

PRARANCANGAN PABRIK SILIKA PRESIPITASI DARI ABU AMPAS TEBU DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Riska Wulandari¹, Risa Dwi Irwani^{1,*}, Rr. Sekar Wulandari Jayahadiningrat DM¹, Bektu Palupi¹, Gaguk Jatisukanto¹, Helda Wika Amini¹, Meta Fitri Rizkiana¹

¹Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember

*Corresponding Author: risadwi295@gmail.com

Abstrak

Pabrik silika presipitasi merupakan pabrik yang memproduksi silika dioksida (SiO_2) berbentuk bubuk dengan menggunakan abu ampas tebu, natrium hidroksida (NaOH), dan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai bahan baku utama. Pabrik ini dirancang berdiri di Kalibaru, Banyuwangi, Jawa Timur dengan kapasitas 20.000 ton/tahun selama 330 hari. Proses yang terjadi dibagi menjadi 3 bagian utama yaitu, pretreatment, reaksi, dan pemurnian. Proses pretreatment yaitu dengan mempersiapkan bahan baku abu ampas tebu kemudian direaksikan dengan natrium hidroksida (NaOH) sehingga didapatkan natrium silikat. Proses utama dalam pabrik ini yaitu asidifikasi larutan alkali silikat dengan mereaksikan natrium silikat ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2$) asam sulfat (H_2SO_4). Reaksi terjadi pada suhu 90°C selama 30 menit di dalam reaktor dengan sistem Continuous Flow Stirred-Tank Reactor (CSTR). Pemurnian produk dilakukan dengan menggunakan alat bantu rotary drum vacuum filter (RDVF). Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan berbagai pertimbangan dan jumlah karyawan sebanyak 173 orang. Pabrik layak didirikan berdasarkan evaluasi ekonomi yang meliputi Annual Cash Flow (ACF) sebesar 37,37%, Pay Out Time (POT) sebesar 2,75 tahun, Net Profit Over Total Life of the Project (NPOTLP) sebesar US\$ 58.326.540,16; Total Capital Sink (TCS) sebesar US\$ 49.586.453,54, Rate of Return (ROR) sebesar 28,37%, Discounted Cash Flow sebesar 37%, dan Break Event Point (BEP) sebesar 42%.

Kata kunci: Silika presipitasi, abu ampas tebu, reaktor Continuous Flow Stirred-Tank Reactor (CSTR)

1. Pendahuluan

Provinsi Jawa Timur merupakan produsen tebu yang terbesar di Pulau Jawa dengan menyumbang 47% dari total tebu daerah (BPS, 2023). Limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan gula yaitu ampas tebu. Ampas tebu sebelum dibuang ke lingkungan, dilakukan pengolahan dengan proses pembakaran sehingga menghasilkan abu ampas tebu (Xu, 2018). Pembakaran ampas tebu dalam pabrik gula terjadi di boiler. Boiler digunakan untuk menyediakan uap yang dimanfaatkan untuk proses dalam pembuatan gula. Proses tersebut menghasilkan abu dalam jumlah 10% dari total massa tebu yang diproses (Megawati, 2018). Salah satu pabrik gula terbesar di Jawa Timur yaitu Pabrik Gula Glenmore yang terletak di Glenmore, Banyuwangi, Jawa Timur. Kapasitas produksi Pabrik Gula Glenmore sebesar 6.000-8.000 ton *cane per day* (tcd). Dari kapasitas produksi tersebut, total abu ampas tebu yang dihasilkan mencapai 600-800 ton per hari. Abu ampas tebu mengandung kadar silika (SiO_2) tinggi sekitar 88,2% (Xu, 2018). Kandungan silika yang tinggi dalam abu ampas tebu berpotensi sebagai bahan pembuatan silika presipitasi. Silika presipitasi merupakan senyawa non logam dengan komposisi

utama SiO_2 . Manfaat silika presipitasi yaitu untuk bahan penguat produk elastis seperti karet (sepatu olahraga dan ban), industri kertas (sebagai *filler*), industri cat (sebagai *antifoam agent*) dan sebagai *cleaning agent* pada pasta gigi (Ullmann, 2005). Data produksi silika presipitasi di Indonesia berdasarkan pada data pabrik silika presipitasi adalah sebesar 44.000 ton/tahun. Data ekspor dan impor dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Data Produksi Silika Presipitasi di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
2018	49.807,24	7.985,11
2019	50.971	9.449,11
2020	43.359	12.870,20
2021	61.486	14.893,49
2022	67.141	15.437,18

(Sumber: BPS, 2022)



Tabel 2 Data Pertumbuhan Impor dan Ekspor Silika Presipitasi Tahun 2018–2022

Tahun	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
2018 – 2019	0,023	0,183
2019 – 2020	-0,149	0,362
2020 – 2021	0,418	0,157
2021 – 2022	0,091	0,036
Rata-rata pertumbuhan	0,096	0,184

Berdasarkan data tersebut, untuk mengetahui perkiraan kebutuhan produksi silika presipitasi di Indonesia pada tahun rancangan pendirian pabrik silika presipitasi baru, 2030 adalah dengan menggunakan persamaan berikut (Ulrich, 1984).

$$F = P (1 + i)^n$$

Keterangan:

F = Besar kebutuhan silika presipitasi tahun 2030

P = Besarnya ekspor dan impor pada saat perancangan (ton/tahun)

i = Data kenaikan rata-rata

n = Nilai selisih antara tahun perancangan dan tahun rencananya berdiri (tahun ke-n)

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa kapasitas pabrik yang akan didirikan sebesar 156.000 ton/tahun. Silika presipitasi yang akan didirikan berdasarkan pada kapasitas pabrik yang didirikan tidak lebih besar dari pabrik yang telah didirikan adalah sebesar 13% dari hasil perhitungan, yaitu berkapasitas 20.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

Perbandingan pada masing-masing proses silika presipitasi secara singkat dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3 Perbandingan setiap proses

Parameter	Proses Kering	Proses Basah
Bahan baku	SiCl ₄	Na ₂ O.3SiO ₂
Suhu reaksi (°C)	1800-2000	80-90
Konversi	>90%	99,4%
Kemurnian produk	>90%	>98%
Kelebihan	Prosesnya sederhana	Produk yang dihasilkan ukurannya seragam
Kekurangan	Suhu tinggi	Suhu tinggi

Beberapa biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan silika presipitasi adalah abu ampas tebu dan abu sekam padi. Seleksi bahan baku pembuatan silika dengan menggunakan metode asidifikasi larutan alkali silikat dari beberapa biomassa dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Proses pembentukan silika presipitasi yang digunakan dalam pabrik ini yaitu asidifikasi larutan alkali silikat. Pemilihan proses ini dilakukan dengan pertimbangan beberapa hal, kemurnian produk yang dihasilkan cukup tinggi 98%, konversi dari bahan baku menjadi produk sebesar 99,4%, proses yang digunakan merupakan proses umum pada pabrik-pabrik yang telah berdiri, dan dalam penggunaan bahan baku lebih ekonomis dibandingkan dengan proses lainnya. Bahan baku yang dipilih yaitu dari abu ampas tebu karena tersedia banyak di lingkungan sekitar, harga murah, dan merupakan jenis limbah yang belum dimanfaatkan.

Tabel 4 Perbandingan metode asidifikasi larutan alkali silikat pada abu ampas tebu dan abu sekam padi

Parameter	Abu ampas tebu	Abu sekam padi
Suhu reaksi (°C)	80-90	80-90
Kelebihan	Banyak tersedia dan mudah didapatkan	Kandungan SiO ₂ lebih banyak (> 90%)
Kekurangan	Kandungan SiO ₂ sedikit (>80%)	Dilakukan pembakaran terlebih dahulu, sehingga proses lebih rumit dan biaya lebih mahal

2.2 Uraian Proses Terpilih

Produksi silika presipitasi dari abu ampas tebu dengan proses asidifikasi alkali silikat terdiri dari beberapa proses, antara lain:

1. Reaksi pembentukan Natrium Silikat

Abu ampas tebu sebanyak dari tempat penyimpanan abu ampas tebu, melewati *belt conveyor* (J-112 A) dan *bucket elevator* (J-112B) untuk dilakukan ekstraksi dengan NaOH (2 M) di *leaching*





tank (D-110). Sebelumnya, NaOH melewati sebuah *belt conveyor* (J-113A) dan *bucket elevator* (J-113B) untuk dilarutkan di tangki pelarutan NaOH (M-114) dengan penambahan H₂O. NaOH terlarut kemudian dipompa dan dipanaskan hingga mengalami peningkatan suhu dari 30 °C ke 120 °C menuju *Leaching Tank* (D-110), diperoleh Natrium Silikat dan residu yang merupakan komponen sisa dari kandungan abu ampas tebu. Konversi abu ampas tebu menjadi natrium silikat adalah sekitar 75%. Reaksi yang terjadi antara abu ampas tebu dan NaOH sehingga menghasilkan natrium silikat. Hasil dari proses ekstraksi yaitu natrium silikat yang akan digunakan sebagai umpan utama ke reaktor dan padatan sisa ekstraksi yang keluar melalui bawah *leaching tank* diarahkan menuju IPAL.

2. Proses Penyiapan Bahan Baku

Natrium silikat hasil ekstraksi didinginkan di dalam cooler (E-112) supaya dapat bereaksi dengan bahan baku. Asam sulfat konsentrasi 98% diencerkan di dalam tangki pengenceran asam sulfat (M-214B) menjadi konsentrasi 5%. Penggunaan asam sulfat encer dengan konsentrasi 5% berat bertujuan untuk menjaga reaksi berjalan pada suasana sedikit asam atau mendekati netral. Penggunaan asam sulfat encer tersebut dapat mempengaruhi produk yang dihasilkan, karena jika reaksi berjalan pada suasana terlalu asam maka produk akan membentuk *silica gel*. Asam sulfat kemudian dipompa menuju *cooler* untuk diturunkan hingga suhunya menjadi 90 °C untuk kemudian dialirkan ke tangki reaktor (R-210).

3. Proses Reaksi

Reaksi untuk mendapatkan produk utama (SiO₂) berlangsung di dalam reaktor CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*). Asam sulfat dan natrium silikat diumpan ke CSTR untuk bereaksi. Reaksi asidifikasi natrium silikat berlangsung pada suhu 90 °C dengan tekanan 1 atm pada fase cair-cair dan bersifat eksotermis, sehingga melepaskan sejumlah panas selama proses reaksi berlangsung. *Cooling water* diperlukan sebagai media pendingin dengan proses menyerap panas yang terjadi selama reaksi karena terjadi kenaikan suhu yang tidak diinginkan ketika proses reaksi berlangsung. Keluaran hasil reaksi dari reaktor berbentuk *slurry*. Produk yang keluar dari reaktor melalui proses reaksi asidifikasi natrium silikat antara lain silika presipitasi, natrium sulfat, dan air.

4. Proses Filtrasi

Campuran *slurry* tersebut dipompa menuju *rotary drum vacuum filter* (H-220) yang mana *slurry* dicuci dengan air untuk menghilangkan elektrolit. Bekas air pencuci (*wash water*) dan elektrolit (*filtrate*) ditransfer ke proses pengolahan limbah (*Effluent Treatment Plant*). Sedangkan padatan berupa silika akan dialirkan menuju *rotary dryer* untuk dikeringkan.

5. Proses Pemurnian Produk

Padatan silika yang keluar dari *rotary vacuum filter* tersebut kemudian ditransportasikan dengan menggunakan *screw conveyor* (J-221) yang kemudian akan masuk ke *rotary dryer* (B-320) untuk dihilangkan kandungan airnya, sehingga dapat mengalami kenaikan kemurnian pada produk yaitu yang memenuhi spesifikasi pada keinginan pasar.

Proses pengeringan pada *rotary dryer* dilakukan menggunakan udara yang telah dipanaskan dengan *saturated steam* dan suhu udara yang keluar dari *rotary dryer*.

6. Proses Penyimpanan Produk

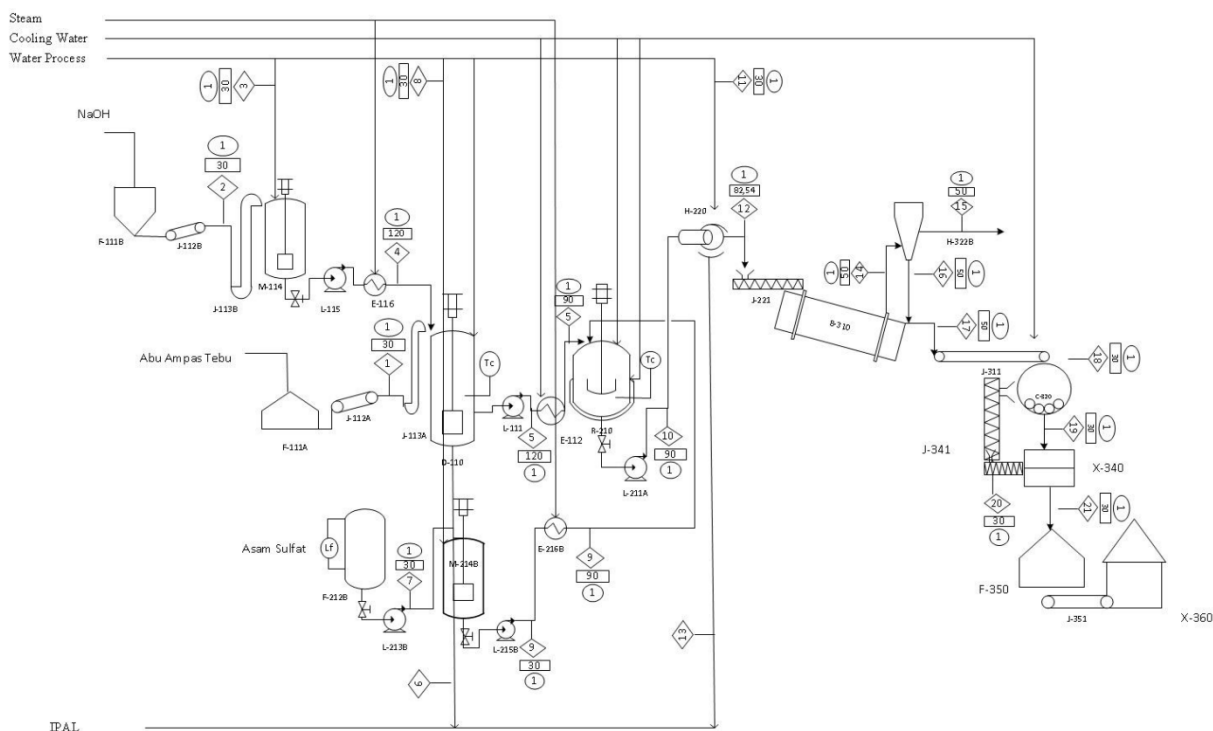
Silika presipitasi yang keluar dari *rotary dryer* kemudian akan ditransportasikan menggunakan *cooling conveyor* (J-311) menuju *ball mill* (C-330) untuk dilakukan *proses size reduction* dengan ukuran partikel mencapai minimal 100 mesh. Dengan begitu produk turun suhunya menjadi 30 °C. Silika presipitasi yang lolos dari *ball mill* kemudian masuk pada hopper penyimpanan (F-350). Produk yang tidak lolos seleksi akan dikembalikan ke *ball mill* (C-330) dan dilakukan *proses size reduction* ulang sehingga ukuran partikelnya menjadi homogen. Kemudian produk ditransportasikan menggunakan *belt conveyor* (J-352) menuju gudang (X-360) untuk disimpan pada suhu 30 °C dengan tekanan 1 atm.

3. Utilitas

Utilitas pada suatu pabrik diperlukan untuk mendukung dan menunjang keberlangsungan suatu proses dalam pabrik. Terdapat beberapa sarana unit pendukung proses yang digunakan dalam perancangan pabrik silika presipitasi dari abu ampas tebu yaitu sebagai berikut:



PRARANCANGAN PABRIK SILIKA PRESIPITASI DARI ABU AMPAS TEBU DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



Kode	Nama Alat
J-112A	Belt Conveyor
J-113A	Bucket elevator
J-112B	Belt Conveyor
J-113B	Bucket elevator
F-111A	Hopper abu ampas tebu
F-111B	Hopper NaOH
M-114	Tangki pelarutan NaOH
D-110	Reaktor ekstraksi
L-111	Pompa sentrifugal
L-115	Pompa sentrifugal
E-116	Heater NaOH
E-112	Cooler Natrium silikat
F-212B	Tangki penyimpanan asam sulfat
M-214B	Tangki pengenceran asam sulfat
R-210	Reaktor presipitasi
L-213B	Pompa sentrifugal
L-215B	Pompa sentrifugal
L-211A	Pompa sentrifugal
E-216B	Heater H ₂ SO ₄
H-220	Rotary Drum Vacuum Filter
J-221	Screw conveyor
B-320	Rotary dryer
H-322B	Cyclone separator
J-311	Cooling conveyor
C-330	Ball mill
X-340	Vibrating screen
J-341	Screw conveyor
J-351	Belt conveyor
F-350	Hopper produk
X-360	Gudang penyimpanan produk
Simbol	Keterangan
◇	Arus
○	Suhu
□	Tekanan
⊖	Temperature Controller
⊕	Level Indikator
⊖	Low Frequency
⊖	Control Valve
—	Pipa
----	Non Pipa

Komponen	Nomor Arus																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Al ₂ O ₃	89,85					89,85																
K ₂ O	70,32					70,32																
MgO	35,16					35,16																
CaO	42,97					42,97																
P ₂ O ₅	31,25					31,25																
Na ₂ O	35,16					35,16																
SO ₃	35,16					35,16																
Fe ₂ O ₃	199,24					199,24																
SiO ₂	3367,47					841,87				2510,45		2510,45		25,10	0,25	24,85	2485,35	2510,20	2522,75	12,55	2510,14	
Na ₂ O·3SiO ₂					3395,54					20,37			20,37									
NaOH		1122,49		1122,49																		
H ₂ SO ₄						1512,56		1512,56	145,76				145,76									
H ₂ O			12869,93	12869,93	13122,49		30,87	28707,72	28738,59	42112,12	9353,83	369,57	51096,39	367,08	367,08			2,49	2,49	2,50	0,01	2,49
Na ₂ SO ₄										1980,47												
Suhu	30	30	30	120	90		30	30	90	90	30	82,54		50				50	30	30	30	30
Tekanan	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1				1	1	1	1	1
Total Entalpi		1627,276	24885,739	26013,02	540291,46		1554,27	51391,94	762676,08	8568129,11		3617717,78		327296,28				327296,28	1206,26			

Gambar 1. Flow Diagram Process

DIAGRAM ALIR PROSES
PRA-RANCANGAN PABRIK SILIKA PRESIPITASI DARI ABU AMPAS
TEBU DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh:

Riska Wulandari 201910401113	Dosen Pembimbing Utama Ir. Bakti Palupi S.T., M.Eng NIP. 198905272022032008
Risa Dwi Irwani 201910401059	Dosen Pembimbing Anggota Dr. Ir. Gaguk Jatusukanto, S.T., M.T. NIP. 196902091998021001

Rr. Sekar Wulandari Jayahadimngrat DM
201910401057

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

A. Unit Pengolahan Air

Sumber utama kebutuhan air dari sungai besar Kalibaru Manis yang secara langsung karena wilayah yang akan dibangun sebagai wilayah pabrik. Sedangkan sumber cadangannya yaitu dari Sungai Sumberbaru. Adapun proses pengolahan air terdiri dari pengambilan air, pra-sedimentasi, penjernihan, penyaringan, desinfektan, demineralisasi, dan deareasi.

Total kebutuhan air pada pabrik silika presipitasi dirangkum pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5 Total Kebutuhan Air

Kebutuhan	Jumlah (kg/jam)
Air Sanitasi	605,5
Air Pendingin	2.520.669,508
Air umpan Boiler	31.223,525
Air Proses	50.931,485
Total	2.603.430,019

B. Unit Pengadaan Steam

Pabrik silika presipitasi menggunakan *steam* untuk menyuplai kebutuhan panas pada leaching tank dan pada heater. Pemenuhan kebutuhan *steam* menggunakan satu buah boiler dengan jenis *fire tube boiler*.

C. Unit Pengadaan Tenaga Listrik

Kebutuhan tenaga listrik di pabrik silika presipitasi ini dipenuhi oleh Pembangkit Listrik Negara (PLN) dan generator yang digunakan sebagai cadangan apabila terdapat gangguan.

D. Unit Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada generator dan boiler. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah *diesel fuel* yang diperoleh dari Pertamina. Pertimbangan menggunakan bahan tersebut yaitu harganya relatif murah, mudah didapatkan, mempunyai nilai heating value relatif tinggi, dan Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat.

E. Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dalam pabrik silika presipitasi akan dikirimkan ke badan yang berkenang yaitu menuju *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) dikarenakan untuk pengelolaan limbah B3 harus sudah memiliki perizinan yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup sesuai dengan peraturan yang berlaku, sehingga pabrik tidak dapat mengelola limbah B3 secara mandiri. Adapun WWTP yang akan kami jalin kerjasama yaitu PT Kalam Leverage Mulia. Perusahaan ini terletak di Surabaya, Jawa Timur sebagai perusahaan IPAL, WTP, STP, dan WWTP.

F. Faktor Keselamatan

Keselamatan kerja dalam suatu pabrik menjadi hal yang pokok dan sangat penting untuk diperhatikan dalam menjalankan sebuah proses produksi. Dengan adanya keamanan dan keselamatan yang terjamin akan minimnya juga kecelakaan yang terjadi dan memperlancar proses produksi tersebut sendiri, demikian juga sebaliknya

4. Manajemen Perusahaan

Pabrik silika presipitasi dengan kapasitas 20.000 ton/tahun direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan total sebesar 173 karyawan. Jam kerja karyawan disesuaikan dengan peraturan yang ada yaitu 8 jam/hari. Penentuan gaji berdasarkan pada standar UMR yang ada di Kota Banyuwangi yaitu sebesar Rp. 2.665.392,00.

5. Analisis Ekonomi

Evaluasi ekonomi dalam perancangan pembangunan suatu pabrik kimia diperlukan untuk dapat mengetahui apakah pabrik tersebut layak untuk didirikan atau tidak layak. Maka dari itu, dalam perancangan desain pembangunan pabrik kimia Silika Presipitasi dari Abu Ampas Tebu ini perlu dilakukan evaluasi ekonomi untuk mengetahui kelayakan pembangunan pabrik kimia. Beberapa aspek yang diperhatikan dalam perancangan desain pembangunan pabrik kimia yaitu, total modal, ongkos produksi, keuntungan selama pabrik kimia beroperasi, lama waktu pengembalian modal, laju pengembalian dan *break event point*. Adapun hasil evaluasi ekonomi dirangkum pada tabel 6.

6. Kesimpulan

Pabrik Silika Presipitasi ini akan didirikan di daerah Kalibaru, Banyuwangi dengan waktu operasi selama 330 hari/tahun secara kontinyu. Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini yaitu Perseroan Terbatas (PT) dengan total karyawan sebanyak 173 orang. Berdasarkan pada analisa ekonomi yang dilakukan, Pabrik Silika Presipitasi dari Abu Ampas Tebu dengan Kapasitas 20.000 ton/tahun layak untuk didirikan.



Tabel 6 Kesimpulan evaluasi ekonomi

No.	Parameter	Hasil	Syarat Layak	Kesimpulan
1.	Annual Cash Flow (ACF)	37,37%	Lebih besar dari bunga bank (6,25%)	Layak didirikan
2.	Waktu pengembalian modal	3,02 tahun	Lebih kecil dari setengah umur pabrik (5 tahun)	Layak didirikan
3.	Pay Out Time (POT)	2,75 tahun	Lebih kecil dari setengah umur pabrik (5 tahun)	Layak didirikan
4.	Rate of Return (ROR)	28,73%	Lebih besar dari bunga bank (6,25%)	Layak didirikan
5.	Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF – ROR)	37%	Lebih besar dari bunga bank (6,25%)	Layak didirikan
6.	Break Event Point (BEP)	42%	40%-50%	Layak didirikan

Daftar Pustaka

- BPS. 2022. Data Ekspor Impor Silika Presipitasi 2018-2022.
- BPS. 2022. Kabupaten Banyuwangi. Badan Pusat Statistik Kabupaten Banyuwangi.
- BPS. 2023. Statistik Tebu Indonesia Pada Tahun 2019-2021.
- Feranika, N., dan E. N. Dewi. 2023. Analisis Ekonomi Pra Rancangan Pabrik Kimia Pembuatan Bubuk Kaldu Jamur Tiram Kapasitas 5000 Ton/Tahun. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(1), 50–58.
- Kemenperin. 2023. Kapasitas Produksi Perusahaan Perseroan (persero) PT Industri Indonesia.
- Megawati, F., D. S., Putri, R. D. A. Fianti, dan F. A. Simalango. 2018. Synthesis of Silica Powder from Sugar Cane Bagasse Ash and Its Application as Adsorbent in Adsorptive-distillation of Ethanol-water Solution. *Matec Web of Conferences*. 7(3): 88-95.
- Perdana Y., H. Susanto, dan Y. S. Ekwandari. 2019. Dinamika Industri Gula Sejak *Cultuurstelsel* Hingga Krisis *Malaise* Tahun 1830-1929. *Jurnal Program Studi Pendidikan Sejarah*. 4(2). 227-242.
- Putri C. A., dan A. Octova. 2023. Produktivitas Mosher II Penambangan Silika Tambang Kuari PT Semen Padang. *Jurnal bina tambang*. 8(1). 105-112.
- Saiki, K., dan T. Ishikawa. 2021. Controlling Factors of the Particle Size of Spherical Silica Synthesized by Wet and Dry Process. *European Journal of Engineering and Technology Research* 6(7): 118-121.
- Sastrohamidjojo H. 2018. *Kimia Organik: Streokimia, Karbohidrat, Lemak, dan Protein*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Thifari, M. F. 2015. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu pada Beton Geopolymer*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta Press.
- Ullmann, F. dan W. Gerhartz. 2005. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. California: VCH.
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design Economics*. Wiley: New York.
- Widyasari, W. B. dan A. R. Puspitasari. 2021. Historical noter, germplasm development, and molecular approaches to support sugarcane breeding program in indonesia. *Sugar tech* 24(1): 30-47.

