Available online at https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JMPEindex

Journal of Materials Processing and Environment

e-ISSN Number
3026-1392

Volume 3 Nomor 1 (2025)

PRARANCANGAN PABRIK SEMEN PORTLAND KOMPOSIT DENGAN PENAMBAHAN *FLY ASH* MELALUI PROSES KERING KAPASITAS 3.000.000 TON/TAHUN

(*Pre-design of Composite Portland Cement Factory with Addition of Fly Ash the Dry Process Capacity 3,000,000 Ton/Year*)

Guswidyana, Alfian Adi S., H. Zakir Sabara HW., Fitra Jaya

[1]*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia*

Kata Kunci: Semen Portland, Komposit, Batu kapur, *Fly Ash*

Key Words:*Portland Cement, Composit, Clay, Fly Ash*

Inti Sari

Prarancangan ini bertujuan untuk membuat pabrik semen portland komposit di Indonesia dengan kapasitas sebesar 3.000.000 ton/tahun, dengan bahan baku berupa batu kapur (81%), *clay* (7,11%), pasir silika (9%), dan pasir besi (1%), *gypsum* (3,18%) dan *fly ash* (26,07%) melalui proses kering. Pabrik direncanakan didirikan di kawan industri di Kabupaten Barru yang ada di Sulawesi Selatan dengan waktu produksi 330 hari/ tahun. Proses produksinya meliputi proses persiapan bahan baku, proses penggilingan, proses preheating, proses heating, proses pendinginan, proses penggilingan akhir. Utilitas berupa air 13825 m^3/jam, listrik 3352,61 kW, udara 120,40 m^3/jam,dan bahan bakar berupa batu bara sebesar 250978,13 kg/jam. Berdasarkan evaluasi ekonominya pabrik layak didirikan berdasarkan Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi untuk pendirian pabrik semen portlan komposit diatas membutuhkan modal tetap *(fixed capital*) sebesar 720.223.041.976 ($ 44.922.831,01), dan modal kerja *(work capital)* sebesar Rp 1.494.615.113.424,04 ($93.224.373,91). Biaya produksi *(manufacturing cost*) Rp 5.025.234.507.873,60 ($313.441.458,28) dan biaya pengeluaran umum (general expenses) Rp 939.380.079.655,19 ($58.592.422,22). Keuntungan sebelum pajak (Pb) Rp 320.742.860.658,82 ($20.005.854,42) dan sesudah pajak (Pa) Rp 160.371.430.329, 41 ($10.002.927,21). Pabrik ini tergolong beresiko tinggi. Adapun *Return of Investment* (% ROI) sebelum pajak 42,60 % dan sesudah pajak 21,30 %. *Pay Out Time* (% POT) sebelum pajak 1,90 tahun dan sesudah pajak 3,19 tahun. *Discounted Cash Flow* (% DFC) 23,51 %, Break Event Point (BEP) 51,63% dan *Shut Down Point* (SDP) 39,68 %. Berdasarkan hasil dari evaluasi ekonomi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Semen Portland Komposit yang akan dibuat layak untuk didirikan

Abstract

This design aims to build a composite portland cement plant in Indonesia with a capacity of 3,000,000 tons/year, with raw materials in the form of limestone (81%), clay (7.11%),

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar
Address
Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan
Email :
jmpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**
Guswidyana29@gmail.com

CC BY NC SA

Journal History
Paper received : 4 Februari 2025
Received in revised : 10 Februari 2025
Accepted : 23 Februari 2025

silica sand (9%), and iron sand (1%), gypsum (3.18%) and fly ash (26.07%) through a dry process. The plant is planned to be established in an industrial area in Barru Regency in South Sulawesi with a production time of 330 days/year. The production process includes the raw material preparation process, grinding process, preheating process, heating process, cooling process, final grinding process. Utilities in the form of water 13825 m3/hour, electricity 3352.61 kW, air 120.40 m3/hour, and fuel in the form of coal of 250978.13 kg/hour. Based on the economic evaluation, the factory is feasible to be established based on Based on the calculation of the economic evaluation for the establishment of the composite portland cement factory above, it requires fixed capital of 720,223,041,976 ($ 44,922,831.01), and working capital of Rp 1,494,615,113,424.04 ($ 93,224,373.91). Manufacturing costs of Rp 5,025,234,507,873.60 ($ 313,441,458.28) and general expenses of Rp 939,380,079,655.19 ($ 58,592,422.22). Profit before tax (Pb) Rp 320,742,860,658.82 ($ 20,005,854.42) and after tax (Pa) Rp 160,371,430,329.41 ($ 10,002,927.21). This factory is classified as high risk. The Return Of Investment (% ROI) before tax is 42.60% and after tax is 21.30%. Pay Out Time (% POT) before tax is 1.90 years and after tax is 3.19 years. Discounted Cash Flow (% DFC) is 23.51%, Break Event Point (BEP) is 51.63% and Shut Down Point (SDP) is 39.68%. Based on the results of the economic evaluation, it can be concluded that the Composite Portland Cement Factory that will be built is feasible to be established.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi infrastruktur sangat mempengaruhi dalam pembangunan nasional. Untuk meningkatkan pembangunan nasional, diperlukan material penunjang yaitu semen. Saat ini industri semen di Indonesia telah mengalami perkembangan yang pesat dalam produksi semen. Meningkatnya pertumbuhan semen hingga saat ini masih dipengaruhi oleh tingginya pembangunan yang dilakukan sektor swasta dan semakin gencarnya pemerintah dalam menjalankan beberapa proyek yang sangat mempengaruhi permintaan semen di dalam negeri. Perencanaan pabrik semen ini memiliki tujuan utama yaitu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang cenderung meningkat setiap tahunnya dan mengurangi ketergantungan impor semen dari berbagai negara. Pendirian pabrik semen diharapkan mampu mengantisipasi permintaan dalam dan luar negeri seperti China, Vietnam,Thailand, dan negara lainnya dan dapat menambah lapangan kerja bagi masyarkat Indonesia yang belum bekerja. [1]

Pada tahun 1824 oleh Joseph Aspdin, seorang tukang batu dan pembangun asal Inggris, yang bereksperimen dengan memanaskan batu kapur dan tanah liat hingga campuran tersebut terbakar, menggilingnya, lalu mencampurnya dengan air. Aspdin menamainya Semen Portland, berdasarkan batu bangunan yang terkenal kuat dari Pulau Portland di Dorset, Inggris. Putranya, William Aspdin, membuat semen pertama yang mengandung alite (bentuk trikalsium silikat yang tidak murni). Pada tahun 1845, Isaac Johnson membakar kapur dan tanah liat pada suhu yang jauh lebih tinggi daripada Aspdins, yaitu sekitar 1400-1500 ^{o}C, yang menyebabkan campuran tersebut menjadi klinker, dan menghasilkan apa yang pada dasarnya merupakan semen modern.

Sejak tahun 1850, penggunaan beton yang terbuat dari semen Portland meningkat pesat. Proyek-proyek seperti patung, jembatan kecil, dan pipa beton merupakan aplikasi umum pada saat itu dan membantu meningkatkan keunggulannya. Kemudian diikuti sistem pembuangan limbah skala besar, seperti di London dan Paris, dan pembangunan metro dan kereta bawah tanah meningkatkan permintaan. Pada akhir abad ke-19, blok beton berongga untuk konstruksi perumahan menjadi hal yang umum. [2]

Semen merupakan zat yang digunakan untuk merekatkan batu, bata, batako maupun bahan bangunan lainnya. Semen sangat dibutuhkan sebagai salah satu bahan utama dalam pembangunan rumah-rumah, bangunan ataupun gedung. Tanpa semen, bangunan ataupun gedung tidak akan berdiri dengan kokoh. Semen merupakan bahan perekat hidrolis Portland, tersusun atas silika (calsium cilica) sebagai komponen utamanya, dicampur dengan teknik giling bersama bahan lain dengan bentuk senyawa kristal. [3]

Pada proses poduksi semen terdapat dua jenis proses yaitu proses basah (wet process) dan proses kering *(dry process).* [4]

1. Proses basah

   Proses basah (wet process) adalah proses pembuatan semen dengan penambahan air pada proses penggilingan dan pencampuran. Penggilingan bahan baku terdiri dari dua tahap yaitu *primary crusher* dan *secondary crusher*. Setelah digiling, setiap jenis bahan baku disimpan di tempat yang terpisah. Bahan baku yang diumpankan ke dalam

grinding machine sebelumnya melewati *weight feeder* untuk mengantur perbandingan berat bahan baku. Proses penggilingan disertai penambahan air ke dalam grinding mil berupa *slurry*. Slurry yang telah homogen dibakar untuk menghasilkan clinker lalu didinginkan di dalam clinker cooler. Bahan tambahan yang diperlukan adalah gypsum yang telah digiling menggunakan grinding mill, sehingga dihasilkan semen dalam bentuk bubuk dan siap dikemas.

2. Proses kering

Proses kering *(dry process)* adalah proses pembuatan semen yang tanpa penambahan air pada proses penggilingan dan pencampuran. Proses kering diawali dengan pengecilan ukuran bahan baku menggunakan crusher. Penggilingan bahan baku terdiri dari dua tahap yaitu *primary crusher dan secondary crusher*. Setelah digiling, setiap jenis bahan baku disimpan ditempat yang terpisah. Pada proses kering, raw material berupa batu kapur, tanah liat, dan lain-lain dihancurkan tanpa penambahan air, lalu dikeringkan dan digiling di dalam grinding mill. Kemudian dilakukan pencampuran kembali agar lebih homogen di dalam blending silo menggunakan sirkulasi udara yang kuat. Hasilnya berupa campuran abu insinerasi yang homogen untuk diumpankan ke kiln pembentukan clinker kemudian *clinker* yang panas tersebut harus didinginkan terlebih dahulu di dalam *clinker cooler* sebelum dicampur dan digiling dengan gypsum di penggilingan akhir untuk menghasilkan semen dalam bentuk bubuk. Berikut perbandingan kedua proses tersebut :

Tabel 1. Perbandingan proses pembuatan Semen

Kriteria pertimbangan	Proses Basah	Proses Kering
Kandungan pada raw material	Banyak (campuran berupa *slurry*)	Sedikit
Pasokan air di pabrik	Banyak	Sedikit
Biaya bahan bakar	Banyak	Sedikit
Power supply	Banyak	Sedikit
Banyaknya debu yang diakibatkan	Sedikit	Banyak
Keseragaman campuran untuk umpan kiln	Baik	Kurang baik
Kapasitas produksi	Rendah	Tinggi

Pada tabel 1 diatas dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan semen yang diambil adalah proses kering. Hal ini dikarenakan dapat menghemat biaya produksi dan kapasitas produksinya lebih tinggi dibandingkan proses basah. Proses kering merupakan proses pembuatan semen tanpa penambahan air pada proses penggilingan dan pencampuran.

Kapasitas produksi pada prarancangan pabrik semen portlant komposit merupakan hal yang sangat penting karena inilah yang akan berpengaruh pada perhitungan teknik maupun ekonomis. Adapun faktor-faktor yang dapat menentukan kapsitas produksi yaitu data-data impor, eskpor, produksi dan komsusi semen. Data-data tersebut dapat dilihat pada tabl berkut [5]:

Tabel 2. Data-data impor dan ekspor semen di Indonesia

Tahun	Impor	Pertumbuhan (%P)	Ekspor	Pertumbuhan (%P)
2019	51.407	-	12374240,87	-
2020	60.958	18,57 %	15095105,64	21,99 %
2021	6.266	-89,72 %	17703622,11	17,,28 %
2022	2.353	-62,45 %	15644327,74	-11,63 %
2023	374.218	158 %	23254676	48,64 %
Total	495202	24,44 %	84071972,36	76 %
Rata-rata (i)		81,99 %		-53 %

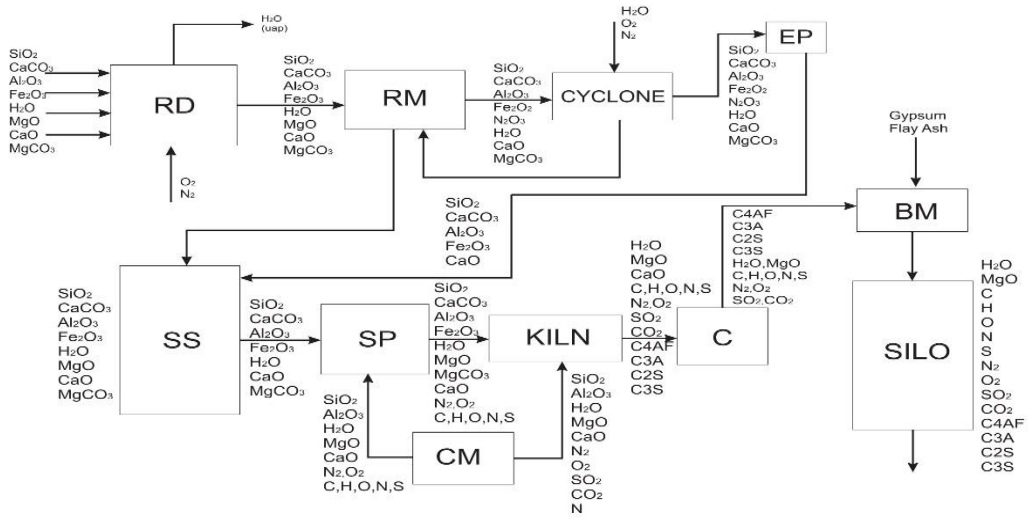
Dari tabel 2 tersebut dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor semen di Indonesia sangat tinggi sehingga pendirian pabrik semen sangat diperlukan agar dapat mengurangi impor semen dari luar negeri.

Tabel 3. Data Produksi Semen di Indonesia

Tahun	Produksi (ton/th)	Pertumbuhan (%P)
2019	70.000.000	-
2020	65.000.000	-5,71
2021	66.000.000	-1,52
2022	64.000.000	-1,54
2023	62.000.000	-3,13
Total	**327.000.000**	**-11,89 %**
Rata-rata (i)		**-77,86%**

Dari tabel 2 dan tabel 3 kapasitas produksi pada pabrik semen portland komposit diperoleh yatu sebesar 3.000.000 ton/tahun pada tahun 2027 dengan menggunakan perhitungan metode discounted untuk menentukan rata-rata pertumbuhan (i %) yaitu $F = P\ (1+i)^n$, sedangkan untuk menentukan peluang kapasitasnya menggunakan rumus $m = P\ (1 + i)^n$ dimana, m adalah jumlah produk pada tahun yang diperhitungkan, P adalah jumlah produk pada tahun terakhir yang diketahui, dan n adalah selisih tahun.

PRANCANGAN PROSES



Gambar 1. Proses kualitatif pembuatan semen portland komposit

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama semen yang berupa bahan baku yang diperoleh dari mining atau tambang. Bahan baku berupa tanah liat dan batu kapur akan dihancurkan untuk memperkecil ukuran agar mudah dalam proses

penggilingan. Alat yang digunakan untuk menghancurkan bahan baku tersebut dinamakan *Crusher*. Ukuran setelah *crushing* idealnya 75 mm. Bahan mentah kemudian di tranport dari lokasi penambangan ke pabrik.

2. Proses Penggilingan

Bahan baku kemudian masuk ke pengeringan awal terlebih dahulu (RD-201) sebelum diumpankan ke alat penggilingan atau yang biasa disebut *vertical raw mill* (VRM) agar proses kerja pada alat penggiling dapat bekerja lebih efisien. Setelah itu bahan baku kemudian diumpankan ke VRM, bahan baku digiling menjadi tepung baku sambil dikeringkan menggunakan gas panas untuk mengurangi kandungan airnya. Gas panas yang digunakan berasal dari Suspension preheater. Bahan baku yang telah digiling kemudian disaring dengan alat berupa *Cyclone* dan electrostatic precipitator dari aliran gas. Setelah disaring, tepung baku *(Raw mix)* kemudian dimasukkan ke dalam blending silo untuk menghomogenkan *raw mix.*

3. Proses Pre-Heating

Proses pre-heating adalah proses sebelum pembakaran. Alat utama yang digunakan untuk proses pemanasa awal bahan baku adalah Suspension preheater. Setelah mengalami homogenisasi di blending silo, material terlebih dahulu dimasukkan ke dalam kiln feed bin. Bin ini merupakan tempat umpan yang akan masuk ke dalam pre-heater. Setelah itu, material akan masuk ke *Rotary Kiln.*

4. Proses pembakaran (Heating)

Alat utama yang digunakan pada pembakaran adalah tanur putar atau *Rotary Kiln***.** Pada proses ini terjadi kalsinasi (fase inti dari proses kering pembuatan semen) dimana suhunya mencapai sekitae 1400 °C, suhu sebesar ini diperoleh dari pembakaran bahan bakar (batu bara). Adapun yang dihasilkan pada proses ini disebut dengan klnker.

5. Proses Pendinginan (*Cooler*)

Setelah dibakar di *rotary kiln*, klinker yang terbentuk kemudian didinginkan dengan alat pendingin tersebut Selanjutnya material yang sudah mencapai suhu 100°C-125°C ditransport ke clinker silo. Alat utama yang digunakan untuk proses pendinginan klinker adalah *grate cooler*. Alat ini dilengkapi dengan alat penggerak material, sekaligus sebagai saluran udara pendingin yang disebut dengan grate atau alat pemecah klinker (*clinker crusher*).

6. Proses Penggilingan Akhir

Klinker dari silo kemudian di transport ke *finish mill* untuk penggilingan akhir, dimana pada proses ini klinker digiling dengan gypsum dan bahan tambahan lainnya yaitu *fly ash* sehingga menjadi semen dan kemudian di transpot ke stroge (silo). Alat utama yang digunakan pada penggilingan akhir adalah *Ball Mill / Finish Mill*. Alat ini berbentuk silinder horizontal.

7. Proses Packing

Pada proses ini semen dikemas sebelum dijual kepasaran. Tujuannya adalah agar semen lebih mudah dijual kepasaran dalam bentuk sak dan juga agar semen yang dijual dapat dihitung jumlahnya karena adanya penimbangan, juga mempermudah saat dilakukan proses distribusi ke konsumen serta dapat melindungi produk dari pengaruh lingkungan yang dapat mengganggu kualitas pada semen.

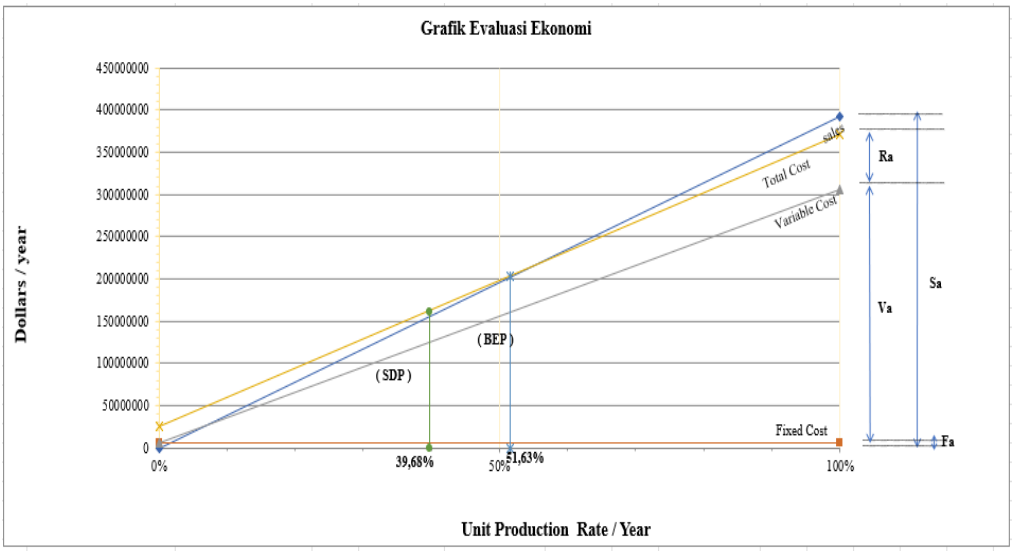
Fly ash merupakan salah satu bahan adiktif yang digunakan dalam pembuatan semen. *Fly ash* adalah residu yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara yang dapat mencemari udara dan penyakit gangguan pernapasan karena mengandung beberapa elemen seperti arsen, vanadium, antimon, boron, kromium. [6] Untuk mengurangi limbah/residu dari industri pembuatan semen,maka bisa memanfaatkan sisa dari pembakaran batu bara yang berupa fly ash untuk dicampurkan pada klinker sebagai pengganti material yang selama ini digunakan yaitu trass Fly ash bersifat pozzolan dapat bereaksi dengan kapur dan bersifat mengikat, sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan semen yaitu pengganti material trass sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan semen. [7]

Penggunaan material *fly ash* sebagai material pembentuk beton didasari pada sifatnya yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Kemiripan sifat ini dapat ditinjau dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan sifat kimiawi. Secara fisik, *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya [8]. *Fly ash* mempunyai butiran halus yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili mikro) 5-27%. Sifat kimiawi yang dimiliki oleh *fly ashi* berupa silica dan alumina dengan persentase mencapai 80% [9]

ANALISA EKONOMI

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (estimation) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dan analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan. [10]

Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi untuk pendirian pabrik semen portlan komposit diatas membutuhkan modal tetap (*fixed capital*) sebesar 720.223.041.976 ($ 44.922.831,01), dan modal kerja (*work capital*) sebesar Rp 1.494.615.113.424,04 ($93.224.373,91). Biaya produksi (*manufacturing cost*) Rp 5.025.234.507.873,60 ($313.441.458,28) dan biaya pengeluaran umum (*general expenses*) Rp 939.380.079.655,19 ($58.592.422,22). Keuntungan sebelum pajak (Pb) Rp 320.742.860.658,82 ($20.005.854,42) dan sesudah pajak (Pa) Rp 160.371.430.329, 41 ($10.002.927,21). Pabrik ini tergolong beresiko tinggi. Adapun *Return of Investment* (% ROI) sebelum pajak 42,60 % dan sesudah pajak 21,30 %. *Pay Out Time* (% POT) sebelum pajak 1,90 tahun dan sesudah pajak 3,19 tahun. *Discounted Cash Flow* (% DFC) 23,51 %, *Break Event Point* (BEP) 51,63% dan *Shut Down Point* (SDP) 39,68 %. Berdasarkan hasil dari evaluasi ekonomi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Semen Portland Komposit yang akan dibuat layak untuk didirikan.



Gambar 2. Grafik Evaluasi Ekonomi

KESIMPULAN

Dari hasil analisa, Pabrik Pembuatan Semen Portland Komposit menggunakan proses kering dengan penambahan *fly* ash dapat disimpulkan bahwa kapasitas pabrik semen ini adalah 3.000.000 ton/tahun, pabrik semen ini direncanakan beroperasi selama 24 jam /hari. Lokasi pendirian pabrik di Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan. Bahan baku yang digunakan berasal dari batuan alam yang mengandung oksida-oksida kalsium, alumina, silika dan besi seperti batu kapur, tanah liat, pasir besi dan pasir silika. Pabrik semen ini berbentuk Pesero Terbatas (PT). Berdasarkan dari analisa ekonomi terhadap perancangan pabrik semen portland komposit ini dapat diketahui bahwa *Return Of Investment* (% ROI) sebelum pajak 42,60 % dan sesudah pajak 21,30 %. *Pay Out Time* (% POT) sebelum pajak 1,90 tahun dan sesudah pajak 3,19 tahun. *Discounted Cash Flow* (% DFC) 31,33 %, *Break Event Point* (BEP) 51,63% dan *Shut Down Point* (SDP) 39,68 %. Berdasarkan hasil dari evaluasi ekonomi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Pabrik Semen Portland Komposit yang akan dibuat layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Asosiasi Semen Indonesia, Administrator. Kebutuhan Semen Domestik

[2]. Rainer Nobis. *Ilustrated History of Cement and Concrete*. World Cement Association (WCA). London. 2021

[3]. SNI : 15-2049-2015 : Semen Portland. Badan Standarisasi Nasional
[4]. Delian A. R., Safaruddin "Proses Produksi Semen Portland PT. Semen Baturaja". Jurnal Multidisipliner Bharasumba-Azramedia Indonesia. Vol 1 No. 3 Hal. 431-435. 2022
[5]. Badan Pusat Statistik Indonesia. Ekspor, Impor, dan Produksi Semen di Indonesia
[6]. Adrian P. M., Marthin D. J. S., Reky S. W., Pengaruh Penambahan Abu Terbang (*Fly Ash*) terhadap kuat tarik beton. Vol 3 No. 11. Jurnal Statik. 2015
[7]. Nurlela, Finda Pratiwi I., Karakterisasi dan Proposi Abu Terbang (*Fly Ash*) Dalam Pembuatan PCC (*Portland Composit Cement*). Vol 10 No. 2. Jurnal Sains Natural . 2020
[8]. Mira Setiawati, *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. Hal 1. 2018
Website: jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek.
[9]. ACI (American Concrete Institue) Committee 226. Beton Yang Mengandung Bahan Tambah (Concrete Containing Additions). 22 19876-3R-87.
[10]. Aries, R.S. and Newton, R.D., "Chemical Engineering Cost Estimation", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York. 1955