sodium silikat beserta komposisi dan penggunaannya. Komposisi dan kegunaan berbagai grade sodium silikat dapat dilihat pada Tabel 2. Seperti yang diketahui bahwa konsumen utama Sodium silikat atau *waterglass* didalam negeri diantaranya yakni industri Deterjen, White carbon, Sabun Mandi, dan

Tabel 3.
Perkembangan Konsumsi Sodium silikat Berdasarkan Industri Penggunaanya

| Tahun | Konsumsi Sodium silikat (Ton) | | | |
|-------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|
| | Industri Deterjen | Industri White Carbon | Industri Sabun Mandi | Industri Lainnya |
| 2016 | 216.877 | 31.869 | 13.639 | 20.840 |
| 2017 | 223.253 | 30.254 | 13.826 | 34.170 |
| 2018 | 248.167 | 31.383 | 15.847 | 35.106 |
| 2019 | 233.059 | 32.180 | 15.193 | 18.258 |
| 2020 | 224.836 | 33.102 | 15.590 | 18.535 |

Tabel 4.
Produksi Sodium Silikat Tahun 2016-2020

| Tahun | Produksi (Ton) | Tren (%) |
|------------------|----------------|-------------|
| 2016 | 251.075 | 0 |
| 2017 | 263.374 | 4,90 |
| 2018 | 289.378 | 9,87 |
| 2019 | 273.565 | -5,46 |
| 2020 | 269.348 | -1,54 |
| Rata-rata | | 0,02 |

Tabel 5.
Konsumsi Sodium Silikat Tahun 2016-2020

| Tahun | Konsumsi (Ton) | Tren (%) |
|------------------|----------------|-------------|
| 2016 | 283.225 | 0 |
| 2017 | 301.503 | 6,45 |
| 2018 | 330.503 | 9,62 |
| 2019 | 298.690 | -9,63 |
| 2020 | 292.063 | -2,22 |
| Rata-rata | | 0,02 |

lainnya. Berdasarkan Jurnal Bisnis BIZTEKA Industri dan Komoditi tahun 2021, produk sodium silikat yang paling banyak kebutuhannya adalah *grade* A-42 yang digunakan untuk industri deterjen Berdasarkan bank data Bizteka CCI konsumsi Sodium silikat berdasarkan industri penggunaanya dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan bank data Bizteka PT. CCI, penggunaan sodium silikat di Indonesia paling banyak digunakan pada industri detejen yaitu dengan rata-rata konsumsi sebesar 230.000 ton dari tahun 2016 hingga 2020. Dalam industri pembuatan deterjen sodium silikat bertindak sebagai inhibitor korosi karena sodium silikat mampu mengikat kandungan mineral dan logam yang terkandung dalam air pada proses pencucian sehingga mencegah bagian mesin cuci dari karat [2] Komposisi sodium silikat yang digunakan pada industri deterjen memiliki kisaran sebesar 8,5% hingga 10%.

Berikut ini data konsumsi, produksi dan ekspor sodium silikat di Indonesia yang terjadi pada tahun 2016-2020 ditunjukkan pada Tabel 4. Produksi sodium silikat dalam lima tahun terakhir (2016-2020) mengalami pertumbuhan sebesar 1,9% pertahun. Tahun 2016 angka produksi tercatat 251.075 ton kemudian naik terus hingga tahun 2018 menjadi 289.378 ton, sedangkan produksi 2019 mengalami penurunan sekitar (5,5%) menjadi 273.565 ton dan produksi tahun 2020 turun kembali sekitar 1,5% atau menjadi 269.348 ton.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa konsumsi *Sodium silikat* terbanyak yaitu pada industri deterjen, namun secara keseluruhan dapat dikatakan penggunaan *Sodium silikat* tiga tahun pertama yaitu 2016 sampai 2018 sangat meningkat yaitu 285.225 ton pada tahun 2016, 301.502 ton pada tahun 2017, dan 330.502 pada tahun 2018. Pada dua tahun terakhir

Tabel 6.
. Ekspor Sodium Silikat Tahun 2016-2020

| Tahun | Ekspor (Ton) | Tren (%) |
|------------------|--------------|-------------|
| 2016 | 22.145 | 0 |
| 2017 | 22.349 | 0,92 |
| 2018 | 14.942 | -33,14 |
| 2019 | 20.707 | 38,58 |
| 2020 | 29.190 | 40,97 |
| Rata-rata | | 0,01 |

Tabel 7.
Impor Sodium Silikat Tahun 2016-2020

| Tahun | Impor (Ton) | Tren (%) |
|------------------|-------------|--------------|
| 2016 | 54.347 | 0 |
| 2017 | 60.580 | 11,47% |
| 2018 | 56.139 | -7,33% |
| 2019 | 45.832 | -18,36% |
| 2020 | 43.341 | -5,44% |
| Rata-rata | | -0,04 |

Tabel 8.
Kapasitas Pabrik Deterjen di Indonesia

| Nama Perusahaan | Lokasi | Kapasitas (ton/tahun) |
|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| PT Sunindo Bangun Kersana | Tangerang | 420.000 |
| PT Sayap Mas Utama | Cakung | 327.000 |
| PT Wings Surya | Gresik | 320.000 |
| PT Kao Indonesia | Bekasi | 189.650 |
| PT Oleochem dan Soap Industri | Medan | 172.000 |
| PT Unilever Indonesia | Surabaya | 169.700 |
| PT Cahaya Subur Prima | Tangerang | 150.000 |

yaitu 2019 sampai 2020 mengalami penurunan, kondisi ini dikarenakan tidak terlepas pengaruh virus corona yang melanda dunia, sehingga aktivitas produksi terganggu. Ekspor sodium silikat tahun 2016-2020 dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, selama periode 2016-2020 ekspor mengalami pertumbuhan positif, meskipun terbilang kecil rata-rata pertumbuhan volume pertahunnya mencapai 1,39%. Pada tahun 2016 volume ekspor sodium silikat tercatat sebesar 22.197 ton, kemudian pada tahun 2017-2018 ekspor terlihat mengalami penurunan yakni tercatat menjadi sebesar 15.015 ton tahun 2018. Pada tahun 2019 ekspor kembali melonjak menjadi sebesar 20.708 ton. Memasuki tahun 2020 ekspor kembali turun 0.39% menjadi hanya sebesar 20.627 ton. Impor sodium silikat tahun 2016-2020 dapat dilihat pada Tabel 7.

Meskipun sodium silikat telah dapat diproduksi di Indonesia, namun hingga saat ini impor sodium silikat masih dilakukan, meskipun terjadi penurunan. Selama periode 2016 – 2020 penurunan volume impor sodium silikat mencapai rata-rata pertahunnya sebesar -4,91%. Berdasarkan informasi Badan Pusat Statistik (BPS), impor sodium silikat pada tahun 2016 baru mencapai 54.347 ton, kemudian pada tahun 2017 meningkat 11,5% menjadi sebesar 60.580 ton. Namun demikian pada tahun 2018 impor terlihat mengalami penurunan menjadi 56.139 ton. Penurunan impor ini kemudian terus berlanjut pada tahun 2019 menjadi sebesar 45.832 ton. Bahkan pada tahun 2020 impor sodium silikat mengalami penurunan menjadi sebesar 43.341 ton

Tabel 9.
Daftar Pembangkit Listrik di Pulau Jawa

| Lokasi | Kapasitas Pembangkit Listrik (MW) |
|---------------|-----------------------------------|
| Jawa Timur | 10.042,87 |
| Jawa Barat | 9.621,36 |
| Jawa Tengah | 7.971,65 |
| Banten | 7.044,84 |
| DKI Jakarta | 4.590,60 |
| DI Yogyakarta | - |

Tabel 10.
Sumber Air di Provinsi Banten

| Sumber Air | Lokasi | Luas (Ha) |
|----------------------|--------------|-----------|
| Sungai Cidanau | Serang Barat | 22.620 |
| Sungai Cipasaura | Cilegon | 4.152 |
| Waduk Nadra Krenceng | Cilegon | 535,9 |

Tabel 11.
Data UMR untuk Provinsi Banten

| Kabupaten/Kota | Upah Minimum Kabupaten/Kota (Rp) |
|------------------------|----------------------------------|
| Kab. Pandeglang | 2.800.292.64 |
| Kab. Lebak | 2.751.313.81 |
| Kab. Serang | 4.215.180.86 |
| Kab. Tangerang | 4.320.792.65 |
| Kota Tangerang | 4.262.015.37 |
| Kota Tangerang Selatan | 4.230.792.65 |
| Kota Cilegon | 4.309.772.64 |
| Kota Serang | 3.830.549.10 |

Tabel 12.
Data Perbandingan Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi

| Perjalanan | Jarak (km) | Waktu |
|------------------------------|------------|----------------|
| Kab. Tangerang – Kab. Serang | 66,4 km | 1 jam 30 menit |
| Kota Cilegon – Kab. Serang | 24,5 | 48 menit |

Dari perhitungan dan data didapatkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan Sodium silikat atau waterglass di Indonesia, maka didirikan pabrik dengan kapasitas produksi 30% dari kebutuhan produksi yaitu 35.000 ton/tahun. Kapasitas produksi ini dipilih karena di Indonesia sendiri sudah terdapat banyak pabrik yang memproduksi sodium silikat, oleh karena itu dengan dipilihnya kapasitas tersebut diharapkan dapat mengurangi aktivitas impor serta memenuhi kebutuhan sodium silikat di dalam negeri. Kapasitas tersebut merupakan 30% dari prediksi kebutuhan sodium silikat di Indonesia pada tahun 2026. Proyeksi kebutuhan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan} = (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Impor})$$

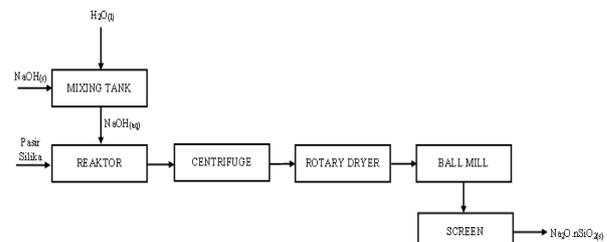
II. URAIAN PENELITIAN

A. Bahan Baku Proses

Bahan baku utama yang digunakan pada pembuatan natrium silikat adalah pasir silika/kuarsa dan sodium hidroksida. Pasir silika (*quartz sands*) merupakan pelapukan dari batuan beku asam seperti batu granit, gneiss atau batu beku lainnya yang mengandung mineral utama silika. Hasil pelapukan ini kemudian mengalami proses sedimentasi,

Tabel 13.
Perbandingan Proses Produksi Sodium Silikat

| Parameter | Proses Baker | Proses Brunner Mond |
|--|--|---|
| Kondisi Operasi | Suhu : 1200 – 1450°C Tekanan : 1 atm | Suhu : 200-300 °C Tekanan : 15-30 atm |
| Waktu Reaksi | 12 – 36 jam | 30 – 60 menit |
| Rasio SiO ₂ dan Na ₂ O | 2,8 – 3,2 | 1,9 – 2,3 |
| Bahan Baku | SiO ₂ dan Na ₂ CO ₃ | SiO ₂ dan NaOH |
| Alat Proses | - Menggunakan furnace untuk mereaksikan bahan baku | - Menggunakan reaktor tangki berpengaduk untuk mereaksikan bahan baku |
| Kekurangan | - Menghasilkan gas emisi - Memerlukan energi pembakaran yang cukup besar - Bahan yang digunakan lebih banyak dibanding <i>Brunner Mond</i> | - Memerlukan bahan konstruksi alat yang tahan korosif terhadap NaOH |



Gambar 1. Diagram blok proses secara umum.

terbawa air atau angin kemudian diendapkan di tepi-tepi sungai, danau atau pantai.

Bahan baku pembuatan sodium silikat selain pasir silika yaitu sodium hidroksida (NaOH) yang berfungsi sebagai zat pelebur/pelarut dari pasir silika. Sodium hidroksida sendiri merupakan bahan kimia dasar populer yang digunakan di berbagai Industri [3]

B. Lokasi dan Ketersediaan Utilitas

Pabrik sodium silikat ini akan dibangun pada tahun 2026. Adapun lokasi yang dipertimbangkan untuk pendirian pabrik ada dua, yaitu Kota Cilegon dan Kabupaten Serang, dimana keduanya masih terdapat dalam satu provinsi yang sama yakni Banten. Kami memilih Provinsi Banten karena pada Provinsi ini terdapat kawasan industri yang memiliki fasilitas serta *supply* komponen yang mendukung untuk menopang kegiatan proses produksi serta di Provinsi ini kami bisa untuk mendekati lokasi pasar yang akan kami tuju nantinya. Tabel 8 merupakan perbandingan ketersediaan utilitas dan target pasar diantara kedua lokasi yang akan digunakan sebagai lokasi pendirian pabrik Berdasarkan informasi yang diperoleh dari tabel 8 , untuk Provinsi Banten sendiri

Tabel 13.
Spesifikasi Produk Sodium Silikat

| Komponen | Berat (kg) | % Kadar |
|-------------------------------------|------------|---------|
| SiO ₂ | 52,5106 | 1,29% |
| Fe ₂ O ₃ | 8,4626 | 0,21% |
| Al ₂ O ₃ | 10,5783 | 0,26% |
| NaOH | 48,4032 | 1,19% |
| Na ₂ CO ₃ | 0,1400 | 0,00% |
| Na ₂ O.2SiO ₂ | 3.902,4135 | 96,04% |
| H ₂ O | 40,6314 | 1,00% |

memiliki dua perusahaan yang memproduksi deterjen, dimana dua perusahaan tersebut adalah PT Sunindo Bangun Kersana yang berlokasi di Kabupaten Tangerang dengan kapasitas produksi sebesar 420.000 ton/tahun, serta PT Cahaya Subur Prima yang berlokasi di Kabupaten Tangerang dengan kapasitas produksi sebesar 150.000 ton/tahun.

Tabel 9 bisa dilihat bahwa daerah Banten termasuk kedalam urutan keempat untuk urusan kapasitas terpasang pembangkit listrik (Mega Watt), pada tahun 2020 yakni sebesar 7.044,84 MW. Hal tersebut merupakan modal yang cukup bagus sebagai pertimbangan dalam penentuan lokasi pabrik. Karena memiliki supply energi listrik yang memadai demi kelangsungan produksi dalam suatu pabrik.

Menurut data yang telah terlampir pada data Tabel 10 bisa dinyatakan bahwa untuk kawasan industri yang ada di Provinsi Banten memiliki jumlah ketersediaan air yang memadai. Sehingga diharapkan pasokan supply air untuk kegiatan proses produksi dapat terpenuhi dengan baik.

Pada data yang terlampir di Tabel 11, bisa dilihat bahwa Upah Minimum Kabupaten (UMK), untuk dua daerah yang berpotensi dijadikan lokasi pendirian pabrik sodium silikat memiliki UMK sebesar Rp. 4.309.772.64, untuk Kota Cilegon dan Rp. 4.215.180.86, untuk Kab. Serang. Data perbandingan aksesibilitas dan fasilitas transportasi dapat dilihat pada Tabel 12.

Setelah melalui beberapa pertimbangan diatas, selanjutnya kami memutuskan bahwa akan membangun pabrik sodium silikat di Kawasan Industri Pancatama, Jl. Pancatama, Nambo Ilir, Kec. Kibin, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Hal tersebut karena pada daerah tersebut memiliki beberapa keunggulan yakni lebih dekat dengan lokasi bahan baku dan target pasar, memiliki pembangkit listrik yang memadai, supply air yang mencukupi, serta angka UMK yang rendah.

C. Teknologi Produksi dan Seleksi Proses

Proses pembuatan natrium silikat dapat dilakukan dengan 2 proses yaitu Proses Baker dan Proses Brunner Mond. Fasa produk yang dihasilkan dari tiap proses bisa saja sama tergantung yang diinginkan oleh pabrik. Proses Baker dan Brunner Mond menghasilkan produk dengan fasa cair atau padat. Perbandingan antara proses baker dan brunner mond ditunjukkan pada Tabel 13.

Dari kedua proses pembuatan sodium silikat yang diuraikan diatas, berdasarkan beberapa pertimbangan yang akan diuraikan dibawah, pabrik akan dirancang menggunakan proses kedua yakni Brunner Mond, dimana pasir silika (SiO₂) akan direaksikan dengan natrium hidroksida (NaOH). Adapun alasan utama dalam pemilihan proses ini adalah karena sodium silikat yang dihasilkan mempunyai rasio konversi yang sesuai dengan spesifikasi

produk deterjen yaitu sodium silikat grade deterjen, dengan rasio konversi sebesar 2,0-2,3. Sebaliknya pada proses pertama yaitu proses Baker, menghasilkan sodium silikat dengan rasio konversi yang melebihi dari ambang batas untuk spesifikasi produk deterjen, yakni sebesar 2,8 - 3,2.

D. Proses Produksi Terpilih

Proses pembuatan sodium silikat dari pasir silika dan sodium hidroksida dibagi dalam beberapa tahapan, yaitu :

- 1 Tahap Persiapan Bahan Baku
- 2 Tahap Reaksi Pembentukan Sodium Silikat
- 3 Tahap Pemisahan Produk

Diagram balok secara umum untuk proses produksi terpilih pembuatan bioetanol dari limbah jerami padi dapat dilihat pada Gambar 1.

E. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter untuk mengetahui kelayakan pendirian suatu pabrik. Untuk menentukan kelayakan secara ekonomi, perlu diperhatikan perhitungan parameter analisa ekonomi yang meliputi, BEP (*Break Event Point*), NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*), POT (*Pay Out Time*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah pasir silika (SiO₂) dan natrium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 98% yang seluruhnya berupa padatan. Pasir silika dan natrium hidroksida (NaOH) yang telah diperoleh dari *supplier* masing-masing akan disimpan dalam gudang penyimpanan untuk menyimpan kedua bahan tersebut dengan kondisi operasi suhu 30°C dan tekanan 1 atm sebelum diproses lebih lanjut. Kemudian natrium hidroksida (NaOH) padat dengan suhu 30°C akan diumpankan menuju ke *mixer* dengan menggunakan *belt conveyor* dan *bucket elevator* untuk mengalami pelarutan terlebih dahulu menggunakan air proses yang memiliki suhu 30°C hingga mencapai konsentrasi 50%. Dalam proses pelarutan ini larutan NaOH akan mengalami peningkatan suhu hingga menjadi 50°C dikarenakan adanya reaksi eksotermis yang terjadi selama proses pelarutan. Selanjutnya setelah mengalami proses pelarutan dalam *mixer*, larutan NaOH akan mengalami kenaikan tekanan hingga 27 atm dengan menggunakan pompa kemudian selanjutnya larutan NaOH akan mengalami pemanasan pada *heat exchanger* hingga mencapai suhu 220°C. Pemanasan ini berfungsi untuk menyamakan suhu dengan kondisi operasi yang terdapat di reaktor. Kemudian setelah melalui proses pemanasan, larutan NaOH akan menuju ke reaktor untuk direaksikan dengan pasir silika. Sementara itu pasir silika dari gudang penyimpanan akan diumpankan menuju reaktor menggunakan *belt conveyor* dan *bucket elevator*.

B. Tahap Reaksi Pembentukan Sodium Silikat

Pasir silika (SiO₂) dan natrium hidroksida (NaOH) yang telah diumpankan di reaktor akan direaksikan. Reaksi akan terjadi pada tekanan 27 atm dengan suhu 220°C. Berikut merupakan mekanisme reaksi yang terjadi:



Dimana pada reaksi diatas NaOH berperan sebagai *excess reactant*, agar pasir silika dapat terkonversi seluruhnya. Selanjutnya produk keluaran reaktor yang masih bertekanan 27 atm dengan suhu 220°C akan mengalami penurunan suhu terlebih dahulu dengan menggunakan *cooler* hingga mencapai suhu 90°C. Selanjutnya produk tersebut akan diturunkan tekanannya hingga mencapai 1 atm dengan menggunakan *expander valve*.

C. Tahap Pemurnian

Selanjutnya setelah tahap reaksi pembentukan produk akan ditampung sementara dalam tangki. Selanjutnya produk akan mengalami pemurnian dalam *centrifuge* untuk memisahkan produk dengan larutan NaOH yang masih tersisa. Selanjutnya produk keluaran *centrifuge* akan mengalami proses pengeringan dalam *rotary dryer* menggunakan udara panas dengan suhu 110°C yang di supply dari *heat exchanger* hingga kemurnian produk mencapai 96%. produk keluaran *rotary dryer* dengan suhu 34°C akan diteruskan dengan menggunakan *cooling conveyor* menuju *ball mill* untuk mengalami proses penghalusan. Dalam pemindahan produk keluaran *rotary dryer* menuju *ball mill* menggunakan *cooling conveyor* produk akan mengalami penurunan suhu hingga mencapai 30°C. Selanjutnya produk yang telah mengalami proses penghalusan pada *ball mill* akan diteruskan menuju *screen* untuk mengayak produk sesuai dengan ukuran partikel yang diinginkan yakni 100 *mesh*. Selanjutnya setelah melalui proses pengayakan pada *screen* produk sodium silikat akan diangkut menggunakan *belt conveyor* dan *bucket elevator* menuju ke tangki penyimpanan dengan kondisi operasi penyimpanan suhu 30°C dan tekanan 1 atm.

Berikut spesifikasi produk akhir sodium silikat dari proses *Brunner Mond* dari pasir silika dan sodium hidroksida (NaOH) sebagai berikut.

D. Neraca Massa dan Energi

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa untuk pabrik sodium silikat dari pasir silika dan sodium hidroksida ini membutuhkan bahan baku yaitu sodium hidroksida (NaOH) sebesar 50.740,3240 ton/tahun dan pasir silika sebesar 25.370,1620 ton/tahun untuk memproduksi sodium silikat sebanyak 35.000 ton/tahun.

Untuk mencari kebutuhan panas total yang dibutuhkan pada pabrik ini, maka dihitung kebutuhan panas dari masing-masing alat yang menggunakan steam sebagai tambahan energinya, sebelumnya telah melakukan perhitungan neraca energi sehingga dalam kebutuhan panas ini menggunakan data entalpi yang telah dihitung, dimana massa steam yang dibutuhkan pada pabrik sodium silikat ini sebesar 22.056,9675 kg/jam dan kebutuhan energi sebesar 37.818.876,3601 kJ/jam.

E. Analisa Ekonomi

Pabrik sodium silikat ini didirikan dengan memerlukan biaya investasi yang meliputi modal sendiri sebesar 40% dan modal pinjaman sebesar 60% dengan bunga pinjaman Bank sebesar 5,96% per tahun [3].

Berdasarkan hasil perhitungan untuk analisa ekonomi dengan estimasi masa konstruksi 2 tahun dan umur pabrik 11 tahun, maka dengan masa operasi selama 330 hari per tahun

diperoleh interpretasi modal atau CAPEX (*Capital Expenditures*) sebesar Rp233.729.589.695,88; modal kerja atau WCI (*Working Capital Investment*) sebesar Rp29.880.029.282,45; modal total atau TCI (*Total Capital Investment*) sebesar Rp199.200.195.216,33. selain itu diperoleh pula biaya produksi pabrik atau OPEX (*Operating Expenditures*) sebesar Rp208.673.766.783,37. Biaya produksi ini diperoleh dari penjumlahan nilai *Direct Production Cost (DPC)*, *Fixed Cost (FC)*, *Plant Overhead Cost (POC)* dan *General Expenses (GE)*.

Parameter lain yang diperlukan dari analisa ekonomi ini juga perolehan nilai titik impas atau BEP (*Break Even Point*) sebesar 26,95% dengan IRR (*Internal Rate of Return*) atau laju pengembalian modal sebesar 25,62% untuk laju inflasi sebesar Rp1.597.606.840 per tahun. Untuk waktu pengembalian modal atau POT (*Pay Out Time*) sebesar 3 tahun 8 bulan.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pabrik sodium silikat dari pasir silika dan sodium hidroksida ini akan didirikan untuk memenuhi kebutuhan sodium silikat dalam negeri. Pabrik sodium silikat akan didirikan di kabupaten Serang, Banten dengan estimasi waktu mulai produksi pada tahun 2026. Perencanaan pabrik ini akan beroperasi selama 24 jam / hari selama 330 hari /tahun dengan kapasitas sebesar 35.000 ton/tahun.

Pabrik ini akan mengolah sodium silikat dengan bahan baku utama pasir silika sebesar 25.370,1620 ton/tahun dan sodium hidroksida (NaOH) sebesar 50.740,3240 ton/tahun yang akan beroperasi selama dua tahun selama 11 tahun umur pabrik dengan jumlah tenaga kerja yaitu 224 orang/hari. Kebutuhan panas dari masing-masing alat yang menggunakan steam sebagai tambahan energinya dengan massa steam yang dibutuhkan dalam produksi pabrik bioetanol ini sebesar 22.056,9675 kg/jam dan kebutuhan energinya sebesar 37.818.876,3601 kJ/jam.

Terdapat tiga tahapan utama dalam proses pembuatan sodium silikat dari pasir silika dan sodium hidroksida, yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap reaksi pembentukan sodium silikat, dan tahap pemurnian produk. Produksi dimulai dengan sodium hidroksida 98%wt dilarutkan menggunakan air hingga konsentrasi berat 50%, kemudian larutan sodium hidroksida tersebut dipanaskan dan dinaikkan tekanannya hingga mencapai kondisi operasi pada reaktor. Pada reaktor sodium hidroksida diinputkan dengan dan setelahnya diikuti pasir silika untuk dilakukan reaksi pembentukan sodium silikat. Produk yang dihasilkan kemudian dilakukan proses sentrifugasi untuk memisahkan antara produk sodium silikat dengan sisa larutan yang tidak bereaksi, setelah itu produk dikeringkan menggunakan *rotary dryer* untuk mengurangi kadar air sehingga diperoleh produk sodium silikat dengan kemurnian 96%. Produk yang telah dikeringkan dilakukan reduksi ukuran sehingga diperoleh sodium silikat dengan ukuran 100 mesh.

Dua aspek perhitungan analisa ekonomi dalam mendirikan pabrik bioetanol dari limbah jerami padi dengan proses fermentasi yaitu aspek pembiayaan dan investasi.

A. Pembiayaan

| | | |
|--|---|-----------------------|
| Pembiayaan terdiri dari: Modal Tetap (FCI) | : | Rp169.320.165.933,88, |
| Modal Kerja (WCI) | : | Rp29.880.029.282,45. |
| Investasi Total (TCI) | : | Rp199.200.195.216,33. |
| Harga Bahan Baku per tahun | : | Rp90.267.836.928. |
| Total Penjualan per tahun | : | Rp298.631.550.000. |
| Penaksiran modal (CAPEX) | : | Rp233.729.589.695,88. |
| Biaya produksi (OPEX) | : | Rp208.673.766.783,37. |

B. Investasi

Investasi terdiri dari :*Break Event Point* (BEP) : 26,95%
Internal Rate of Return : 25,62% dengan perbandingan lebih besar dari bunga bank yaitu 5,96% pertahunnya. Laju inflasi : Rp1.597.606.840 per tahun .*Pay Out Time* : 3 tahun 8 bulan,

dalam kurun waktu yang cukup singkat jika dibandingkan dengan penafsiran umur pabrik selama 11 tahun. NPV : + Rp223.393.866.177, NPV>0, sehingga NPV bernilai positif.

Dari hasil uraian diatas, segi teknis dan ekonomis pabrik sodium silikat dari pasir silika dan sodium hidroksida layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. Citra Cendekia Indonesia, " Prospek Industri dan Pemasaran Sodium Silicate di Indonesia," Bekasi, 2021.
- [2] J. M. , & R. J. F. Coulson, *Chemical Engineering*, vol. 6. New York: Pergamon Press, Inc, 1989.
- [3] C. , & B. J. Kurt, *Sodium Hydroxide. In Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry*. Leverkusen, Germany: Willey Online Library: Bayer Material Science AG, 2006. doi: https://doi.org/10.1002/14356007.a24_345.pub2.