

Karakteristik Fisik Kompos Blok Dari Campuran *Fly Ash Bottom Ash* (FABA), Dengan *Sludge Black Water* dan Kotoran Ternak

Physical Characteristics of Compost Blocks from a Mixture of Fly Ash Bottom Ash (FABA), With Sludge Black Water and Livestock Manure

Putri Setiani, Akbar Febriansyah, Hafidz Imanudin*, Metta Octavia Pujakumara
Program Studi Teknik Lingkungan, Departemen Teknik Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Kec. Lowokwaru, Kota Malang 65145, Indonesia

*Email korespondensi : afidzimanudin@student.ub.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan energi batu bara secara besar-besaran dapat menghasilkan abu pembakaran yaitu FABA (*Fly Ash* dan *Bottom Ash*) yang mengandung unsur logam berat yang membahayakan apabila terlepas ke media lingkungan. Pupukan merupakan salah satu pengaplikasian dalam peran mengurangi jumlah FABA yang dapat dimanfaatkan untuk kesuburan tanaman serta lebih lanjutnya pembuatan kompos blok dapat dimanfaatkan sebagai media tanam yang bisa membantu pembibitan reklamasi lahan pasca tambang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi campuran bahan organik dan abu batu bara (FABA) yang paling baik dalam pembuatan kompos blok sesuai SNI 19-7030-2004, mengetahui nilai tekanan pencetakan agar dapat dihasilkan produk kompos blok yang ideal dan untuk mengetahui kompos blok yang paling baik berdasarkan parameter sifat fisik, daya serap air, densitas dan kuat tekan bahan pada pengaplikasiannya dalam bentuk kompos blok. Penelitian ini menggunakan bahan-bahan organik yaitu FABA, *sludge black water* (SBW), kotoran ternak (KT), sekam padi, dan EM4 sebagai aktivator bakteri pembusukan kompos. Dalam pembuatan kompos blok menggunakan 2 jenis variasi starter, yaitu 100% KT dan 100% SBW serta dalam perlakuannya, kompos blok dicetak menggunakan 2 jenis perlakuan kuat tekan yaitu 200 psi dan 300 psi menggunakan alat pencetak kompos blok. Penelitian ini menggunakan model Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan dilanjutkan dengan Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kompos blok dapat dibuat dengan mencampurkan bahan organik dan FABA dengan perekat tapioka, tekanan pencetakan yang paling baik adalah pada kuat tekan 300 psi dan perlakuan terbaik dari segi densitas, daya serap air, dan kuat tekan serta dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 dan P3 adalah perlakuan terbaik.

Kata kunci: batubara, dekomposisi, fly ash-bottom ash, kompos blok

ABSTRACT

The massive use of coal energy can produce combustion ash that contains heavy metal elements that are harmful when released into environmental media. Fertilization is one of the applications in the role of reducing the amount of FABA that can be used for plant fertility and furthermore, block composting can be used as a planting medium that can help nursery post-mining land reclamation. This study aims to determine the composition of the mixture of organic matter and coal ash (FABA) which is best in making compost blocks according to SNI 19-7030-2004, find out the value of printing pressure in order to produce the ideal block compost product and to find out the best block compost based on the parameters of physical properties, water absorption, density and compressive strength of the material in its application in the form of compost blocks. This study used organic materials, namely FABA, sludge black water (SBW), manure (KT), rice husks, and EM4 as an activator of compost rot bacteria. In making block compost using 2 types of starter variations, namely 100% KT and 100% SBW and in the treatment, block compost is printed using 2 types of compressive strength treatment, namely 200 psi and 300 psi using a block compost printer. This study used the Complete Randomized Design model then a follow-up test of the Least Significant Different (LSD) was carried out. The results of this study show that compost blocks can be made by mixing

organic matter and FABA with tapioca adhesive, The best printing pressure is at a compressive strength of 300 psi and the best treatment in terms of density, water absorption, and compressive strength and compared with SNI 19-7030-2004 and P3 is the best treatment.

Keywords: coal, decomposition, fly ash-bottom, compost block

PENDAHULUAN

Abu batu bara PLTU merupakan penyumbang terbesar produksi FABA (*fly ash-bottom ash*) akan menjadi penyumbang pencemaran pula bagi lingkungan jika tidak menangani masalah FABA (*fly ash-bottom ash*) ini dengan baik. Limbah batu bara yang diperoleh dari sisa pembakaran batu bara secara sederhana dengan corong gas dan dapat menyebar ke atmosfer (Rhazista, 2013). Batu bara yang melalui proses pembakaran melalui PLTU menghasilkan sebuah produk sisa berupa material-material yang terbang dan terendapkan, dimana yang terbang dapat disebut *fly ash*, sedangkan yang mengendap adalah *bottom ash* (Aisyana, 2022). Sekitar 5% pembakaran batubara menghasilkan polutan padat (*fly ash-bottom ash*), dimana masing-masing menghasilkan 10-20% untuk *bottom ash* dan 80-90% adalah kandungan *fly ash* yang terdapat dari polutan padat yang dihasilkan dari pembakaran (Wardani, 2008). Zat-zat yang bersifat racun dalam FABA (*fly ash-bottom ash*) diperkirakan tidak hanya mencemari tanah, udara dan air setempat, tetapi juga akan menyebabkan kerusakan pada kesehatan manusia melalui rantai makanan (Prameswara, 2017).

Pemanfaatan limbah pembakaran batu bara di Indonesia lebih banyak dimanfaatkan di bidang infrastruktur seperti bahan baku konstruksi, semen, pembuatan refraktori, dan *road base* untuk pengerasan jalan (Damayanti, 2018). *Fly ash* dapat dijadikan sebagai bahan substitusi parsial semen. Hal ini karena *fly ash* dapat membawa sifat pozzolan yaitu istilah yang menyatakan material dengan kandungan silika dan alumunium pada suhu normal akan berinteraksi secara kimiawi dengan kalsium hidroksida dan berubah menjadi senyawa dengan karakteristik cementitious (mengikat) (Ashad et al., 2020). *Bottom ash* sebagai hasil limbah pembakaran batu bara PLTU dapat dimanfaatkan sebagai media tanam menggunakan metode hidroponik (Kinati dan Djoko, 2017). *Fly Ash*

dan *Bottom Ash* memiliki kandungan unsur yang diperlukan dalam tumbuhan dan dapat dijadikan sebagai bahan nutrisi pertumbuhan tanaman. Kandungan bahan organik yang beragam serta berkemampuan menjadi matriks pengikat mikroorganisme, *fly ash* dan *bottom ash* dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dalam upaya reklamasi lahan pasca tambang sebagai campuran dalam media tanam dan kompos blok (Su et al., 2021).

Kompos merupakan pupuk yang berasal dari bahan-bahan organik (sampah organik) yang mengalami proses pelapukan disebabkan oleh adanya interaksi antara mikroorganisme (bakteri pembusuk) yang berperan didalamnya. Pupuk kompos banyak digunakan karena tidak merusak lingkungan, tidak memerlukan biaya yang banyak, proses pembuatan yang mudah serta tidak sulit ditemukan (Bachtiar dan Ahmad, 2019). Salah satu teknologi dalam pengomposan adalah kompos blok. Kompos blok merupakan kompos yang dipadatkan menjadi sebuah bentuk tertentu yang dapat mengeliminasi penggunaan pot plastik atau *polybag* (Prihastanti, 2015). Kompos blok difungsikan sebagai media tanam khususnya digunakan dalam media tanam pembibitan (Novita et al., 2021). Penggunaan kompos blok sebagai media tanam dapat mempercepat waktu pembedihan, merangsang pertumbuhan akar dan daun. Kompos blok dapat digunakan sebagai media pembibitan pada proses pertumbuhan beberapa jenis tanaman seperti tanaman cabai, tomat, labu dan lain sebagainya. Pembuatan kompos blok dapat dilakukan dengan menggunakan alat cetak sederhana seperti pipa paralon atau dengan menggunakan mesin press kompos blok yang telah disesuaikan dengan kebutuhan yang akan digunakan (Pudjojono dan Suryaningrat, 2008). Kompos blok yang akan digunakan adalah kompos blok yang berasal dari pengomposan menggunakan campuran bahan organik dengan abu batu bara.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi campuran bahan organik dan abu batu bara (FABA) yang paling baik dalam pembuatan kompos blok, mengetahui nilai tekanan pencetakan agar dapat dihasilkan produk kompos blok yang ideal dan untuk mengetahui kompos blok yang paling baik berdasarkan parameter sifat fisik, daya serap air, densitas dan kuat tekan bahan pada pengaplikasiannya dalam bentuk kompos blok dan diharapkan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi limbah batu bara serta menambah nilai ekonomi.

BAHAN DAN METODE

Perlakuan Awal Bahan

Pelaksanaan penelitian pembuatan kompos blok dibagi menjadi beberapa tahapan yang terdiri dari pengujian karakteristik dari FABA, *sludge black water* yang sudah dikeringkan dibawah sinar matahari, dan limbah kotoran ternak yang telah dikeringkan di bawah sinar matahari hingga struktur dan permukaannya menjadi butiran. Kemudian pembuatan dekomposisi FABA dengan campuran bahan organik, pematangan kompos, pencetakan kompos blok, dan yang terakhir adalah pengujian karakteristik fisik tanah. Seluruh bahan dilakukan pengeringan sehingga diperlukannya penyesuaian kadar air agar proses dekomposisi dapat berjalan dengan baik dan efektif (Simamora, 2021).

Dekomposisi

Pengomposan atau dekomposisi dilakukan dengan cara aerob dan *anaerob* menggunakan campuran bahan-bahan berupa *fly ash bottom ash* (FABA), *sludge black water*, kotoran ternak, dan sekam padi. Proses dekomposisi tersebut berjalan selama 14 hari. Terdapat dua jenis starter yang digunakan, yaitu *sludge black water* (SBW) dengan perbandingan 50% serta starter kotoran ternak (KT) dengan perbandingan 50%. Perbandingan FA (*fly ash*) dan BA (*bottom ash*) 1:1 ; 1:3 ; dan 0:1. Untuk campuran EM4 perbandingan yang digunakan adalah 0.7% dan sekam padi 24.3% tetap pada seluruh perlakuan.

Tabel 1. Presentase Bahan Setiap Perlakuan

Perlakuan	Bahan (%)			
	FA	BA	SBW	KT
P1	12.5	12.5	50	0
P2	12.5	12.5	0	50
P3	6.25	18.75	50	0
P4	6.25	18.75	0	50
P5	0	25	50	0
P6	0	25	0	50

(Data Penelitian yang Diolah, 2022).

Pengujian Akhir Dekomposisi

Setelah diproses selama kurang lebih 14 hari, maka kompos blok yang sudah dicetak selanjutnya siap untuk diuji karakteristik kimiawinya. Pengujian karakteristik kimiawi yang diujikan adalah kadar C-organik total, N-total, P-total, K-total, C/N rasio, pH, serta kandungan logam berat Cr, Cu dan Zn pada kandungan lindinya. Pengujian akhir ini bertujuan untuk membandingkan hasil perlakuan yang berupa data kuantitatif dengan SNI 19-7030-2004. Pada pengujian ini perlakuan terbaik dilakukan berdasarkan rasio C/N tertinggi dalam rentang SNI 19-7030 2004. Starter *sludge black water* diwakilkan oleh P5 aerob dan P5 anaerob karena memiliki rasio C/N sebesar 13,47 dan 11.01, sementara starter kotoran ternak diwakilkan oleh P4 aerob dan P6 anaerob karena memiliki rasio C/N sebesar 15.61 dan 15.18.

Logam Berat

Pengujian TK dilakukan hanya kepada perlakuan terbaik yang diperoleh selama pengomposan dari masing-masing starter dan metode.

Tabel 2. Hasil pengujian total konsentrasi logam pada kompos

Perlakuan	Parameter (ppm)		
	Cu	Zn	Cr
TK-A*	3000	15000	2000
TK-B*	750	3750	500
TK-C*	30	120	1
P4 Aerob	1.445	2.268	1.324
P5 Aerob	5.065	9.521	1.750
P5 Anaerob	2.798	5.302	0.945
P6 Anaerob	0.796	1.419	0.726

Keterangan: Limbah B3 kategori 1 (>TK-A), limbah B3 kategori 2 (TK-A_TK-B), limbah B3

kategori 3 (TK-B_TK-C), dan tanah pelapis dasar (<TK-C). Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021

Pengambilan perlakuan terbaik dari masing-masing starter dimaksudkan mewakili uji TK pada jenis starter yang berbeda untuk mengetahui kinerja kompos terbaik dalam mereduksi logam berat. Uji TK juga akan menjadi pertimbangan keputusan untuk menentukan variasi kompos yang akan dijadikan bahan untuk pembuatan blok. Berdasarkan hasil uji TK, P5 anaerob dan P6 anaerob dipilih karena seluruh kadar TK dikategorikan tanah pelapis dasar.

Pencetakan Kompos Blok

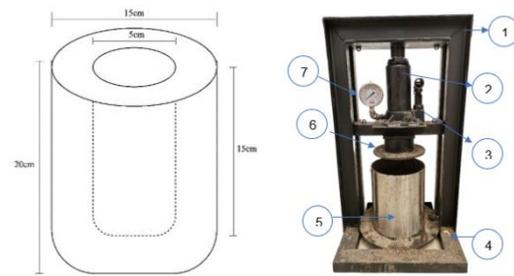
Setelah dilakukannya proses dekomposisi selama 14 hari hasil dekomposisi tersebut dapat dikatakan sudah memenuhi persyaratan untuk pengomposan, selanjutnya adalah pembuatan kompos blok dari produk dekomposisi. Sebelum dicetak produk dekomposisi akan dicampur dengan tanah serta perekat yang berasal dari tepung tapioka. Untuk membuat perekat digunakan 250 gram tepung tapioka dan dilarutkan pada 300 mL air, setelahnya dipanaskan dalam air mendidih sebanyak 700 mL hingga mengental (Novita, 2021). Tabel 3 merupakan komposisi perlakuan.

Tabel 3. Perlakuan Kompos Blok

Perlakuan	Kuat Tekan (Psi)	SBW (%)	KT (%)
P1	200	100	0
P2	200	0	100
P3	300	100	0
P4	300	0	100

Alat Cetak Kompos Blok

Rancang bentuk kompos blok disesuaikan dengan ukuran cetakan wadahnya. Cetakan kompos terbuat dari lempengan alumunium yang potong kemudian disusun dengan alat las sehingga menyerupai bentuk kompos yang ingin dicetak. Memiliki lubang ditengahnya yang bertujuan untuk dapat memasukkan kompos kedalam cetakan dan juga sebagai tempat untuk membuat lubang ditengah ketika kompos sudah dicetak nanti. Pada Gambar 1. Merupakan visualisasi desain alat cetak kompos blok.



Gambar 1. Alat Cetak Kompos Blok

Pada Gambar 1. mengenai alat cetak kompos blok ditunjukkan penampang alat pencetak kompos blok dengan dimensi tinggi 60 cm, Panjang 35 cm dan lebar 35 cm. Adapun masing-masing komponen dan fungsinya yaitu pada nomor 1 merupakan rangka utama dalam alat cetak kompos yang memiliki bentuk persegi Panjang dengan dimensi Panjang 60 cm tegak dan lebar 35 cm juga memiliki ketebalan 5 cm berfungsi sebagai penyangga utama dari alat cetak. Pada nomor 2 merupakan dongkrak hidrolik berkekuatan 5 ton yang berfungsi sebagai penggerak utama tuas penekan/*press*. Pada nomor 3 merupakan tuas penggerak yang digunakan untuk menggerakkan tuas penekan dengan sistem pompa. Nomor 4 merupakan penyangga dasar yang terbentuk dari besi plat dengan dimensi 35cm x 35 cm berbentuk persegi dengan ketebalan sebesar 3 cm yang berfungsi untuk menyangga berdirinya alat. Pada nomor 5 merupakan cetakan kompos blok yang digunakan sebagai media untuk menaruh kompos. Nomor 6 merupakan penampang tekan yang memiliki diameter tekan sebesar 15 cm mengikuti bentuk dari cetakan kompos, dan nomor 7 merupakan manometer minyak dengan tekanan maksimal 900 psi atau 60 kg.cm⁻² yang berfungsi untuk mencatat banyaknya tekanan yang masuk dari perlakuan penekanan kompos blok.

Pengujian Densitas Kompos Blok

Setelah dicetak selanjutnya kompos blok dilakukan pengukuran dimensi (diameter panjang dan tinggi kompos) untuk mencari nilai volume kompos yang kemudian dicatat. Pengukuran dimensi dan perhitungan kerapatan (densitas) kompos blok dengan menggunakan persamaan :

$$\rho(\text{gr/cm}^3) = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

m = Massa kering kompos (gram)
v = Volume bangun (cm³)

Pengujian Laju Kadar Air Harian

Pengujian % laju kadar air harian diuji untuk mengukur nilai penguapan atau pengurangan kadar air selama proses pengeringan per harinya. Pengukuran tersebut diukur dengan mengkalkulasikan berat awal dengan berat akhir dibandingkan dengan lamanya waktu pengeringan (hari). Adapun perhitungan yang digunakan untuk menghitung % laju pengurangan kadar air harian adalah :

$$L(\% \text{ per hari}) = \frac{m_i - m_u}{w} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

L = Laju penurunan kadar air rata-rata
M_i = Kadar air awal kompos (%)
M_u = Kadar air akhir kompos (%)
W = Lama pengeringan (hari)

Pengujian Daya Serap Air Kompos

Setelah dicetak dengan mesin pencetan kompos blok, selanjutnya adalah melakukan pengujian daya serap air (*water holding capacity*). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kapasitas kadar air yang dapat ditampung. Metode yang digunakan adalah dengan uji perkolasi yaitu kompos blok yang sudah dikeringkan kemudian dimasukkan kedalam wadah besar. Lalu wadah tersebut diisi air hingga kurang lebih ½ badan kompos terendam oleh air selama ± 24 jam. Setelah 24 jam didiamkan kemudian ditimbang berat setelah direndam dan juga sebelum direndam. Adapun perhitungan yang digunakan untuk menghitung daya serap air (%) adalah :

$$\text{Daya Serap Air}(\%) = \frac{A-B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

A = Berat basah blok (gram)
B = Berat kering blok (gram)

Pengujian Kuat Tekan Kompos Blok

Pengujian kuat tekan menggunakan kompos blok yang sudah dicetak kemudian dilakukan pengujian dengan alat press concrete compressive strength atau menggunakan brazilian test. Prosedurnya yaitu meletakkan sampel yang akan diuji, kemudian menekan tuas dan mengkalibrasi "nol" jarum penunjuk kuat tekan, lalu jalankan mesin kuat tekan dengan penambahan beban sebesar 2-4 kg.cm⁻² sampai benda uji pecah (hancur), lalu mencatat daya kuat tekan benda uji tersebut dalam satuan kg.cm⁻², setelah itu menghitung nilai kuat tekan kompos blok dengan persamaan :

$$\text{Kuat Tekan (kg/cm}^2) = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

P = Beban maksimum (kg)
A = Luas bidang tekan (cm²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Fisik Kompos Blok

Kompos hasil dekomposisi yang digunakan yaitu menggunakan perlakuan terbaik menggunakan metode anaerob (minim oksigen) dengan campuran komposisi yaitu P3 (50% SBW; 0% FA; 25% BA; 24.3% SP dan 0.7% EM4) dan P6 (50% KT; 0% FA; 25%BA; 24.3% SP dan 0.7% EM4). Pemilihan komposisi tersebut dipilih berdasarkan parameter kimia (C-Organik, N, C/N Rasio, P, K) yang terbaik serta karakteristik fisik yaitu berdasarkan persentase kadar air akhir dan warna akhir kompos



Gambar 2. Perubahan Kondisi Fisik Kompos

Pada perlakuan dikeringkan selama 3 hari dengan rata-rata suhu sebesar 30-35°C menghasilkan perubahan warna. Perubahan warna berbanding lurus dengan pengurangan kadar airnya. Menurut Martunis (2012), pada proses pengeringan,

semakin tinggi suhu pengeringan dan semakin lama perlakuan (durasi) pengeringannya maka akan semakin banyak pigmen warna yang berubah. Hal tersebut didukung dengan adanya perubahan warna pada perlakuan. Pada hari ke-0 untuk perlakuan P1 dan P3 yang awalnya berwarna hitam legam kemudian pada hari ke-3 berubah menjadi keabu-abuan. Begitu pula dengan perlakuan P2 dan P4 yang semula berwarna coklat keabu-abuan menjadi coklat kecerahan pada hari ke-3. Hal tersebut menandakan adanya perubahan warna yang dipengaruhi oleh lamanya pengeringan. Adanya proses pengeringan juga menyebabkan pengerutan pada bahan sehingga menyebabkan pengerasan pada dinding selulosa dan karbohidrat (Yunita dan Rahmawati, 2015). Pengaruh dari bahan perekat tambahan yang digunakan pada pembentukan kompos blok yaitu tepung tapioka juga menyebabkan struktur kompos menjadi lebih keras dan lebih padat. Tambahan perekat berfungsi sebagai penambah kuat ikatan antar ruang partikelnya sehingga menyebabkan keteguhannya semakin tinggi (Pane et al., 2015).

Dimensi dan Densitas Kompos

Setelah dianalisis secara fisik kemudian dilakukan pengukuran dimensi dan perhitungan kerapatan (densitas) kompos blok diperoleh nilai densitas berserta dengan rincian dimensi Panjang (cm) dan tinggi (cm) dari setiap perlakuan kompos blok pada Tabel 4.

Pada perlakuan P1 dan P3 terlihat bahwa memiliki densitas atau kerapatan partikel yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan P2 dan P4, tetapi volumenya relatif lebih kecil. Hal tersebut terjadi dikarenakan pada perbandingan massa awal yang sama yaitu 2,1 kg memiliki dimensi cetak yang berbeda antara starter SBW dan KT. Rata-rata volume untuk starter SBW adalah sebesar 1727,30 cm³ dan 1910,26 cm³ sedangkan untuk starter KT adalah 2869,63 cm³ dan 2864,18 cm³. Berdasarkan hubungan tersebut dapat dikatakan bahwa besaran volume sangat berpengaruh terhadap densitas atau kerapatan partikel yang dapat dibuktikan dengan perbandingan pada grafik, semakin tinggi volume yang dihasilkan maka tingkat

kerapatan akan cenderung semakin rendah begitu sebaliknya semakin kecil volume yang dihasilkan maka tingkat kerapatan akan semakin tinggi. Kerapatan (densitas) tersebut juga dipengaruhi oleh jenis partikel yang dijadikan bahan blok. Pada stater menggunakan SBW dan KT terjadi perbedaan besar jenis partikel yang digunakan. Ketika partikel-partikel tersebut mengisi rongga kosong dalam cetakan maka partikel akan berhimpit dan semakin rapat, dengan rapatnya jarak antar partikel menyebabkan tingkat kekerasan bahan akan meningkat (Bahtiar, 2016). Tingkat kerapatan dan kekerasan juga dapat dipengaruhi oleh adanya penambahan perekat, yang mana dalam penelitian ini menggunakan tepung tapioka sehingga menyebabkan ikatan antar muka (*interface*) lebih kuat sehingga material hasil cetak akan semakin kuat (Muslim, 2012). Densitas atau kerapatan jenis pada masing-masing starter juga dipengaruhi oleh kadar air dari masing-masing starter.

Diketahui kadar air pada starter SBW adalah sebesar 61% sedangkan pada starter KT adalah 51%, dalam hal ini kadar air mempengaruhi besaran densitas karena massa jenis partikel pada kadar air yang lebih besar akan mengakibatkan besarnya densitas yang dihasilkan. Hal tersebut mempengaruhi kualitas kompos blok dimana kompos blok yang tersusun dari bahan starter yang memiliki densitas yang besar dikarenakan besarnya kandungan kadar air akan lebih kuat secara fisik dibandingkan dengan bahan starter yang densitasnya kecil.

Hasil ANOVA menjelaskan adanya pengaruh perbedaan stater terhadap besarnya nilai densitas kompos blok maka dilakukan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) yang menghasilkan bahwa perbedaan stater kompos menghasilkan beda yang sangat nyata.

Kadar Air

Pengukuran kadar air yang dimaksudkan adalah pengukuran pengurangan kadar air harian akibat dari pengeringan dibawah sinar matahari. Data pengukuran tersebut ditampilkan pada Tabel 5.

Berdasarkan perhitungan didapatkan hasil bahwa semakin besar densitas maka semakin besar pula % laju pengurangan kadar air. Densitas atau tingkat kerapatan tersebut menjadi pengaruh yang cukup besar, semakin tinggi nilai densitas kompos blok maka air dari udara luar sulit terserap sedangkan kompos blok dengan densitas yang rendah akan mudah menyerap air dari udara (Qistina et al., 2016). Berdasarkan hal tersebut laju penurunan akan semakin cepat dikarenakan kadar air dari udara luar sukar terserap dan karena kerapatan yang cukup tinggi maka laju transfer penguapan air ke udara akan lebih cepat dibandingkan dengan densitas yang kurang rapat (Wicaksono, 2018). Ketika kompos blok yang dihasilkan memiliki densitas yang kecil, maka mudahnya air dari udara luar dapat masuk kedalamnya, namun hal tersebut juga menyebabkan laju transfer penguapannya akan semakin besar. Kompos blok yang baik adalah kompos blok yang dapat menyerap air dan sirkulasi penyerapan airnya baik. Dalam hal ini densitas memiliki pengaruh yang cukup besar dalam menentukan kualitas kompos yang baik berdasarkan hal tersebut.

Adanya pengaruh perbedaan starter dan tekanan cetak terhadap besarnya pengurangan kadar air pada hasil uji ANOVA. Kemudian, dilakukan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) yang menghasilkan perbedaan starter dan tekanan cetak kompos menghasilkan beda yang sangat nyata, akan tetapi keterkaitannya tidak berbeda nyata.

Daya Serap Air

Pengukuran daya serap air dilakukan dengan menguji besaran nilai penyerapan air oleh kompos blok (perkolasi) dihasilkan hasil pada Tabel 6.

Rata-rata berat setelah perendaman tertinggi dimiliki oleh P3 yang mana juga dengan perhitungan daya serap air memperoleh rata-rata % daya serap air tertinggi yaitu sebesar 66.03% dengan standar deviasi sebesar 3.94% yang diikuti oleh P1 dengan rata-rata % daya serap air sebesar 63.60%, P4 dengan rata-rata % daya serap air sebesar 60.45% dan terakhir P2 dengan rata-rata % daya serap air sebesar 58.45%.

Ardi (2016), menyatakan bahwa besaran nilai densitas berbanding terbalik dengan daya serap air. Semakin besar densitas maka sampel akan semakin rapat yang menyebabkan air atau uap air menjadi sulit untuk mengisi rongga tersebut sehingga rongga tersebut akan menjadi semakin kecil dan nilai penyerapan air menjadi kurang maksimal. Hal lain yang mempengaruhi juga adalah massa jenis awal bahan yaitu dimana massa jenis pada stater jenis SBW memiliki massa jenis yang lebih padat dibandingkan dengan KT oleh karena itu dapat mempengaruhi kerapatan jenis dari sampel blok yang dihasilkan. Tidak adanya pengaruh perbedaan starter dan tekanan cetak kompos terhadap besarnya nilai daya serap air dikarenakan menghasilkan $F_{hitung} < F_{tabel}$ serta signifikansi $P > 0.05$ pada hasil uji ANOVA.

Kuat Tekan Kompos

Pengujian terakhir adalah pengujian kuat tekan kompos yang dilakukan dengan menggunakan mesin press. Tujuannya adalah menekan kompos blok sampai hancur untuk menilai tekanan atau beban maksimum yang dapat ditahan oleh keseluruhan sisi dari kompos blok yang memiliki bentuk tabung. Lebih lengkapnya untuk data pengukuran kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 4. Dimensi, volume dan densitas kompos blok

Kode	Dimensi		Volume (cm ³)	Massa (gr)	Densitas (gr/cm ³)
	Diameter (cm)	Tinggi (cm)			
P1	16.2 ± 0.43	9.2 ± 0.28	1727.30 ± 90.15	1269.67 ± 28.6	0.736 ± 0.03
P2	16 ± 0.0	15.7 ± 0.61	2869.63 ± 120.35	1444 ± 69.9	0.503 ± 0.004
P3	15.5 ± 0.0	10.5 ± 0.41	1910.26 ± 47.46	1427.67 ± 30.64	0.748 ± 0.02
P4	15.8 ± 0.26	16.1 ± 0.26	2864.18 ± 73.47	1541.67 ± 24.08	0.539 ± 0.016

Tabel 5. Data pengukuran kadar air harian

Kode	Kadar Air Awal (%)	Kadar Air Akhir (%)	Densitas (gr/cm ³)	Laju Penurunan (%/hari)
P1	61	33.81 ± 1.47	0.736 ± 0.03	9.06 ± 0.49
P2	51	41.69 ± 2.81	0.503 ± 0.004	3.10 ± 0.94
P3	61	41.14 ± 1.24	0.748 ± 0.02	6.62 ± 0.41
P4	51	45.50 ± 0.86	0.539 ± 0.016	1.83 ± 0.29

Tabel 6. Pengukuran daya serap air

Kode	Berat Sebelum Perendaman (gr)	Berat Setelah Perendaman (gr)	Densitas (gr/cm ³)	Daya Serap Air (%)
P1	1269.7 ± 28.61	2064.67 ± 68.66	0.736 ± 0.03	62.60 ± 3.10
P2	1444 ± 69.90	2291.33 ± 210.985	0.503 ± 0.004	58.45 ± 9.59
P3	1427.7 ± 30.64	2369.33 ± 26.132	0.748 ± 0.02	66.03 ± 3.94
P4	1541.7 ± 24.08	2473 ± 58.80	0.539 ± 0.016	60.45 ± 4.41

Tabel 7. Perhitungan kuat tekan kompos

Kode	Luas Penampang (cm ²)	Beban (kg)	Densitas (gr/cm ³)	Tekanan (kg/cm ²)
P1	206.2 ± 11.1	18.7 ± 2.5	0.736 ± 0.03	0.091 ± 0.016
P2	201.0 ± 0	5.3 ± 2.5	0.503 ± 0.004	0.027 ± 0.012
P3	188.6 ± 0	16.7 ± 3.4	0.748 ± 0.02	0.095 ± 0.009
P4	197.7 ± 6.5	7.3 ± 2.5	0.539 ± 0.016	0.037 ± 0.012

Diketahui bahwa rata-rata luas penampang terkecil dimiliki oleh P3 yang mana memiliki luas penampang rata-rata sebesar 188,6 cm². P1 memiliki rata-rata luas penampang yang paling besar dengan rata-rata luas penampang sebesar 206.2 cm². Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh hasil bahwa untuk P1, P2, P3 dan P4 memiliki besaran nilai tekan rata-rata yaitu 0.091 kg.cm⁻² dengan deviasi 0.016 kg.cm⁻², 0.027 kg.cm⁻² dengan deviasi 0.012 kg.cm⁻², 0.095 kg.cm⁻² dengan deviasi kg.cm⁻² dan 0.037 kg.cm⁻² dengan deviasi 0.012 kg.cm⁻².

Semakin besar nilai densitasnya maka nilai kuat tekannya juga akan semakin besar. Menurut Ardi (2016), nilai kuat tekan meningkat seiring dengan besarnya nilai densitas karena material sampel akan semakin rapat yang menyebabkan ikatan antar partikel semakin kompak dan kuat sehingga rongga udara dalam sampel mengecil. Dalam hal ini dapat dinyatakan bahwa densitas merupakan salah satu faktor

penentu dari kuat tekan kompos blok. Semakin besar densitas yang dihasilkan maka semakin besar pula nilai kuat tekan yang terukur.

Hasil ANOVA menjelaskan adanya pengaruh perbedaan stater terhadap besarnya nilai kuat tekan kompos blok maka dilakukan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) yang menghasilkan bahwa perbedaan stater kompos menghasilkan beda yang sangat nyata.

Tekanan pencetakan kompos blok yang ideal untuk membuat kompos blok adalah menggunakan tekanan dengan kuat tekan 300 psi karena menghasilkan rata-rata nilai densitas, daya serap air, penurunan kadar air harian serta nilai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan variasi 200 psi. Variasi 200 psi cukup baik dalam kerapatan namun dimensi yang terbentuk cenderung kurang sesuai dengan kriteria desain. Perlakuan terbaik pada P3 karena pada uji densitas, daya serap, dan kuat tekan merupakan

perlakuan dengan nilai terbaik dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Selain itu setelah dibandingkan dengan SNI 19-7030-2004 untuk kesesuaian daya serap minimum dan warna kompos sudah memenuhi standar yang telah ditetapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada lembaga penelitian Universitas Brawijaya, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, dan Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Brawijaya. Penulis juga mengucapkan terima kasih atas program pendanaan Hibah Doktor Non Lektor Kepala FTP UB-2022-0024068704 sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyana, Maulana R. 2022. Politik Kebijakan Limbah Energi: Analisis Kebiakan Penghapusan Limbah Faba dari Daftar Limbah Berbahaya di Indonesia. *Jurnal Ilmu Sosial Indonesia* (3): 90-98
- Ardi, A.W. 2016. Uji Kuat Tekan, Daya Serap Air dan Densitas Material Batu Bata dengan Penambahan Agregat Limbah Botol Kaca. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Ashad, Hanafi., Sudarman S., dan Anwar M. 2020. Pemanfaatan Limbah Pembakaran Batu Bara Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Teknik Sipil* (5): 76-83
- Bachtiar B., Ahmad A.H. 2019. Analisis Kandungan Hara Kompos Johar Cassia siamea Dengan Penambahan Aktivator Promi. *Jurnal Bioma : Jurnal Biologi Makassar* 4(1), 69-76
- Bahtiar. 2016. Pengaruh Variasi Komposisi Terhadap Densitas dan Kekerasan Pada Manufaktur Keramik Lantai. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Damayanti, Retno. 2018. Abu Batubara dan Pemanfaatannya: Tinjauan Teknik Karakteristik Secara Kimia dan Toksikologisnya. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* 14 (3), 213-231.
- Kinasti, Rr Mekar Ageng., dan Djoko Nugroho N. 2017. Pemanfaatan Limbah Pembakaran Batubara (Bottom Ash) pada PLTU Suralaya Sebagai Media Tanam dalam Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Kajian Ilmu dan Teknologi* (6): 81-162
- Martinus. 2012. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Kuantitas dan Kualitas Pati Kentang Varietas Granola. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia* 4 (3), 26-30.
- Muslim, M.K. 2012. Pengaruh Fraksi Berat Sekam Padi Terhadap Densitas, Kekuatan Bending dan Kekuatan Tarik Bahan Komposit Sekam Padi-Urea Formaldehyde. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Novita, E., Wahyuningsih S., Minandasari, F. A., & Pradana, H. A. 2021. Variasi Jenis dan Ukuran Bahan pada Kompos Blok Berbasis Limbah Pertanian sebagai Media Pertumbuhan Tanaman Cabai. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), 85-95
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Prameswara, B. 2017. Analisis Pengaruh Variasi Jenis Batubara dalam Proses Aglomerasi Bijih Nikel Laterit Terhadap Kadar Ni dan Fe serta Morfologi Aglomerat sebagai Bahan Umpan Mini Blast Furnase. Tugas Akhir. Departemenn Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknnohli Sepuluh Nopember
- Prihastanti, E. 2015. Ultrastructure and Nutrient Content of Waste Sago and The Potential as Compost Block for Plant Growth Media. 5th International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Sciences and Its Application, 45-46. ISSN: 978-602-71169-7-9
- Rhazista, Noviardi. 2013. Limbah Batubara Sebagai Pembenh Tanah dan Sumber Nutrisi Studi Kasus Tanaman Bunga Matahari (*Healiantus Annus*). *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan* (23): 61-72

- Qistina, L., Sukandar, D., Trilaksono. 2016. Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa. *Jurnal Kimia Valensi* 2 (2), 136-42.
- Simamora, L. L. B. 2020. Dekomposisi Coal Fly Ash Menggunakan Black Water Fly dan Sekam Padi Secara Anaerob. Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.
- SNI 19-7030-2004 Tentang Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik
- Su, H., Lin, J., Chen, H., & Wang, Q. (2021). Production of a novel slow-release coal fly ash microbial fertilizer for restoration of mine vegetation. *Waste Management* 73 (124): 185-194.
- Wardani, S. P. R., 2008. Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Pidato Pengukuhan Guru Besar. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- Wicaksono, G.A. 2018. Karakteristik Pembakaran Biobriket Berbahan Baku Limbah Padat Industri Gula dengan Beda Kuat Tekanan Menggunakan Metode Thermogravimetri Analisis (TGA). Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Yunita, M. dan Rahmawati. 2015. Pengaruh Lama Pengeringan Terhadap Mutu Manisan Kering Buah Carica (*Carica candamarcensis*). *Jurnal Konversi* 4 (2), 18-28