

Pra Rancang Bangun Pabrik Pupuk Biochar Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Kapasitas 11.000 Ton/Tahun Menggunakan Alat Utama Rotary Kiln

Susanto ¹, Taufik Iskandar ², Sinar Perbawani Abrina Anggraini ³

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi

Email: susanto.282930@gmail.com

ABSTRAK

Kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan terbesar di Indonesia dan menghasilkan limbah padat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sangat besar. Pemanfaatan limbah TKKS umumnya dibakar dan dihamparkan pada lahan kosong. TKKS yang melimpah mempunyai potensi untuk dijadikan pupuk dengan penambahan NPK atau disebut pupuk biochar. Pupuk ini sangat baik bagi pembenahan kesuburan tanah dan tanaman pertanian terutama di daerah rawa. Dengan menggunakan teknologi pirolisis dapat menambah nilai ekonomis limbah TKKS dan sebagai solusi pengolahan limbah TKKS. Diharapkan dengan pra desain pupuk biochar dapat memenuhi kebutuhan pupuk pertanian dan memberikan solusi pengolahan limbah yang tepat. Pabrik pupuk biochar dengan kapasitas 11.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2019 di Kabupaten Melawi, Kalimantan Barat. Proses yang digunakan adalah Pirolisis Lambat menggunakan alat Rotary Kiln. Proses ini dapat mengkonversi limbah biomassa menjadi biochar dengan waktu operasi 24 jam dan 300 hari/tahun. Berdasarkan analisa ekonomi, data yang diperoleh sebagai berikut: Total Capital Investment (TCI) Rp. 44.083.460.691; Return Of Investment (ROI_{at}) 66%; Return Ofg investment (ROI_{bt}) 73%; Pay Out Time (POT) 15,8 bulan; Break Event Point (BEP) 31,17%; Shut Down Point (SDP) 1301,203 ton/tahun; Internal Rate of Return; 61,05%. Maka disimpulkan bahwa Pra Rancang Bangun Pabrik Pupuk Biochar Dari TKKS Dengan Kapasitas 11.000 Ton/Tahun Layak Didirikan.

Kata kunci: Pupuk Biochar, TKKS, Pirolisis, Rotary Kiln

ABSTRACT

Palm oil is the largest plantation crop in Indonesia and produce very large Oil Palm Empty Fruit Bunch (TKKS) solid waste. Utilization of TKKS waste is generally only burned and spread on vacant land. The abundant number of TKKS has the potential to be used as fertilizer with the addition of NPK or called biochar fertilizer. This fertilizer is very good for improving soil fertility and agricultural crops mainly in swampy areas. By using pyrolysis technology can add economic value to the TKKS waste and as a solution for treating TKKS waste. It is expected that the pre-design of biochar fertilizers can meet the needs of agricultural fertilizers and provide appropriate waste treatment solutions. A biochar fertilizer plant with a capacity of 11,000 tons / year will be established in 2019 in Melawi Regency, West Kalimantan. The process used is Slow Pyrolysis and uses a Rotary Kiln machine. This process can convert biomass waste into biochar with an operating time of 24 hours and 300 days / year. Based on economic analysis, the data obtained are as follows: Total Capital Investment (TCI) Rp.44,083,460,691; Return of Investment (ROI_{at}) 66%; Return Of investment (ROI_{bt}) 73%; Pay Out Time (POT) 15.8 months; Break Event Point (BEP) 31.17%; Shut Down Point (SDP) 1301,203 tons / year; Internal Rate of Return; 61.05%. So it was concluded that the pre-design of building a biochar fertilizer plant from tkks with a capacity of 11,000 tons/year was worth building.

Keywords: Biochar Fertilizer, TKKS, Pyrolysis, Rotary Kiln

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang menduduki posisi penting dalam sektor perkebunan dengan luas area yang terus meningkat di Indonesia. peningkatan luas area akan meningkatkan jumlah produksi sehingga limbah yang dihasilkan akan meningkat.

Limbah terbesar yang dihasilkan adalah limbah padat berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS), sabut, lumpur, cangkang kelapa sawit dan lain-lain [4]. Dalam 1 ton kelapa sawit mampu menghasilkan limbah cangkang kelapa sawit sebesar 6,5%, lumpur sawit sebesar 4%, serabut sebesar 13%, tandan kosong kelapa sawit sebesar 23% [8]. Dengan jumlah terbesar, pemanfaatan limbah TKKS umumnya hanya dibakar dan dihamparkan pada lahan kosong di area sekitar perkebunan. Memanfaatkan limbah biomassa secara langsung dinilai kurang efisien sehingga perlu diubah menjadi biochar terlebih dahulu [5].

Mengubah TKKS menjadi biochar dapat nilai ekonomis dan mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah. Biochar merupakan arang berbentuk padatan/serbuk dengan karbon tinggi dari pembakaran biomassa tanpa oksigen.

Biochar dapat meningkatkan kualitas tanah, kadar C-tanah, retensi air dan unsur hara dalam tanah. Biochar lebih efektif menahan unsur hara untuk ketersediaan bagi tanaman dibandingkan bahan organik lainnya [7]. Keuntungan lain dari biochar adalah karbon pada biochar bersifat stabil dan dapat tersimpan selama ribuan tahun dalam tanah [3]. Teknologi yang mampu mengubah biomassa menjadi biochar adalah Pirolisis. Pirolisis merupakan proses termokimia dengan perombakan struktur rantai karbon panjang menjadi rantai karbon pendek. Proses pirolisis biasanya

dilakukan pada rentang temperatur 300°C sampai dengan 600°C.

Kadar Nitrogen dan Phospor dalam biochar hasil pirolisis sangat rendah [2]. karena pada proses pirolisis terjadi dekomposisi komponen senyawa sehingga kandungan unsur hara menjadi sangat kecil. Maka, biochar perlu diperkaya dengan unsur hara (N, P dan K) melalui penambahan pupuk anorganik seperti pupuk NPK. Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman untuk pembentukan bagian-bagian vegetatif tanaman. Phospor berperan dalam proses fisiologi tanaman seperti fotosintesis dan respirasi serta membatu perkembangan perakaran.

Kalium berperan dalam aktivitas enzim esensial dalam reaksi fotosintesis dan respirasi [6]. Pada tanah, unsur hara sangat penting sebagai sumber nutrisi dan memperbaiki sifat fisik tanah [9]. Biochar yang telah diperkaya dengan unsur hara dari pupuk NPK kemudian disebut dengan pupuk biochar.

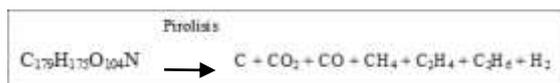
Proses Produksi

Tahapan pertama dalam Proses Produksi Pupuk Biochar dari TKKS yaitu persiapan bahan baku, dimana TKKS dari gudang bahan baku (F-111) diperkecil ukurannya menjadi ukuran 1 cm menggunakan gyratory crusher (C-113) dengan bantuan belt konveyor (J-112). TKKS diperkecil lagi menjadi 1 mm menggunakan ball mills (C-114) yang bertujuan untuk memperluas permukaan saat diproses didalam rotary kiln, sehingga proses pembakaran pada rotary kiln lebih cepat. Disamping itu Bahan penunjang dari gudang pupuk NPK (F-132) masuk ke dalam tangki pencampur (M-134) menggunakan belt konveyor (J-133) dan dicampur dengan air proses (Water Proses)

dengan perbandingan pupuk NPK : Air proses = 1:10.

Dari ball mills (C-114) TKKS dimasukkan kedalam Rotary Kiln (B-110) kemudian dikonversi menjadi biochar dengan suhu 450°C selama 60 menit dan keluar dengan suhu 150°C.

Reaksi Proses:



Biochar hasil pirolisis masuk ke dalam rotary cooler (E-120) untuk menurunkan suhu biochar menjadi 40°C. Pada proses ini biochar dilewatkan ke dalam silinder rotary cooler yang berputar dalam sebuah chamber pendek yang tidak ikut berputar (stationary) selama 50 menit. Pada chamber tersebut terdapat spray air dari cooling tower water. Selain untuk menurunkan suhu spray juga untuk menangkap abu biochar agar tidak terbang dan mencegah biochar terbakar.

Dari rotary cooler biochar diangkut oleh vibratory conveyor (J-131) menuju Mixer II (M-130) dan dicampur larutan pupuk NPK dari bin (F-135) dengan perbandingan biochar : larutan pupuk NPK = 1:3. Kemudian dialirkan ke dalam bak Perendaman (F-141A, F-141B, dan F-141C) dan didiamkan selama 3 hari untuk proses difusi. Selanjutnya ditiriskan untuk memisahkan fase padat dan fase cair menggunakan screener (H-142). Larutan pupuk NPK dari hasil pemisahan akan digunakan kembali (recycle) pada bak perendaman.

Pupuk biochar kemudian diangkut oleh belt conveyor (J-143) kedalam rotary dryer (B-140) untuk proses pemisahan dan pemurnian. Pada rotary dryer, kadar air yang masih terakumulasi akan diuapkan menggunakan steam pada suhu 105°C selama 50 menit. Pupuk bochar yang sudah

kering diangkut menggunakan Belt Conveyor (J-144) untuk dikemas dan disimpan kedalam gudang penyimpanan pupuk biochar (F-145) dan siap untuk didistribusikan.

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 dari TKKS ini utilitas dibagi dalam beberapa unit sebagai berikut:

Unit penyediaan air:

Penyediaan air pada pabrik pupuk biochar diperoleh dari sungai karena air PDAM tidak menjangkau lokasi pabrik. Air sungai digunakan untuk air pemadam kebakaran dan menyiram taman. Kemudian untuk Penyediaan air proses diperoleh dari pengolahan air sungai pada plant water treatment.

Unit penyediaan tenaga listrik:

Sumber listrik dari PLN digunakan untuk motor-motor instrumentasi dan lain-lain yang meliputi: kebutuhan listrik untuk proses, utilitas, penerangan ruang dan jalan area pabrik. Sedangkan sumber listrik dari generator set digunakan sebagai tenaga listrik cadangan saat terjadi pemadaman tak terduga dari PLN.

Unit penyediaan bahan bakar:

Bahan bakar untuk rotary kiln menggunakan natural gas. Sedangkan bahan bakar untuk menjalankan generator set menggunakan solar.

Instrumentasi

Instrumentasi merupakan bagian yang terpenting dalam pengendalian suatu proses produksi. Pengendalian proses meliputi keseluruhan unit pabrik maupun hanya pada unit pabrik yang benar-benar harus

diperlukan secara cermat dan akurat. Variable-variabel yang dikendalikan adalah suhu, tekanan, laju aliran, dan tinggi permukaan cairan seperti ditunjukkan pada Tabel pemasangan Alat Kontrol berikut ini:

Tabel 1. Pemasangan Alat Control

No.	Nama Peralatan	Kode Alat Kontrol
1.	Rotary Kiln	TIC
2.	Rotary Cooler	TIC
3.	Mixer	LC
4.	Bak Perendaman	LC
5.	Bin Pupuk NPK	LC
6.	Rotary Dryer	TIC

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan kapasitas pendirian pabrik didasarkan pada data ketersediaan bahan baku produksi yang sesuai dengan data di Badan Pusat statistik (BPS) seperti pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data produksi tandan kosong kelapa sawit, Kabupaten Melawi Kalimantan Barat.

Tahun	Luas Area (Ha)	Produksi TKKS (Ton)	% Kenaikan
2010	666.810	328.181,48	
			5,7%
2011	700.522	346.914,52	
			21,4%
2012	897.930	421.097,57	
			-1,99%
2013	914.835	412.727,18	
			9,53%
2014	936.407	452.068,45	
Rata-rata persen kenaikan			8,66%

Sumber: [1]

Dalam 1ton buah segar kelapa sawit menghasilkan TKKS sebesar 23% [8]. Produksi TKKS dapat dihitung dibawah ini: Produksi TKKS

$$= 23\% \times \text{Produksi Kelapa Sawit}$$

$$= 23\% \times 1.426.876 \text{ ton} = 328.181,48 \text{ ton}$$

Potensi TKKS pada tahun 2019 dapat dihitung sebagai berikut:

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

Dimana:

F = Nilai tahun mendatang (2019)

P = Nilai tahun sebelumnya (2014)

I = Nilai presentasi kenaikan (0,0866)

N = Selisih tahun (2019-2014) = 5 tahun

Maka dari data diatas didapatkan kapasitas:

$$F = 684.782,58 \text{ ton/tahun}$$

Basis perhitungan Pra rancang bangun pabrik biochar dari TKKS diasumsikan 5% dari potensi yang ada. Maka, dapat dihitung:

$$= 5\% \times 684.782,58 \text{ ton/tahun}$$

$$= 34.239,13 \text{ ton/tahun} = 4.755,43 \text{ Kg/jam}$$

Padatan (Biochar) yang dihasilkan dari hasil proses slow pirolisis adalah sebesar 35%[10]. Sehingga kapasitas produksi adalah

$$= 11.983,7 \text{ ton/tahun} = 11.000 \text{ ton/tahun.}$$

Jadi, Kapasitas dari pra rancang bangun pabrik pupuk biochar dari TKKS dengan proses slow pirolisis yang akan dibangun pada tahun 2019 adalah sebesar 11.000 ton/tahun.

Perancangan Alat Utama Rotary Kiln

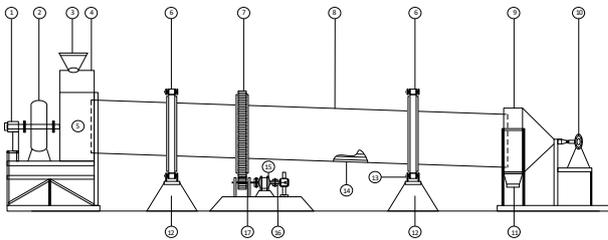
Rotary Kiln merupakan alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa menjadi biochar dengan proses thermokimia. Rotary kiln memiliki bentuk silinder horizontal yang berputar dengan kemiringan 3,583°. Didalam silinder terdapat sudu-sudu yang berfungsi sebagai pengatur aliran bahan agar mendapatkan panas yang merata. Feed akan masuk dari ujung silinder yang lebih tinggi dan silinder akan berputar sehingga feed akan mengalir ke ujung silinder yang lebih rendah dengan lama waktu tinggal yaitu 60 menit. Putaran silinder disebabkan oleh gear dan pinion dimana pinion berada pada silinder yang digerakan oleh gear pada motor penggerak.

Sumber panas didapatkan dari burner dengan bahan bakar natural gas dan berada

di ujung silinder yang searah dengan feed bahan masuk (co-current). Sumber panas yang searah dengan feed bahan masuk diharapkan diharapkan agar efisiensi panas akan lebih maksimal. Burner akan menghasilkan panas dengan suhu 450°C sebagai kondisi operasi dalam proses pembakaran.

Rancangan Rotary Kiln:

- Jenis : Silinder Horisontal
- Bahan Konstruksi : High Alloy Steel Sa 240 Grade M Type 316
- Diameter luar (do) : 1,847 m
- Diameter dalam (di) : 1,834 m
- Volume bahan : 5,241 m³
- Volume silinder : 47,641 m³
- Panjang : 19 m
- Kecepatan Solid : 0,0053 m/s
- Tebal : 0,018 m
- Kecepatan Putaran : 6 rpm
- Waktu Tinggal : 1 Jam
- Kemiringan : 3,583°
- Jumlah : 1 Buah



Gambar 1. Rancang Alat Rotary Kiln

Neraca Massa pada Rotary Kiln dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Neraca Massa Pada Rotary Kiln

Komponen	Masuk (Kg/jam) dari	Keluar (Kg/jam) menuju	
	Belt Conveyor	Rotary Cooler	Waste
C	2557,47	1664,40	
H	207,81		
N	16,64		
S	0,00		
O	1973,51		

Komponen	Masuk (Kg/jam) dari	Keluar (Kg/jam) menuju	
	Belt Conveyor	Rotary Cooler	Waste
CO ₂			1163,27
CO			1225,19
CH ₄			281,33
C ₂ H ₄			80,46
C ₂ H ₆			73,33
H ₂			29,67
%Loss			237,77
	4755,43	1664,40	3091,03
TOTAL	4755,43	4755,43	

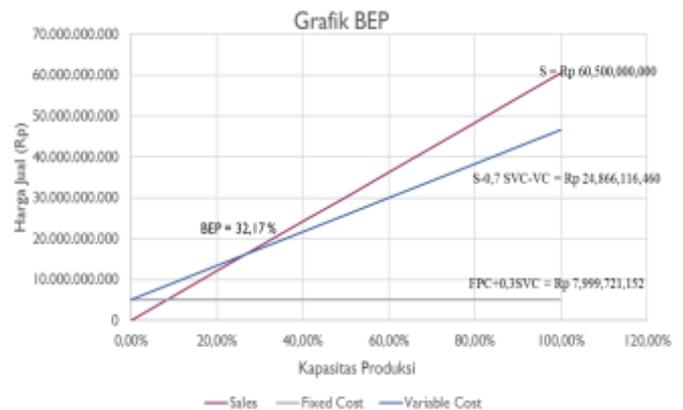
Neraca Panas pada Rotary Kiln dapat dilihat pada Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Neraca Panas Pada Rotary Kiln

Panas Masuk (Kkal)		Panas Keluar (Kkal)	
Δ H ₁	5513,50	Δ H ₂	138705,20
Q	-335180,40	Δ H _r	-468647,77
		Q _{loss}	275,68
Total	-329666,89	Total	-329666,89

ANALISA EKONOMI

BEP adalah titik dimana tingkat kapasitas pabrik berada dalam kondisi tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi. Grafik BEP Pra Rancang Bangun Pabrik Pupuk Biochar dari TKKS adala sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Break Event Point

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa jika FPC dan SVC mengalami peningkatan maka harga penjualan akan ikut meningkat. Dari data tersebut dapat dilihat jika harga penjualan sebesar Rp. 60.500.000.000 sehingga BEP untuk Prarancang Bangun Pabrik Pupuk Biochar sebesar 32,17%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa ekonomi, industri ini layak untuk didirikan berdasarkan dari aspek ekonomi berikut:

- *Total Capital Investment (TCI)*: Rp. 44.083.460.691
- *Return Of investment (ROIbt)*: 73%
- *Return Of investment (ROIat)*: 66%
- *Pay Out Time (POT)*: 15,8 Bulan
- *Break Event Point (BEP)*: 32,17%
- *Shut Down Point (SDP)*: 1301,203 ton/tahun
- *Internal Rate of Return (IRR)*: 61,05%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Indonesia, 2014. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia*. Badan Pusat Statistik Katalog: 5504003. Jakarta Pusat.
- [2] Bhattarai, B., dkk. 2015. *Effect of Biochar from Different Origin on Physio-Chemical Properties of Soil and Yield of Garden Pea (*Pisum sativum* L).* at Paklihawa, Rupandehi, Nepal. *Agricultural Research*, 3(4): 129-138.
- [3] Gani, Anischan. 2009. *Potensi Arang Hayati Biochar sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Laban Pertanian*. *Iptek Tanaman Pangan*. 4(1).
- [4] Haryanti, A. Dkk. 2014. *Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit*. *Konversi*. 3(2).
- [5] Iskandar, Taufik dan Rofiatin, Umi. 2017. *Karakteristik Biochar Berdasarkan Jenis Biomassa dan Parameter Proses Pyrolysis*. *Jurnal Teknik Kimia*. 12(1).
- [6] Lakitan, B. 1993. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- [7] Lehman, J. 2007. *Bioenergy in the black*. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5: 381-387.
- [8] Mandiri. 2012. *Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan*. Danida. Jakarta.
- [9] Naibaho, Darwin C. 2012. *Pengaruh Campuran Media Tumbuh dan Dosis Pupuk NPK (16:16:16) Terhadap Pertumbuhan Kakao (*Theobroma cacao* L) di Pembibitan*. [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [10] Prayogo, C. dkk. 2012. *Karakteristik Dan Kualitas Biochar Dari Pyrolysis Biomassa Tanaman Bio-Energi Willow (*Salix* sp.)*. *Buana Sains*. 12(2): 9-18