

PRARANCANGAN PABRIK *WHITE CARBON* DARI SODIUM SILIKAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES ASIDIFIKASI KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN

Fatma Martoni¹, Ulfah Delvianti^{1,*}

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Jln.A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: ulfah263@gmail.com

Abstrak

White carbon merupakan bentuk amorf dari silika sintetik dengan rumus molekul SiO_2 . *White carbon* biasa digunakan sebagai bahan penguat pada produk elastis seperti karet, ban, dan sol sepatu; sebagai bahan aditif dan dalam industri pasta gigi dan farmasi. Setiap tahun kebutuhan *white carbon* mengalami peningkatan sehingga dalam memenuhi kebutuhan dilakukan impor dari berbagai negara. Pabrik ini akan didirikan pada tahun 2027 di desa Cimahi, Kecamatan Klari, Kabupaten Karawang, Jawa Barat dengan kapasitas sebesar 40.000 ton/tahun.

Proses yang digunakan pada pembuatan *white carbon* ini adalah asidifikasi melalui reaksi antara sodium silikat dan asam sulfat dengan kondisi operasi 85°C dan tekanan 1 atm. Reaktor yang digunakan adalah Reaktor Batch Tangki Berpengaduk yang dilengkapi jaket pendingin. Didalam reaktor terjadi reaksi fase cair-cair, irreversible dan eksotermik. Reaksi yang terjadi menghasilkan silikon dioksida, sodium sulfat dan air. Pemurnian produk menggunakan rotary drum vacuum filter untuk memisahkan silikon dioksida dan sodium sulfat. Silikon dioksida yang dihasilkan diangkut menggunakan conveyor menuju rotary dryer untuk mengeringkan produk sehingga didapatkan kemurnian produk 99%. Produk yang sudah kering kemudian menuju ball mill untuk mengecilkan ukuran dan dilanjutkan dengan vibrating screen untuk menyaring produk sehingga didapatkan ukuran 325 mesh.

Pabrik *White Carbon* berbentuk perusahaan saham gabungan (PT) dengan sistem manajemen lini dan personalia. Karyawan yang diperlukan sebanyak 157 orang. Dari hasil analisa ekonomi didapatkan Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 39,89 % dan Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 25,93 %. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 2,0 tahun dan Pay Out Time (POT) sesudah pajak sebesar 2,8 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 43% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 28%. Berdasarkan pertimbangan hasil analisa ekonomi tersebut, maka pabrik *White Carbon* dengan kapasitas 40.000 ton/tahun memungkinkan untuk dilanjutkan ke tahap perancangan.

Kata kunci: *white carbon*, sodium silikat, asam sulfat, reaktor batch tangki berpengaduk.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi khususnya pada industri kimia mengalami pertumbuhan yang signifikan dari tahun ke tahun. Indonesia yang merupakan negara berkembang masih sangat bergantung pada impor bahan kimia untuk memenuhi kebutuhan proses industri kimia dalam negeri. Industri ini mengolah bahan baku menjadi produk setengah jadi dan bahan jadi yang dapat langsung dipasarkan. Salah satu sektor yang mengalami peningkatan permintaan adalah industri *white carbon*.

White carbon merupakan senyawa silika/serbuk silika yang komponen utamanya adalah SiO_2 . Silika memiliki beberapa struktur kristal, sama seperti karbon dalam bentuk grafit dan intan namun bentuk molekul *white carbon* berbeda. Molekul *white carbon* memiliki bentuk kubik, sedangkan kaca memiliki struktur tetrahedral. Pasir memiliki struktur yang lebih kompleks. Inilah yang membedakan *white carbon* atau silika yang diendapkan dari silika lainnya. *white carbon* digunakan sebagai bahan penguat dalam produk elastis seperti sol sepatu, karet, komponen kawat dan kabel, dan sebagai deterjen dalam pasta gigi (Ullman's, 1998).

White carbon telah dapat diproduksi di dalam negeri namun kebutuhan *white carbon* di Indonesia belum dapat terpenuhi maka untuk mencukupi kebutuhan akan *white carbon* ini Indonesia masih terus mengandalkan impor. Kebutuhan rata-rata impor *white carbon* pada tahun 2021 adalah sekitar 60.000 ton per tahun. Sehingga dengan membangun pabrik *white carbon* ketergantungan impor dalam negeri dapat dikurangi dan industri yang menggunakan *white carbon* sebagai bahan *intermediate* dapat terpenuhi. Berikut data kebutuhan *white carbon* di Indonesia dari Badan Pusat Statistik tahun 2017 sampai dengan tahun 2021 pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Impor dan Ekspor *White Carbon* di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)	Ekspor (ton/tahun)
2017	44.854.22	5149,14
2018	51.236.65	4552.38
2019	49.978.85	5305.97
2020	46.104.90	7505.09
2021	58.755.99	9375.91



Berdasarkan data diatas perkiraan jumlah kebutuhan *white carbon* tahun 2027 dihitung menggunakan metode *discounted* berikut ini (Ulrich, 1986):

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

Keterangan:

F = Perkiraan kebutuhan 2027

P = Data pada tahun sekarang

I = Kenaikan data

n = Selisih tahun

Berdasarkan perhitungan diatas, kebutuhan *white carbon* di Indonesia tahun 2027 diperkirakan sebesar 66.000 ton/tahun. Dengan mempertimbangkan kebutuhan *white carbon* tahun 2027, kapasitas pabrik *white carbon* yang telah berdiri di Indonesia dan ketersediaan bahan baku, maka pabrik yang akan didirikan memiliki kapasitas 40.000 ton/tahun.

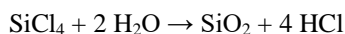
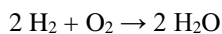
2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Ada 2 jenis proses pada pembuatan *white carbon* yaitu proses *flame hydrolysis* dan proses asidifikasi.

2.1.1 Proses *Flame Hydrolysis*

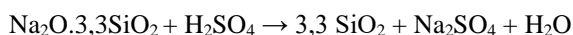
Dalam proses ini *white carbon* dihasilkan dari mereaksikan silikon tetraklorida (SiCl_4) dengan hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2). Reaksi yang terjadi:



Reaksi dilakukan pada suhu 1.500 °C dengan konversi reaksi 90% (U.S Patent No. 3661519).

2.1.2 Proses Asidifikasi

Pembuatan *white carbon* dengan proses asidifikasi berdasarkan pada reaksi dibawah ini:



Reaksi dilakukan pada suhu 80-90 °C dengan konversi mencapai 92% dan konsentrasi H_2SO_4 yang digunakan 1,5 M (U.S Patent No.5882617).

Perbedaan antara kedua proses tersebut dapat diuraikan pada **Tabel 2.** berikut:

Tabel 2. Perbedaan Proses Pembuatan *White Carbon*

No.	Komponen	Proses <i>Flame Hydrolysis</i>	Proses Asidifikasi
1.	Kondisi Operasi	~1.500 °C	80 – 90 °C
2.	Bahan Baku	SiCl_4	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 3,3 \text{SiO}_2$
3.	Ekonomi	Tinggi	Rendah
4.	Konversi	90%	92%
5.	Jenis Reaktor	Gelembung	RATB

Dari uraian proses di atas dipilih proses yang kedua yaitu asidifikasi yang memiliki beberapa keunggulan antara lain:

1. Kondisi operasi yang lebih mudah dipenuhi, karena temperatur operasi sekitar 80-90°C.
2. Bahan baku $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ lebih murah daripada SiCl_4
3. Konversi yang dihasilkan lebih besar.

2.2 Uraian Proses

Proses pembuatan *white carbon* dengan proses asidifikasi terbagi menjadi beberapa tahap berikut:

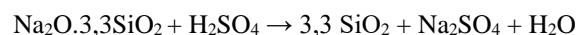
1. Tahap Persiapan Bahan Baku
2. Tahap Pembentukan Produk
3. Tahap Pemurniaan dan Pengeringan
4. Tahap Penggilingan dan Pengemasan

2.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Asam sulfat 18 M dari tangki penyimpanan asam sulfat (F-110) diencerkan menggunakan *mixer* (M-130) yang dilengkapi dengan pemanas sehingga konsentrasi asam sulfat menjadi 1,5 M dengan suhu 85 °C, sesuai kondisi operasi dalam reaktor. Natrium silikat di dalam tangki penyimpanan (F-120) dipompa ke dalam *heater* (E-121), untuk dipanaskan hingga 85°C. Setelah keluar dari *mixer* (M-130), larutan asam sulfat 1,5 M masuk ke dalam reaktor (R-210), begitu pula larutan natrium silikat setelah keluar dari *heater* (E-121), kemudian dialirkan ke dalam reaktor (R-210).

2.2.2 Tahap Pembentukan Produk

Asam sulfat yang telah diencerkan menjadi 1,5 M direaksikan dengan natrium silikat dalam reaktor (R-210). Reaktor yang digunakan untuk memproduksi *white carbon* adalah reaktor *batch* tangki berpengaduk yang dioperasikan menggunakan suhu 85 °C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang berlangsung adalah eksotermik, sehingga perlu menggunakan air pendingin untuk menjaga temperatur operasi pada 85°C. Air pendingin dilewatkan melalui jaket reaktor. Reaksi yang berlangsung dapat ditunjukkan sebagai berikut:



Reaksi berjalan selama 70 menit yang ditandai dengan berubahnya warna larutan menjadi biru muda. Selain itu, warna larutan berubah dari biru muda menjadi putih hingga terbentuk kristal pertama kali. Waktu yang dibutuhkan kristal pertama untuk terbentuk setelah menghentikan aliran asam sulfat disebut waktu kristalisasi. Produk meninggalkan reaktor (R-210) pada suhu 85 °C dan dialirkan oleh pompa ke RDVF (*rotary drum vacuum filter*) (H-310) untuk proses pencucian.

2.2.3 Tahap Pemurniaan dan Pengeringan Produk

Produk keluar reaktor (R-210) berupa campuran antara silikon dioksida, sodium sulfat dan air pertama-



tama didinginkan dalam *cooler* (E-212) sebelum dialirkan ke RDVF (H-310). *White carbon* akan tertahan dipermukaan drum RDVF (H-310) dalam bentuk *cake*, sedangkan filtratnya berupa larutan sodium sulfat akan dialirkan ke instalasi pengolahan limbah. *Cake* yang diperoleh dari hasil penyaringan di *rotary drum vacuum filter* (H-310) dicuci menggunakan air sehingga kadar sodium sulfat yang terkandung didalam *cake* dapat diturunkan. Setelah itu *cake* yang masih mengandung air diangkut dengan *screw conveyor* (J-312) untuk dikeringkan di *rotary dryer* (B-320) sehingga diperoleh kemurnian produk 99 %. Produk yang dihasilkan *rotary dryer* (B-320) akan memiliki kadar air dalam *cake* maksimum 1%. Udara panas yang akan digunakan di *rotary dryer* (B-320) diperoleh dari *heat exchanger* (E-322) dengan media pemanas *steam*. Produk yang telah kering kemudian diangkut menggunakan *cooling conveyor* (J-321) untuk menurunkan suhu produk menuju ke *bin* (F-327).

2.2.4 Tahap Penggilingan dan Packaging

Dari *bin* (F-327), *white carbon* diangkut dengan menggunakan *belt conveyor* menuju *ball mill* (C-330) untuk dihaluskan. Produk *white carbon* keluaran dari *ball mill* (C-330) dibawa menuju *vibrating screen* (H-340) menggunakan *bucket elevator*, melewati ukuran 325 mesh untuk memisahkan antara produk yang telah memenuhi spesifikasi dengan yang belum. Produk yang belum memenuhi spesifikasi dikembalikan lagi menuju *ball mill* (C-330). Sedangkan produk yang memenuhi spesifikasi diangkut menuju *packaging machine* (P-360) untuk dikemas. Produk yang telah dikemas diangkut menggunakan *belt conveyor* (J-361) menuju gudang penyimpanan (F-370).

3. Utilitas

Sumber air yang digunakan pada pabrik *white carbon* berasal dari Sungai Citarum. Jumlah air yang digunakan adalah 235.981,1801 kg/jam. Kebutuhan energi listrik utama disediakan oleh PLN yang telah tersedia dikawasan industri ini. Sedangkan kebutuhan listrik cadangan apabila PLN mengalami gangguan diperoleh dari generator yang bahan bakarnya diperoleh dari Pertamina. Jumlah kebutuhan utilitas untuk pengoperasian pabrik *white carbon* ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Kebutuhan Utilitas Pabrik *White Carbon*

Kebutuhan	Jumlah
Unit Penyedia <i>Steam</i>	10.239,1749 kg/jam
Unit Penyedia Air	235.981,1801 kg/jam
Unit Penyedia Listrik	1.520,6575 kW
Unit Penyedia Bahan Bakar	654,9019 L/jam

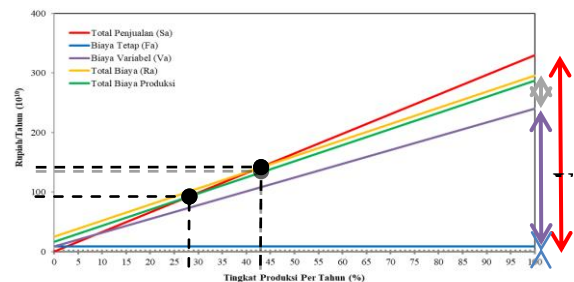
4. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi harus dilakukan untuk mengetahui kelayakan pabrik ini untuk didirikan sehingga dapat diklasifikasikan layak atau tidak. Analisa ekono pada pabrik *white carbon* ini ditunjukkan pada **Tabel 4** sebagai berikut:

Tabel 4. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Status
ROI	25,93 %	Minimal 11%	Layak
POT	2,8 tahun	Maksimal 5 tahun	Layak
BEP	43 %	40-60%	Layak
SDP	28 %	20-40%	Layak

Pengembalian modal yang diinvestasikan (ROI) adalah pengembalian modal yang diinvestasikan dibagi dengan pendapatan. POT (*Pay Out Time*) adalah periode kembalinya (uang penanaman modal) yang dihasilkan berdasarkan laba yang didapatkan. Titik impas (BEP) merupakan titik yang mewakili tingkat pengeluaran dan pendapatan yang sama. Titik dimana saat kegiatan produksi dihentikan disebut *Shutdown Point* (SDP). Penyebab SDP seringkali adalah biaya variabel yang sangat tinggi dan keputusan manajemen yang dihasilkan dari operasi produksi yang tidak menguntungkan. Diagram analisis kelayakan ekonomi untuk pabrik *white carbon* ditunjukkan pada gambar berikut:

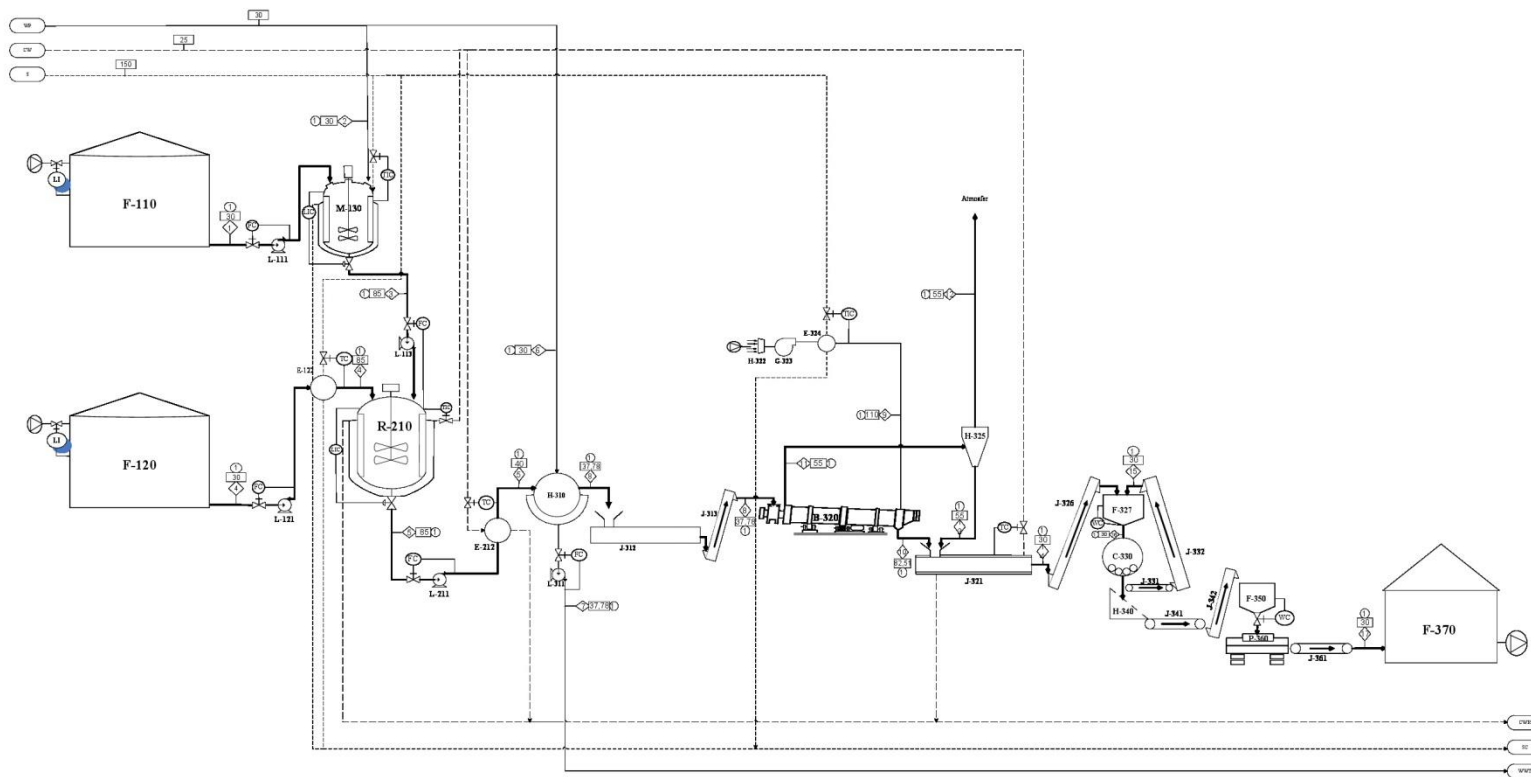


Gambar 2. Break Even Point dan Shutdown Point



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRARANCANGAN PABRIK *WHITE CARBON* DARI SODIUM SILIKAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES ASIDIFIKASI KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN



KETERANGAN		
Aliran Proses	Aliran Proses	
CW	Cooling Water	Nama Aliran
CWR	Cooling Water Return	Temperatur (°C)
S	Steam	Tekanan (atm)
WP	Water Pumps	Bahan Baku
SC	Steam Condensat	Produk
MWT	Waste Water Treatment	
TIC	Temperature Indicator Control	Level Indicator
FIC	Flow Indicator Control	Weight Control
FC	Flow Control	
32 F-370	Gudang Penyimpanan Produk	1
31 J-361	Belt Conveyor 01	1
30 F-360	Palka/Unit	2
29 F-359	Bopper	1
28 J-342	Bucket Elevator 04	1
27 J-341	Belt Conveyor 02	1
26 H-340	Screen	1
25 J-332	Bucket Elevator 03	1
24 J-331	Belt Conveyor 01	1
23 C-330	Ball Mill	1
22 F-327	Dry	1
21 J-326	Bucket Elevator 02	1
20 H-325	Cyclone	1
19 E-324	Elevator Udara	1
18 G-323	Blower Udara	1
17 H-322	Filter Udara	1
16 J-311	Cooling Conveyor	1
15 B-320	Belt Conveyor	1
14 J-312	Bucket Elevator 01	1
13 J-312	Screw Conveyor 01	1
12 L-311	Pompa 05	1
11 H-310	Rotary Drum Vacuum Filter	1
10 E-312	Cooler	1
9 L-211	Pompa 04	1
8 R-210	Reaktor	1
7 E-122	Elevator	1
6 L-121	Pompa 03	1
5 F-120	Tangki Penyimpanan Sodium Silikat	1
4 L-131	Pompa 02	1
3 M-130	Mejer	1
2 L-111	Pompa 01	1
1 F-110	Tangki Penyimpanan Asam Sulfat	1
NO	NAMA ALAT	JUMLAH
Dibimbing Oleh:		
FATMA MARTONI (811081420005)		
ULFAH DELYANTI (8110814120014)		
Dosen Pembimbing:		
JEFRIADI, S.T., M.Eng NPK: 198082720170918 050		
FLOWHEET		
PRARANCANGAN PABRIK <i>WHITE CARBON</i> DARI SODIUM SILIKAT DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES ASIDIFIKASI KAPASITAS 40.000/TAHUN		

Neraca Massa (kg/jam)																
Nomor Aliran																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
-	-	-	7133,8313	570,7065	-	570,7065	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3144,7174	-	3144,7174	-	671,9482	-	671,9482	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	5000,5001	-	-	5000,5001	-	4500,4500	500,0500	0,5001	499,5500	5000,0000	250,0000	5250,0000	5000,0000
-	-	-	-	3581,0781	-	-	4,2208	-	3,7987	0,4221	0,0004	0,4217	4,2204	0,2110	4,4314	4,2204
64,1779	36100,0718	36164,2497	11590,1354	48208,7009	5000,5001	51964,7614	1244,4396	-	41,6604	4,6289	0,0046	4,6243	46,2847	2,3142	48,5989	46,2847
-	-	-	-	-	-	-	-	77354,7543	-	77354,7543	77354,7543	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1198,1503	1198,1503	-	-	-	-	-
3208,8953	36100,0718	39308,9670	18723,9667	58032,9337	5000,5001	56784,2734	6249,1604	77354,7543	4545,9091	79058,0056	78553,4097	504,5959	5050,5051	252,5253	5303,0303	5050,5051

Gambar 1 Diagram Alir Proses Perancangan Pabrik *White Carbon* dari Sodium Silikat dan Asam Sulfat dengan Proses Asidifikasi Kapasitas 40.000 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Hasil dari perhitungan dan hasil perancangan pabrik *white carbon*, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Karena kebutuhan *white carbon* yang terus meningkat, pabrik direncanakan akan memproduksi dengan kapasitas 40.000 ton per tahun. tahun untuk bertemu. permintaan nasional.
2. Berdasarkan aspek sumber bahan baku, distribusi bahan baku dan lingkungan, pabrik direncanakan akan dibangun di desa Cimahi, Kecamatan Klari, Kabupaten Karawang, Jawa Barat.
3. Hasil Evaluasi Ekonomi Pabrik *white carbon* Kapasitas 40.000 Ton/Tahun Sebagai Berikut:
 - Rata-rata keuntungan sebelum pajak: Rp 268.388.810.891
 - Rata-rata keuntungan setelah pajak : Rp 174.452.727.079
 - ROI (*Return Of Infestment*) sebelum pajak : 38 %
 - ROI (*Return Of Infestment*) setelah pajak : 25 %
 - POT (*Pay Out Time*) sebelum pajak : 2.0 tahun
 - POT (*Pay Out Time*) setelah pajak : 2.8 tahun
 - BEP (*Break Even Point*) : 43 %
 - SDP (*Shut Down Point*) : 28 %

Dari analisis hasil ekonomi di atas, dapat disimpulkan bahwa prarancangan pabrik *white carbon* pada kapasitas 40.000 ton/tahun dapat dipertimbangkan kembali untuk dibangun.

Daftar Pustaka

- Budiman, Senadi. 2006. Pembuatan Natrium Sulfat Anhidrat (Na_2SO_4). Aristoteles. 4. 33-40.
- Chevallier, Yvonick and Evelyne Prat. 1999. Precipitated Silica. US Patent No.5882617
- Hugot. 1960. Handbook of Cane Sugar Engineering. Elsevier Publishing Company. New York.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. 2022. Direktori Eksporir Indonesia. <https://www.kemenperin.go.id/direktori-perusahaan>
- National Center for Biotechnology Information 2022. PubChem Compound Summary for Sulfuric acid. [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sulfuric acid](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sulfuric-acid).
- Utami, Ayu Widya. 2019. Kualitas Air Sungai Citarum. Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti. Jakarta.

