

Pra Rancang Bangun Pabrik Pupuk Biochar Dari Cangkang Kemiri Dengan Kapasitas 6.450,9320 Ton/Tahun Menggunakan Alat Utama Rotary Kiln

Agnes Diah Ayu¹, S.P. Abrina Anggraini², Taufik Iskandar³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi

Email : hendrabanat14@gmail.com

ABSTRACT

Biochar fertilizer is a porous black charcoal produced by pyrolysis process with a relative temperature below 700 oC enriched with nitrogen (N). The benefits of biochar fertilizer are as a natural fertilizer (organic fertilizer) which is good for improving the condition of contaminated soil due to excessive use of chemical fertilizers and pesticides. Pecan shell waste has the potential to be used as a raw material in making biochar fertilizer by adding chicken manure which serves as a substitute for nitrogen elements that are lost in the candlenut biochar which is reduced or disappears during the pyrolysis process. The design of biochar fertilizer is planned to be established in 2021 in Dairi Regency, North Sumatra. Production capacity is planned to be 6,450.9320 tons / year with 9 hours / production, 300 days / year and in one day there are 2 processes. The process used is slow pyrolysis (slow pyrolysis) is one of the technologies used to convert hazelnut shell waste into charcoal (biochar). Based on economic analysis, the total investment in production is Rp. 15,924,053,007.45. Product sales value of Rp. 38,705,591,883 per year, with profit before and after tax is Rp. 9,978,936885 per year and Rp. 8,981,043,197 per year. The results of the feasibility analysis obtained ROI at (%): 64.86%, POT (Year): 1.4 Years, BEP (%): 32.333%, IRR (%): 20.296% So it can be concluded that the Pre-Design of Biochar Fertilizer with capacity of 6,450.9320 tons/year is worthy of being established.

Keywords: biochar, chicken manure, pecan shell, pyrolysis.

PENDAHULUAN

Tanaman kemiri merupakan jenis tanaman serbaguna, hampir seluruh bagiannya dapat dimanfaatkan dengan produk utama biji kemiri. Tanaman kemiri (*Aleurites mollucana* L., Willd) merupakan jenis tanaman yang mudah ditanam, cepat tumbuh dan tidak begitu banyak menuntut persyaratan tempat tumbuh [Pari, 2005]¹ dan limbah yang dihasilkan dari proses pemecahan biji kemiri berupa tempurung kemiri selama ini belum dimanfaatkan secara optimal, padahal apabila diolah kembali akan menjadi lebih bermanfaat seperti untuk produk arang [Sudrajat, R., 2005]².

Di Indonesia tanaman kemiri (*Aleurites mollucana* L., Willd) tersebar hampir di seluruh Nusantara dengan produksi biji pada tahun 2003 sekitar 79.137 ton Departemen Pertanian dalam [Darmawan, 2004]³. Kemiri mempunyai 2 lapis kulit yaitu kulit buah dan tempurung, dari setiap kilogram biji kemiri akan dihasilkan 30% inti dan 70% tempurung [Gianyar, et al 2012]⁴. Dalam pengolahan biji kemiri dihasilkan tempurung kemiri yang memiliki sifat keras dengan nilai kalor 4164 kal/g, sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar [Setiawan dan Yang, 1992]⁵. Mengingat potensi tempurung kemiri cukup besar, meskipun penggunaannya sebagai bahan bakar

kurang populer, maka salah satu alternatif pemanfaatannya adalah mengolah tempurung kemiri menjadi pupuk biochar.

Pupuk biochar merupakan arang berpori yang diperkaya dengan unsur nitrogen untuk menggantikan kadar nitrogen yang hilang atau berkurang pada saat proses pirolisis berlangsung. Proses pirolisis merupakan proses pemanasan yang mendegradasi biomassa menjadi arang, tar dan gas [Demibras, 2005]⁶. Pemanfaatan limbah menjadi pupuk biochar merupakan salah satu solusi untuk kembali memperbaiki kondisi tanah yang sudah tercemar karena diakibatkan oleh penggunaan pupuk kimiawi dan pestisida yang berlebihan.

Proses Produksi

- Persiapan bahan baku
Cangkang kemiri ditampung dalam *storage* (F-111). Dari *storage* (F-111), cangkang kemiri tersebut dimasukkan kedalam *Hammer Mill* (C-113) untuk diperkecil ukuran partikelnya menjadi 1 cm dengan menggunakan *belt conveyor* (J-112).
- Pirolisis
Cangkang kemiri dipirolisis pada temperatur 500 °C selama 4 jam [Mody Lempang et al, 2012]⁷ dan [Monika et al, 2009]⁸ dalam *Rotary Kiln* (B-110). Pada proses ini dihasilkan produk utama berupa arang yang akan diproses lebih lanjut menjadi arang aktif dan produk samping berupa Abu (Ash) dan gas yang dikeluarkan melalui cerobong asap. Arang hasil pirolisis tersebut kemudian didinginkan di dalam *Spray Chamber* (E-120) kemudian arang akan di perkecil kembali ukuran partikelnya

menjadi 60 mesh di dalam *Disk Mill* (C-131).

- Pencampuran
Proses pencampuran dilakukan dalam *Extruder* (M-130). Arang hasil pirolisis yang telah didinginkan dan diperkecil menjadi 60 mesh dicampurkan dengan kotoran ayam ukuran 60 mesh dan larutan amilum. Bahan-bahan tersebut dicampur sampai homogen. Setelah proses pencampuran, pupuk biochar dicetak menjadi bentuk granul (pellet) berukuran 1,5 mm dalam *Pelletizer* (S-140) dan pupuk biochar berbentuk granul (pellet) dikemas dengan menggunakan karung bagar produk memiliki kualitas pemasaran yang baik dan menarik kemudian produk disimpan dalam *Storage* pupuk biochar (F-141).

Utilitas

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia. Pada Pra Rancang Bangun Pupuk Biochar ini terdapat empat unit utilitas yang diperlukan yaitu:

- Unit Penyediaan Air
Penyediaan air pada pabrik pupuk biochar ini diperoleh dari PDAM dan air sungai. Air PDAM ini akan digunakan sebagai air sanitasi dan air pada pembuatan larutan amilum. Sedangkan air sungai digunakan sebagai pemadam kebakaran serta sebagai air cadangan untuk kebutuhan tidak terduga. Hal ini disebabkan karena air merupakan materi yang banyak didapat, mudah dikendalikan dan dikerjakan, menyerap panas yang

cukup baik, tidak mudah menyusut karena pendinginan serta air tidak mudah terkondensasi.

- Unit Penyediaan Listrik

Listrik diperoleh dari PLN dan generator set. Listrik dari PLN digunakan untuk menggerakkan motor instrumentasi dan lain-lain. Kebutuhan listrik ini meliputi: kebutuhan listrik untuk proses, untuk utilitas, dan untuk penerangan pabrik. Sedangkan generator set digunakan sebagai tenaga listrik cadangan saat terjadi pemadaman tak terduga dari PLN.

- Unit penyediaan bahan bakar

Bahan bakar yang diperlukan ada 2, yaitu CNG digunakan pada rotary kiln dan solar yang digunakan sebagai bahan bakar generator. Pemilihan CNG ini berdasarkan pertimbangan karena harga CNG yang relatif murah, ketersediaan yang mencukupi sehingga mudah didapat, viskositasnya rendah sehingga tidak mudah mengalami pengabutan serta nilai bakarnya (*heating value*) tinggi yaitu 39 MJ dan solar digunakan untuk menjalankan generator saat terjadi pemadaman tak terduga dari PLN.

- *Cooling water*

Air ini digunakan sebagai media pendingin pada spray chamber. Air yang digunakan dibuat dengan suhu 15°C agar dapat mendinginkan biochar dengan waktu yang cukup singkat.

Instrumentasi

| nama peralatan | kode alat | fungsi kontrol |
|----------------|-----------|----------------|
|----------------|-----------|----------------|

| | | |
|---------------|-----|---|
| Rotary Kiln | TIC | untuk mengetahui dan mengontrol suhu yang ada didalam alat selama proses berlangsung, sehingga sesuai dengan suhu yang diinginkan |
| Premix tank | TC | untuk mengontrol suhu yang ada didalam alat selama proses berlangsung, sehingga sesuai dengan suhu yang diinginkan |
| Premix Tank | LC | untuk mengontrol larutan yang ada didalam alat selama proses berlangsung, sehingga sesuai dengan yang diinginkan |
| Pelletizer | TC | untuk mengontrol suhu yang ada didalam alat selama proses berlangsung, sehingga sesuai dengan suhu yang diinginkan |
| Spray Chamber | TC | untuk mengontrol suhu yang ada didalam alat selama proses berlangsung, sehingga sesuai dengan suhu yang diinginkan |
| Bin | LC | untuk mengontrol larutan yang ada didalam alat selama proses berlangsung, sehingga sesuai dengan yang diinginkan. |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas produksi

Pada 1 pohon kemiri dihasilkan 150 kg biji kemiri serta dalam 1 kilogram biji kemiri akan dihasilkan 70% cangkang kemiri [Gianyar, et al 2012]⁴. Sehingga jumlah cangkang kemiri yang dihasilkan pada 1 pohon kemiri adalah:

$$= 150 \text{ kg/pohon} \times 70 \% \text{ cangkang}$$

= 105 kg cangkang/pohon
 Dalam 1 Ha terdapat 100 pohon kemiri, maka jumlah cangkang kemiri dalam 1 hektar:

$$= 105 \text{ kg cangkang/pohon} \times 100 \text{ pohon/Ha}$$

$$= 10500 \text{ kg cangkang kemiri/Ha.}$$

$$= 10,5 \text{ ton cangkang kemiri/Ha}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka produksi cangkang kemiri pada tahun 2012 - 2016 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas Lahan dan Produksi Cangkang Kemiri Di Kabupaten Ende, NTT Tahun 2009-2013

| Tahun | luas lahan (Ha) | produksi cangkang kemiri (ton/Ha) | % kenaikan |
|-----------|-----------------|-----------------------------------|------------|
| 2012 | 4.123 | 43.281 | 0 |
| 2013 | 4.064 | 42.672 | -1,4071 |
| 2014 | 4.100 | 43.050 | 0,8858 |
| 2015 | 4.140 | 43.470 | 0,9756 |
| 2016 | 4.147 | 43.543,5 | 0,1691 |
| Rata-rata | | 43.203,3 | 0,1559 |

Sumber: [BPS Sumut, Kab. Dairi, 2017–diolah]⁹

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

Dimana:

F = perkiraan produksi cangkang kemiri tahun 2021

P = jumlah produksi cangkang kemiri tahun 2016

i = nilai kenaikan produksi cangkang kemiri tiap tahunnya = 0,1559%

n = selisih waktu perkiraan tahun (2016-2012) = 5 tahun

Kenaikan rata-rata produksi cangkang kemiri = 0,1559% = 0,0001559

Sehingga produksi cangkang kemiri tahun 2018 dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$F = 43.543,5 (1 + 0,0001559)^5$$

$$F = 43.883,891 \text{ ton/tahun}$$

Karena pabrik ini merupakan pabrik baru, maka akan memproduksi arang aktif 10% dari ketersediaan bahan baku

$$= 10\% \times 43.883,891 \text{ ton/tahun}$$

$$= 4.388,3891 \text{ ton/tahun.}$$

$$= 812,6647 \text{ Kg / jam}$$

Dikarenakan produk yang ingin dihasilkan adalah pupuk biochar berbentuk granul maka, selain cangkang kemiri penambahan bahan penunjang seperti kotoran ayam dan larutan amilum juga harus diperhitungkan dalam penentuan basis. Kotoran ayam (biochar : kotoran ayam = 1 : 3) [Widowati, 2010]¹⁰.

$$= 4.607,8086 \text{ Ton/Tahun}$$

$$= 853,2979 \text{ Kg/jam}$$

Larutan amilum 5% dari pupuk biochar (granul) [Ristianingsih, 2015]¹¹.

$$= 307,1872 \text{ Ton/Tahun}$$

$$= 56,8865 \text{ Kg/jam}$$

Basis perhitungan :

= potensi c. kemiri + kotoran ayam + larutan amilum

$$= 4.388,3891 \text{ Ton/Tahun} + 4.607,8086 \text{ Ton/Tahun} + 307,1872 \text{ Ton/Tahun}$$

$$= 9.303,3849 \text{ Ton/tahun}$$

$$= 1.722,8491 \text{ Kg/jam}$$

Kapasitas produksi :

kandungan produk padatan pada jenis pirolisis lambat adalah sebanyak 35% dari padatan. Dengan adanya teori tersebut, maka perkiraan biochar yang di dapat adalah :

$$= 35\% \times 4.388,42 \text{ Ton/Tahun}$$

$$= 1.535,9362 \text{ Ton/Tahun}$$

$$= \frac{1.535,947 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{300 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{18 \text{ jam}}$$

$$= 284,4326 \text{ Kg/jam}$$

Menurut [Widowati *et al* (2010)]¹⁰ dalam penelitiannya menunjukkan bahwa rasio perbandingan biochar dan kotoran

ayam adalah 1 : 3. Dengan adanya teori tersebut, maka perkiraan pupuk biochar adalah :

$$\begin{aligned} \text{Biochar} &= 1.535,9362 \text{ Ton/Tahun} \\ &= 284,4326 \text{ Kg/jam} \\ \text{Kot. ayam} &= 4.607,8086 \text{ Ton/Tahun} \\ \frac{4.607,8086 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ Kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{300 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{18 \text{ jam}} \\ &= 853,2979 \text{ Kg/jam} \\ \text{Pupuk biochar} &= \text{biochar} + \text{kot. ayam} \\ &= 6.143,7447 \text{ Ton/Tahun} \\ &= 1.137,7305 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

Pembuatan pupuk biochar berbentuk granul adalah dengan ditambahkan larutan amilum sebanyak 5% dari jumlah pupuk biochar. Perbandingan air dan amilum pada pembuatan larutan amilum adalah sebanyak 10 gram amilum dalam 1 liter air [Ristianingsih *et al*, 2015]¹¹. berdasarkan teori tersebut, maka perkiraan

pupuk biochar berbentuk granul yang didapat adalah sebanyak :

$$\begin{aligned} \text{Lar. amilum} &= 5\% \times \text{pupuk biochar} \\ &= 307,1872 \text{ Ton/Tahun} \\ &= 56,8865 \text{ Kg/jam} \\ \text{Pupuk biochar (granul)} &= \text{pupuk biochar} + \\ &\text{larutan amilum} \\ &= 6.143,7447 \text{ Ton/Tahun} + 307,1872 \\ &\text{Ton/Tahun} \\ &= 6.450,9320 \text{ Ton/Tahun} \\ &= 1.194,6170 \text{ Kg /jam} \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa Pra Rancang Bangun Pupuk Biochar dengan Bahan Baku Cangkang Kemiri menggunakan system *slow pirolisis* yang akan didirikan pada tahun 2021 memiliki kapasitas produksi pupuk biochar sebesar 6.450,9320 Ton/Tahun atau 1.194,6170 Kg /jam.

Tabel 2. Neraca Massa Pada Rotary

| Kiln | | | |
|----------------|---------------|----------|--------|
| Keluar menuju | | | |
| Komponen masuk | spray chamber | cyclone | waste |
| Cangkang | 804,5380 | | |
| Corganik | 314,9559 | | |
| Gas | | 482,6027 | |
| %loss | | | 6,9794 |
| Total | 804,5380 | 804,5380 | |

Tabel 3. Neraca Panas Pada Rotary

| Kiln | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| Panas masuk (Kkal) | panas keluar (Kkal) |
| $\Delta H_1 = 4.117,3801$ | $\Delta H_2 = 113.935,7191$ |
| Q med. Panas masuk = 573.233,3265 | Q med. Panas keluar = 463.414,9875 |
| Total = 577.350,7066 | Total = 577.350,7066 |

Rancangan Rotary Kiln

Kodisi operasi:

Kecepatan alir feed : 804,5380 kg/jam

Kecepatan alir produk : 314,9559 kg/jam

Nama alat : Rotary Kiln

Jenis : Single Shell Direct Heat Rotary Kiln

Kode Alat : B-110

Fungsi :Tempat untuk proses pembakaran bahan baku sehingga mejadi arang (biochar).

Dimensi alat :

a. Silinder (Shell)

Jenis : Silinder Horizontal
 Bahan Konstruksi : High Alloy Steel
 Sa 240 Grade M Type 316
 Diameter dalam (di) : 2,138 m
 Diameter luar (do) : 2,545 m
 Panjang : 9,29 m
 Tebal : 0,204 m
 Kecepatan Putaran : 6 rpm
 Waktu Tinggal : 0,038 Jam
 Kecepatan Solid : 0,005 m/s
 Kemiringan : $3,43^\circ$
 Jumlah : 1 Buah

b. Corong Pemasukkan (Hopper)

Bentuk : Kerucut Terpancung
 Diameter dalam : 1 Ft = 0,3 m
 Diameter luar: $(0,3 \text{ m} + 2 \text{ ts}) = 0,48 \text{ m}$
 Tinggi : 3,839 m
 Jumlah : 1 Buah

c. Sudut – Sudut (Flight)

Jenis : Flight 900 Lip Flight
 Jarak antar flight : 1,2 m
 Tinggi : 0,198 m
 Jumlah : 2 buah

d. Roda Gigi

Bahan Konstruksi : Cast Iron
 Roda Gigi : 170 Buah
 Diameter : 9 Ft = 2,743 m
 Kecepatan Putaran : 24 rpm
 Lebar Permukaan : 7,96 in = 0,2 m
 Safe Strength : 12.625,865 Lb
 PitchLineVelocity: 34,54 meter/menit
 Daya Motor : 13,217 Hp

e. Gigi Pergerakan (Pinion)

Bahan Konstruksi : Cast Iron
 Jumlah Gigi : 28 Buah
 Diameter : 16,58 in = 0,45 m
 Safe Strength : 10.578,428 Lb
 Pitch LineVelocity: 5,69 meter/menit
 Daya Motor : 1,824 Hp

f. Poros Penggerak

Diameter : 0,03 m
 Panjang Poros : 0,533 m
 Bahan Konstruksi : Forger or Hot Roller Steel
 p Carbon Steel : 490 lb/ft³
 Berat Poros : 6,598 lb

g. Roll Supporting

Lebar : 7,96 in = 0,2 m
 Bahan Konstruksi : Cast Iron
 Diameter Roll Supporting: 18 in = 0,46 m
 Berat Roll : 332,959 Lb
 Jumlah : 4 Buah

h. Bearing

Type : Cylindrical Roller Single Row
 Diameter : 110 mm = 0,110 m
 Panjang : 27 mm = 0,027 m
 Jumlah : 2 buah

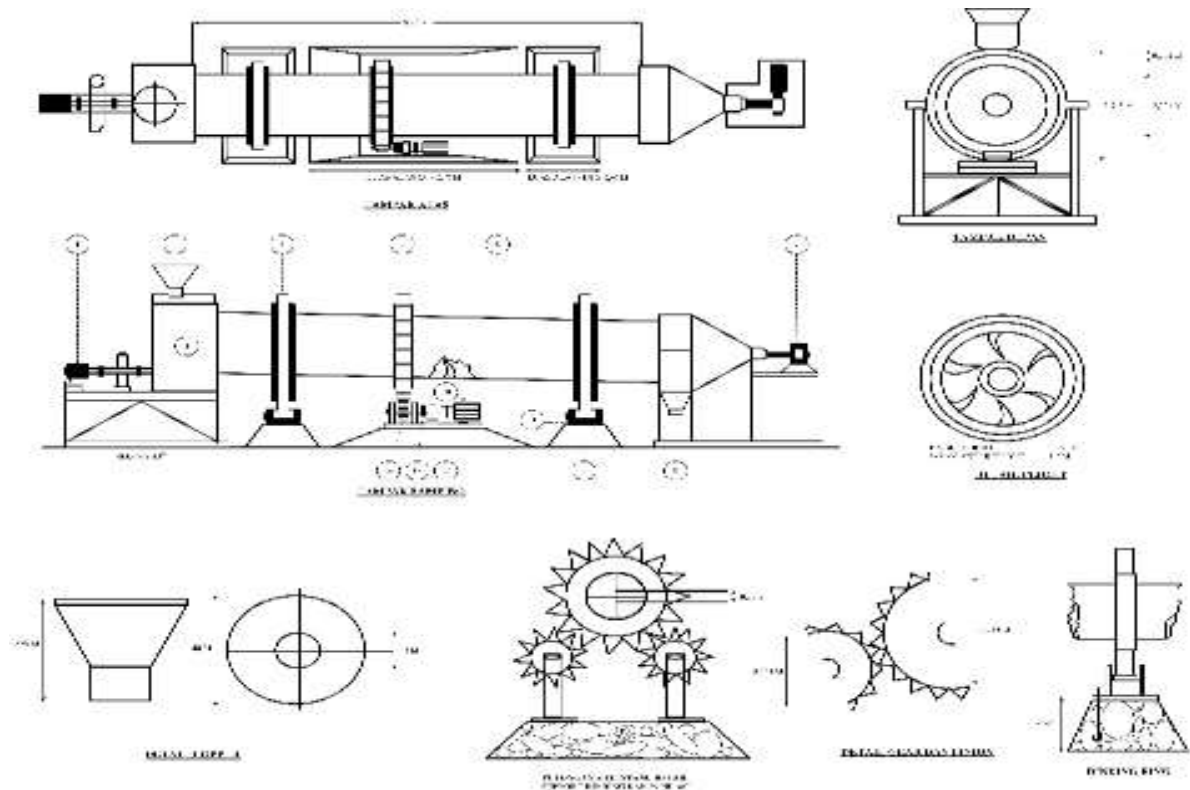
i. Housing

Type: Plummer Blacks (SNL-205)
 Diameter : 52 mm = 0,052 m
 Panjang : 67 mm = 0,067 m
 Jumlah : 2 Buah

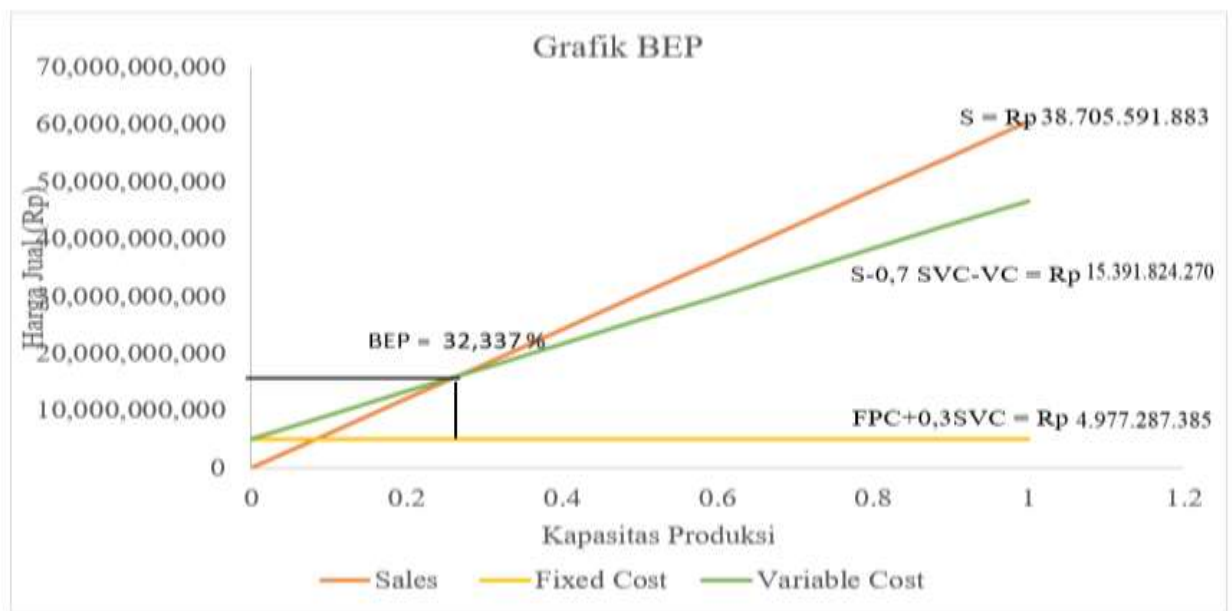
j. Pondasi

Bentuk : Limas
 Bahan Konstruksi : Beton
 Luas Alas Atas : (6 x 8) Ft
 Luas Alas Bawah : (9x 10) Ft
 Tinggi : 5 Ft
 Jumlah : 3 Buah

Gambar 1. Alat Utama Rotary Kiln



Analisa Ekonomi



Titik BEP terjadi pada kapasitas produksi
 = 32,337% x 6.450.932 Kg/tahun
 = 2.086.038 Kg/tahun

Nilai BEP Rancang Bangun Pabrik
 Pupuk Biochar ini berada di nilai
 32,337%, maka BEP ini memadai.

KESIMPULAN

Kesimpulan Pra Rancang Bangun Pupuk Biochar dari Cangkang Kemiri berdasarkan parameter - parameter ekonomi adalah sebagai berikut :

- a. *Return of Investmnet* (ROI) : sebelum pajak 72,077% dan susah pajak 64,859%
- b. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak 1,4 tahun
- c. *Break Even Point* (BEP) 32,337% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 12,153%
- d. *Interest Rate of Return* (IRR) 20,296%, lebih besar dari suku bunga bank saat ini, sehingga investor akan lebih memilih untuk menanamkan modalnya ke pabrik ini dari pada ke bank.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Pari, G. 2005. *Pengaruh Lama Aktivasi Terhadap Struktur Kimia Dan Mutu Arang Aktif Serbuk Gergaji Sengon*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 23(3):207-218. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- [2]Sudrajat, R., 2005. *Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Biji Jarak Pagar*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 23(2);143-162. Pusat Penelitian DanPengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- [3]Darmawan, S. 2004. *Pengolahan dan Pemanfaatan Kemiri*. Prosiding ekspose Diskusi Hasil Hasil Penelitian BPPKNTB, 4 Desember 2004. Kupang.
- [4]Giyanar, Ida Bagus Gde., Nurchayati, dan Yesung Allo Padang,2012.*Pengaruh Persentase Arang Tempurung Kemiri Terhadap Nilai Kalor Briket Campuran Biomassa Ampas Kelapa - Arang Tempurung Kemiri*. Dinamika Teknik Mesin, Volume 2 No.2. Universitas Mataram.
- [5]Setiawan, Y. Yang. 1992. *Penganekaragaman Produk Olahan Kemiri*. Laporan Penelitian Tahun 1992 Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian, Bogor
- [6]Demirbas, A. 2005. *Pyrolysis of Ground Wood in Irregular Heating Rate Conditions*. *J. Anal. and Applied Pyrolysis* 73(2005): 39-43
- [7]Mody Lempang, Wasrin Syafii & Gustan Pari. 2012. *Sifat Dan Mutu Arang Aktif Tempurung Kemiri*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 30 No. 2 : 100-113
- [8]Monika, Ika, dkk., 2009. *Pengaruh Jumlah Umpan Terhadap Waktu Tinggal dan Mutu Karbon Aktif dari Semikokas Air Laya*. Vol. 5 No. 14.
- [9]Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, 2017
- [10]Hartatik dan L.R. Widowati. 2010. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. <balittanah.litbang.deptan.go.id>.Di akses 15 September 2018.
- [11]Ristianingsih, Yuli, dkk., 2015. *Pengaruh Subu dan Konsentrasi Perekat Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses Pirolisis*, Vol. 4 No. 2.