Volume 20 Nomor 1, Juni 2025, Halaman 135–140
Jurnal Hutan Tropika
Laman: https://e-journal.upr.ac.id/index.php/JHT
DOI: https://doi.org/10.36873/jht.v20i1.19251
e-ISSN: 2656–9736
p-ISSN: 1693–7643

Coal Ball Seed CBS: Ekonomi Sirkular Limbah Batu Bara Dalam Resolusi Reklamasi Lahan Pasca Tambang

(Coal Ball Seed CBS: Circular Economy of Coal Waste in Post-Mining Land Reclamation Resolution)

Wisnu Wardana[1], Dira[1], Nabila Aulia Dewi[1], Ari Galih Pambuko[1], Reynal Ricardo Siaahan[2], Nanda Satya Nugraha[1], Dian Pratama Putra[3], Teddy Suparyanto[3]
[1] Fakultas Kehutanan INSTIPER Yogyakarta
[2] Fakultas Pertanian INSTIPER Yogyakarta
[3] Fakultas Teknologi Pertanian INSTIPER Yogyakarta
* *Corresponding Author:* nandasatya@instiperjogja.ac.id

Article History
Received : January 30, 2025
Revised : February 26, 2025
Approved : February 26, 2025

***Keywords*:**
Coal, FABA, Reclamation, Coal Ball Seed, Circular Economy

© 2025 Authors
Published by the Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Palangka Raya University. This article is openly accessible under the license:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

ABSTRACT

Indonesia is one of the world's largest producers and exporters of coal. Approximately 60 percent of Indonesia's total coal reserves consist of low-quality coal, which is cheaper and has a calorific value of less than 6,100 kcal/gram. In addition to the combustion of low-quality coal waste, there are also Fly Ash and Bottom Ash (FABA). The circular economy has become an important part of the economic model approach, aiming to drive economic growth while minimizing social and environmental damage. Innovations related to coal waste utilization and post-mining reclamation solutions are key aspects of this approach. This study aims to utilize coal waste as a medium for land reclamation using the circular economy concept. Coal Ball Seed (CBS) is an innovation that packages coal into balls containing seeds, growing media, and nutrients, providing the necessary nourishment for seed growth. The best binder found in this study was soil. Coefficient tests showed that the significance level for the composition was below the 0.05 threshold. The test results indicated aSig. value of 0.00, confirming that Coal Ball Seed (CBS) significantly affects the growth of sengon seeds (Falcataria moluccana. The R-square summary test revealed a value of 38.1%, meaning that the growth of Falcataria moluccana seeds is influenced by the composition of CBS itself, while the remaining 61.9% is influenced by other factors. Thus, the optimal CBS composition uses a ratio of Bottom Ash: Clay: Antracol: Liquid Nutrient. The average nutrient content of CBS was measured at N 9 mg/kg, P 2.6 mg/kg, and K 4.3 mg/kg. The utilization of coal waste into CBS plays a role in the circular economy, and its spherical shape makes it highly feasible for distribution via drones in large-scale reclamation efforts.

Sejarah Artikel
Diterima : 30 Januari 2025
Direvisi : 26 Februari 2025
Disetujui : 26 Februari 2025

Kata Kunci:
Batu bara, FABA, Reklamasi, Coal Ball Seed , Ekonomi Sirkular

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu produsen dan eksportir batu bara terbesar di dunia. Sekitar 60 persen dari cadangan batu bara total Indonesia terdiri dari batu bara kualitas rendah yang lebih murah yang memiliki kandungan kurang dari 6.100 kal/gram. Selain pembakaran limbah batu bara kualitas rendah, ada juga *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA). Ekonomi sirkular menjadi bagian penting karena pendekatan model ekonomi yang bertujuan untuk menghasilkan pertumbuhan ekonomi sehingga selama mungkin yang akan mengurangi kerusakan sosial dan lingkungan, inovasi terkait dengan pemanfaatan limbah batu bara dan solusi reklamasi pasca tambang. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah batu bara menjadi media yang digunakan untuk reklamasi lahan menggunakan konsep sirkular ekonomi. *Coal Ball Seed* (CBS) merupakan pemanfaatan batu bara yang dikemas menjadi bola yang berisi biji, media dan nutrisi sehingga mampu menyediakan nutrisi untuk biji dapat tumbuh.. Hasil yang didapatkan perekat terbaik yakni tanah. Uji coefficients menunjukan bahwasanya taraf uji pada komposisi lebih kecil dengan taraf uji 0,05. Uji Coefficients menunjukan hasil 0,00 pada kolom sig bahwa *Coal Ball Seed (CBS)* berpengaruh pada pertumbuhan biji benih sengon (*Falcataria moluccana*). Uji

© 2025 Penulis
Diterbitkan oleh Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya.
Artikel ini dapat diakses secara terbuka di bawah lisensi:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Summary R square: 38,1% yang artinya pertumbuhan benih Falcataria mollucana dipengaruhi oleh komposisi dari CBS itu sendiri dan 61,9% faktor lainya. Dengan demikian Komposisi terbaik *CBS*, menggunakan perbandingan *bootom ash* : tanah liat : antracol : liquid nutrient, kandungan rata-rata nutrisi CBS sebesar N 9 mg/Kg, P 2,6 mg/Kg, K 4,3 mg/Kg dan pemanfaatan limbah batu bara menjadi CBS memainkan peran dalam sirkular ekonomi dan melalui CBS yangg berbentuk bulat maka sangat memungkinkan untuk diimplementasikan didalam penyebaran menggunakan drone.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu produsen dan eksportir batu bara terbesar di dunia. Sekitar 60 persen dari cadangan batubara total Indonesia terdiri dari batubara kualitas rendah yang lebih murah yang memiliki kandungan kurang dari 6.100 kal/gram. Oleh karena itu, jenis batubara ini dijual dengan harga kompetitif di pasar internasional. Disisi lain, batubara dengan kualitas rendah juga dapat dimanfaatkan untuk menciptakan program hilirisasi batubara guna menganalisis potensi dan menciptakan diversifikasi batu bara sebagai Energi (Afin dan Kiono, 2021).

Penambangan batu bara dapat dilakukan dengan beberapa cara yang satu diantaranya dan seringkali dilakukan adalah penambangan dengan sistem terbuka (*open pit/cast*). Penambangan dengan sistem ini menyebabkan turunnya permukaan lahan tambang, terjadinya timbunan- timbunan baru yang diakibatkan oleh perpindahan lapisan penutup (overburden dan interburden). Untuk mencegah dan/atau mengurangi hal ini, ditempuh cara dengan mengembalikan lapisan penutup ke tempat asalnya, yaitu ke lahan bekas tambang (Sudarmadji dan Hartati, 2013)

Produksi batu bara dalam negeri pada tahun 2010 adalah 108 juta ton, dengan sisa ekspor 45 juta ton . Sekitar 5% polutan padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara terdiri dari *bottom ash* dan *fly ash*. Sekitar 10–20 % merupakan *bottom ash* dan sekitar 80–90% dari *fly ash* terdiri dari total limbah batu bara (Ola dan Silaban, 2018). Limbah Batu bara di Indonesia terbagi menjadi dua yaitu 1) Limbah batu bara dengan kalori rendah dimana batubara ini tidak banyak dimanfaatkan untuk produksi sehingga menjadi material yang tidak berguan, dan 2) *Fly Ash* dan *Bottom Ash* (FABA) yang merupakan material sisa pembakaran batu bara.Kedua material batu bara ini belum banyak dimanfaatkan dan diolah menjadi produk produk bernilai tinggi sednagkan tuntutan dari Pemerintah Indoensia terkait dengan EBT (Energi Baru Terbarukan) menjadi skala prioritas (Winarno et al., 2019).

Fly ash dan *bottom ash* (FABA) merupakan limbah B3 yang merupakan limbah yang dihasilkan oleh PLTU dengan memanfaatkan batu bara sebagai bahan bakar yang menghasilkan sumber energi. Limbah abu batubara ini, baik abu dasar maupun abu terbangnya memiliki sifat dan komposisi yang relatif sama dengan bentuk asalnya yaitu batubara *Fly ash* dan *bottom ash* (FABA) hasil proses produksi batu bara menjadi limbah tidak dimanfaatkan karena kandungan zat beracun (Ansari dan Prianto, 2021). Limbah batu bara berupa FABA mengandung unsur kimia antara lain silica (S2O2), alumina (Al2O3), Fero oksida (Fe2O3) dan kalsium oksida (CaO) dan juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO) titanium oksida (TiO2), alkalin (Na2O dan K2O), sulful trioksida (SO3), pospor oksida (P2O5) dan karbon (Ardi et al., 2021).

Limbah abu batubara ini, baik *Fly ash* dan *Bottom ash* (FABA) memiliki sifat dan komposisi yang relatif sama dengan bentuk asalnya yaitu batubara. Secara kimia, abu batu bara merupakan mineral aluminosilikat yang banyak pemanfaatan sebaiknya dijadikan alternatif untuk menunjang atau menggantikan peran lapisan tanah atas. Abu terbang batubara mengandung mineral yang dibutuhkan tanaman seperti unsur hara makro, kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), kalium (K), nitrogen (N) dan fosfor (P) (Ferdian et al, 2023). *Fly ash* dan *bottom ash* (FABA) perlu

dimanfaatkan kembali menjadi bahan yang berguna sehingga volume abu dapat berkurang. Diperlukan inovasi untuk memberi nilai tambah (*add value*) abu ini menjadi bahan yang bisa dimanfaatkan kembali sebagai kekuatan ekonomi sirkular (Winarno et al., 2019).

Dalam mengatasi permasalahan tentang *Fly Ash* dan *Buttom Ash* yang menumpuk maka diperlukan satu inovasi terkait dengan pemanfaatan terkait limbah tersebut yang kemudian pada hal ini akan terkoneksi dengan konsep ekonomi sirkular. Ekonomi sirkular menjadi bagian penting karena pendekatan ekonomi sirkular mendukung model ekonomi yang bertujuan untuk menghasilkan pertumbuhan ekonomi sehingga mempertahankan nilai produk, bahan, dan sumber daya dalam ekonomi selama mungkin yang akan mengurangi kerusakan sosial dan lingkungan yang disebabkan oleh pendekatan ekonomi linear. Tantangan selanjutnya adalah terkait dengan reklamasi lahan, dimana kegiatan pertambangan yang ada di Indonesia menghasilkan lahan yang marjinal dan miskin unsur hara oleh sebab itu maka inovasi dengan seed ball menjadi alternatif. Seed ball dapat dilakukan dengan penyebaran mengunakan drone dengan membawa seed ball kedaerah daerah yang sulit dijangkau dan jauh jaraknya oleh sebab itu dibutuhkan seed ball dengan tekstur yang kuat sehingga pada saat dijatuhkan tidak rusak atau hancur. Dan menimbang bahwa penanaman manual lambat dan membutuhkan banyak tenaga. Teknologi robotik terbaru memungkinkan menggunakan drone untuk mengirimkan seed ball langsung ke lokasi yang diinginkan. Drone memiliki kemampuan untuk menjatuhkan seed ball di sepanjang rute yang telah ditentukan dan bekerja sama dengan pengawas manusia untuk menyelesaikan tugas dalam lahan reklamasi pasca (Asher, 2023).

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan tempat

Riset ini dilakukan selama 4 bulan, dimulai sejak bulan Mei – September 2024. Tempat pelaksanaan riset ini adalah:

1. Laboratorium Biologi Fakultas Kehutanan INSTIPER Yogyakarta
2. Laboratorium Central INSTIPER Yogyakarta
3. Pilot Plan INSTIPER Yogyakarta
4. Kutanam Laboratorium and Utilities Yogyakarta

2.2. Obyek, Alat dan Bahan Penelitian

Limbah *Bottom Ash* diperoleh dengan mengoleksi dari Kutanam Laboratorium, di Kabupaten Bantul , Yogyakarta. Limbah *Bottom Ash* didapat dengan membelinya langsung. Sementara biji *Leguminosae* diperoleh dengan membelinya secara online.

2.3. Prosedur Penelitian

Bottom ash dihaluskan dengan menggunakan mesin *disk mill* tipe FFC 23 mahkota untuk memperoleh ukuran pertikel yang seragam. *Bottom Ash* yang telah dihaluskan kemudian dimasukan ke dalam oven untuk mengeringkan *bottom ash*. Selanjutnya *bottom ash,* tepung segitiga biru, tepung tapioka *Rose Brand*, dan tanah lempung di sinari dengan sinar UV untuk mensterilisasikan dari patogen dan kandungan yang tidak diinginkan. *Bottom ash* dicampur dengan masing masing bahan perekat berupa tepung tapioka, tepung terigu, dan tanah lempung. Masing masing *bottom ash* dan bahan perekat dicampur dengan *aquadesh*, Kalinet nutrisi cair/ pupuk cair sebagai nutrisi tambahan, serta ditambahan *fungisida Antracol* untuk menghindari adanya jamur . Semua bahan tersebut dicampurkan untuk mendapatkan perbandingan komposisi yang tepat. Adonan *ball seed* yang telah jadi kemudian dibentuk menggunakan cetakan *ball seed* dengan adonan diletakan ke dalam cetakan yang ditengahnya diberi biji *Leguminosae. Ball seed* yang telah dibentuk selanjutnya dibaluri dengan dolomit untuk menetralkan pH *ball seed* sebagai penunjang pertumbuhan biji *Leguminosae*. Kemudian ball seed dijemur untuk memberikan tekstur keras pada ball seed sehingga ketika disebarkan dengan ketinggian tertentu ball seed tidak mudah hancur. Kemudian dilakukan uji lapangan yang terdiri

dari uji pertumbuhan biji *Leguminosae* yang dilakukan dalam Aquarium biji *Leguminosae* yang disebar pada *Aquarium* simulator ukuran 70cm x 50cm x 50cm yang telah terisi pasir sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dengan mangamati petumbuhan akar, jumlah daun dan panjang rambat dari biji *Leguminosae*, selanjutnya monitoring lingkungan dilakukan dengan mengamati kelembapan dengan menggunakan alat *Humidity* meter, dan intensitas cahaya matahari dengan menggunakan alat *Lux* meter sebagai pengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan biji *Leguminosae.*

2.4. Analisa Data

Dari hasil pengambilan uji lapangan kemudian data yang didapat dianalisis dengan menggunakan uji regresi berganda dengan rumus (Winarno et al., 2019):

$Y=\alpha + \beta1\ X1 + \beta2\ X2 + \beta3\ X3$

Dengan keterangan sebagai berikut :

Y = Pertumbuhan *Coal Ball Seed* (CBS)

X1 = Komposisi Material *Coal Ball Seed* (CBS)

X2 = Kelembapan lingkungan

X3 = Intensitas Cahaya.

3. Hasil Penelitian

Komposisi terbaik dalam pembuatan *CBS (Coal Ball Seed)* yaitu dengan menggunakan perbandingan *bootom ash*: tanah liat: antracol: *liquid nutrient*, berikut merupakan komposisi terbaik *CBS (Coal Ball Seed)*.

Tabel 1. Komposisi *Coal Ball Seed* Dari Semua Perlakuan

No	Perekat	Batu Bara (gr)	Perekat (gr)	Liquid Nutrien (gr)	Antracol	Status
1	Tapioka	1,5	2	0,5	1,2	Tidak tumbuh
2	Tapioka	2	1	0,5	1	Tidak tumbuh
3	Tapioka	2	2	1	1,5	Tidak tumbuh
4	Tapioka	1,6	1,5	0,5	1,6	Tidak tumbuh
5	Terigu	1,5	2	0,5	1,2	Tidak tumbuh
6	Terigu	2	1	0,5	1	Tidak tumbuh
7	Terigu	2	2	1	1,5	Tidak tumbuh
8	Terigu	1,6	1,5	0,5	1,6	Tidak tumbuh
9	Tanah	1,5	2	0,5	1,2	Tumbuh
10	Tanah	2	1	0,5	1	Tumbuh
11	Tanah	2	2	1	1,5	Tumbuh
12	Tanah	1,6	1,5	0,5	1,6	Tumbuh

Tabel 2. Komposisi Terbaik *CBS (Coal Ball Seed)*

No	Perlakuan	Batu Bara	Tanah	Liquid Nutrien (gr)	Antracol (gr)
1	1	1,5	2	0,5	1,2
2	2	2	1	0,5	1
3	3	2	2	1	1,5
4	4	1,6	1,5	0,5	1,6

Hasil uji ANOVA menunjukan bahwa Sig 0,00, dimana nilai 0,00 < 0,05 (taraf uji) maka hasil ini menunjukan bahwa hasil dari uji ini signifikan (Aziza et al., 2024).

Tabel 3. Uji ANOVA

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	927.243	3	309.081	8.426	.000b
Residual	1.503.868	41	36.680		
Total	2.431.111	44			

Komposisi CBS berpengaruh terhadap pertumbuhan karena hasil dari uji coefficients menunjukan bahwasanya taraf uji pada komposisi lebih kecil dengan taraf uji 0,05. Dimana pada hasil uji Coefficients menunjukan hasil 0,00 pada kolom sig. yang artinya komposisi dari CBS dinyatakan berpengaruh terhadap pertmbuhan dari benih sengon (*Falcataria moluccana*) (Aziza et al., 2024).

Tabel 4. Hasil Uji Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Correlations
mode	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Zero - order
constant	-8.882.158	9784.902		.908	.369	
komposisi	5.333	1.106	.592	4.823	.000	.592
Humadity	-.103	.103	-.124	-1.003	.322	-.134
Intensitas	1.680	1.851	.112	.907	.369	.123

Dengan dilakukanya uji regresi berganda faktor pendukung pertumbuhan benih *Falcataria moluccana* komposisi dari CBS (*Coal Ball Seed*) menunjukan bahwa pada tabel Summary R square : 38,1% yang artinya pertumbuhan benih Falcataria mollucana dipengaruhi oleh komposisi dari CBS itu sendiri dan 61,9% faktor lainya (Aziza et al., 2024.

Tabel 5. Hasil Uji Model Summary

model	R	R Square	Adjust R Squre	Std. Error of the Estimate	R Squre Change	F Change
1	.618[a]	.381	.336	6.05638	.381	8.426

Dengan dilakukanya uji kandungan nutrisi CBS menunjukan setiap sampel CBS terkandung rata -rata nutrisi sebesar N 9 mg/Kg, P 2,6 mg/Kg, K 4,3 mg/Kg.

Tabel 6. Hasil Uji Kandungan Nutrisi CBS

Nutrient Content	Hasil	Rata-Rata
N	27 mg/Kg	9 mg/Kg
P	8 mg/Kg	2,6 mg/Kg
K	13 mg/Kg	4,3 mg/Kg

Keberadaan nutrisi didalam CBS memberikan nutrient stock untuk benih dapat hidup dan tumbuh, sehingga didalam pertumbuhannya, benih mendapatkan asupan nutrisi. Peran penting nutrisi bagi tanaman adalah sebagai supply untuk perkembangan dan pertumbuhan tanaman sehingga tanaman dapat memankan fungsi fisiologisnya (Putra, et al., 2024).

4. Kesimpulan dan Saran

1. Komposisi terbaik CBS, menggunakan perbandingan bootom ash : tanah liat : antracol : liquid nutrient.
2. Kandungan rata-rata nutrisi CBS sebesar N 9 mg/Kg, P 2,6 mg/Kg, K 4,3 mg/Kg.
3. Pemanfaatan limbah batu bara menjadi CBS memaikan peran dalam sirkular ekonomi dan melalui CBS yangg berbentuk bulat maka sangat memungkinkan untuk diimplementasikan didalam penyebaran menggunakan drone, mengingat pemanfaatan ini akan menghilangkan faktor pembatas didalam reklamasi seperti akses yang susah dan jarak yang jauh sehingga memunculkan nilai efektifitas dan efisiensi yang tinggi didalam resolusi reklamasi pasca tambang.

Daftar Pustaka

A. P. Afin and B. F. T. Kiono, “Potensi Energi Batubara serta Pemanfaatan dan Teknologinya di Indonesia Tahun 2020 – 2050 : Gasifikasi Batubara,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 2, pp. 144–122, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11429.

Laudia Tysara, “Bahaya Limbah Batu Bara Terhadap Pencemaran Udara dan Air di Indonesia, Bagaimana Pencegahannya?,” Liputan 6.

T. Sudarmadji and W. Hartati, “Upaya Pemulihan dan Potensi Keterpulihan Lahan Pasca Tambang Batu Bara,” *Rekl. Lahan Pasca Tambang Aspek Kebijakan, Konserv. dan Teknol.*, pp. 11–23, 2013.

A. L. Ola and D. P. Silaban, “Komposit bata beton ringan dari fly ash dan bottom ash limbah batubara pabrik minyak nabati lightweight concrete brick composite from fly ash and bottom ash coal waste vegetable oil company,” *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 12, no. 1, pp. 47–55, 2018.

H. Winarno, D. Muhammad, and Y. G. Wibowo, “Pemanfaatan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash Dari Pltu Sumsel-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block,” *J. Tek.*, vol. 11, no. 1, p. 1067, 2019, doi: 10.30736/jt.v11i1.288.

V. Ansari and E. Prianto, “Ciptakan Rumah Ramah Lingkungan dengan Material Dinding Limbah Fly Ash dan Bottom Ash (FABA),” *Pros. Semin. Nas. dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2021.

R. Ardi, R. M. Rustamaji, and E. Priadi, “Sifat-Sifat Fisis Campuran Fly Ash Dan Bottom Ash (Faba) Dengan Tanah Timbunansifat-Sifat Fisis Campuran Fly Ash Dan Bottom Ash (Faba) Dengan Tanah Timbunan,” *J. Tek.*, vol. 21, no. 1, pp. 2–5, 2021, doi: 10.26418/jtsft.v21i1.59181.

I. Ferdian, M. Faizal, and H. Hasanudin, “Potensi Fly Ash dan Bottom Ash Sebagai Sumber Alternatif Top Soil di Lahan Reklamasi

Pasca Tambang Batubara," *J. Penelit. Sains*, vol. 25, no. 1, p. 81, 2023, doi: 10.56064/jps.v25i1.793.

C. Asher, "New Tree Tech: Cutting-edge drones give reforestation a helping hand," *Mongabay*, Brazillian, 2023.

N. Aziza, E. Wijaya, Rinawati, R. N. Utami, and T. A. Negsih, *Pengantar Statistik : Analisis Varian (ANOVA)*, no. February. 2024.

D. P. Putra, N. S. Nugraha, M. P. Bimantio, T. Suparyanto, And B. Pardamean, "Biological Planting Media As Marginal Land Resolution With Local Bio Introduction Soil is a planting material that has a variety of functions in it , its main function has a lot of influence on life and almost all living things on earth . The most signifi," pp. 1–14, 2024.