

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551

TRANSFORMASI INOVASI: PEMANFAATAN LIMBAH BATU BARA MENJADI PUPUK

(Innovative Transformation: Utilizing Coal Waste As Fertilizer)

Risa Wentasari^{1*}, Helmi Zadzali², Egi Nur Muhamad Sidiq², Khairul Anam³, Irma Lisa Sridanti⁴, Herdhata Agusta⁵, Sudradjat⁵, Hariyadi⁵, Mochamad Hasjim Bintoro⁵

¹Program Doktor Agronomi dan Hortikultura, IPB University; ²Program Magister Agronomi dan Hortikultura, IPB University, Jalan Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680 Jawa Barat, Indonesia; ³PT Amas Interconsult, Jl. Yasmin Raya No. 64 Kelurahan Curug, Bogor, 16113 Indonesia; ⁴Program Studi Doktor Ilmu Pertanian Universitas Bengkulu, Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371A, Indonesia; ⁵Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB University, Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga Bogor 16680 West Java, Indonesia

*Corresponding author, Email: 78wentasari@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

This literature study aims to review technological developments in the use of coal as fertilizer. The method used in this study is a systematic review. Article searches were carried out using Google Scholar with the keywords "Coal for Fertilizer" and "Pupuk Batu bara". At the end of the search, 14 articles were found consisting of 7 in Indonesian and 7 in English, then a narrative review was carried out. The conclusion of this study is that the use of coal as fertilizer was developed by utilizing low quality coal and coal waste: fly ash, bottom ash, humic acid and brown coal. The technology for using it as fertilizer is carried out by applying simple chemical and organic fertilizers together, or in the form of granular and slowrelease fertilizers.

Keyword: waste, coal, fertilizer

ABSTRAK

Studi literatur ini bertujuan melakukan review terhadap perkembangan teknologi dalam pemanfaatan batu bara sebagai pupuk. Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah sistematik review. pencarian artikel dilakukan menggunakan google scholar dengan kata kunci "Coal for Fertilizer" dan "Pupuk Batubara". Pada akhir pencarian ditemukan 14 artikel terdiri dari 7 berbahasa Indonesia dan 7 berbahasa Inggris, selanjutnya dilakukan naratif review. Kesimpulan dari kajian ini adalah pemanfaatan batu bara sebagai pupuk dikembangkan dengan memanfaatkan bahan batu bara mutu rendah dan limbah batu bara: fly ash, bottom ash, asam humat dan brown coal. Teknologi pemanfaatannya sebagai pupuk dilakukan dengan mengaplikasikan bersama pupuk kimia dan organik secara sederhana, maupun dalam bentuk pupuk granul dan slow release.

Kaca kunci: limbah, batu bara, pupuk

PENDAHULUAN

Produksi batubara Indonesia sebesar 725 juta ton, atau 7% dari produksi batu bara global, di bawah posisi China dengan produksi 50 persen (4.43 miliar ton) dan India dengan produksi 10 persen (1,03 miliar ton) dan (Ahdiyati, 2023; Taufani M.R.I, 2023).

Dengan cadangan batubara saat ini sebesar 38,84 miliar ton dan laju produksi sebesar 600 juta ton per tahun, cadangan batubara Indonesia diperkirakan masih tersedia selama 65 tahun jika tidak ada temuan baru (Kementerian ESDM RI, 2021). Potensi cadangan batu bara tersebar di sepuluh provinsi, yaitu Kalimantan Timur (13,61

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551

miliar ton), Sumatra Selatan (9,29 miliar ton), Kalimantan Selatan (3,67 miliar ton), Kalimantan Tengah (1,99 miliar ton), Jambi (1,65 miliar ton), Kalimantan Utara (531,57 juta ton), Aceh (428,65 juta ton), Riau (359,12 juta ton), (Bengkulu: 103,3 juta ton) dan Sumatra Barat: 23,63 juta ton (Ahdiyati, 2022).

Sebagian besar batu bara yang diproduksi Indonesia merupakan batu bara thermal, serta 75% produksinya diperuntukan ekspor. Administrasi Informasi Energi Amerika Serikat (EIA) pada tahun 2022 memperkirakan produksi batu bara jenis ini secara global mencapai 7,22 miliar ton. China merupakan produsen terbesar (3,56 miliar ton) disusul dengan India (886 juta ton) dan Indonesia berada pada diposisi ketiga dengan jumlah 615 juta ton. (Sandria 2023). Jenis batubara thermal yang di Ekspor adalah kualitas menengah (5100-6100 cal/gram) dan kualitas rendah (<5100 cal/gram) yang sebagian besar permintaannya berasal dari Cina dan India (Indonesia Investment Report, 2024). Batubara thermal merupakan batubara yang umum digunakan sebagai bahan bakar pembangkit Listrik atau pembangkit listrik uap. Berdasarkan Tingkat dan kadar kalori batu bara terdiri dari 4 tingkat yaitu: kualitas I merupakan batu bara dengan kalori 6.000 kkal/kg GAR atau lebih, kualitas II merupakan batu bara dengan kalori antara 5.600 kkal/kg - < 6.000 kkal/kg GAR, kualitas III merupakan batu bara dengan kalori antara 4.700 kkal/kg - < 5.600 kkal/kg GAR dan kualitas IV merupakan batu bara dengan kalori < 4.700 kkal/kg GAR (Kementrian ESDM, 2008).

Penambangan batu bara merupakan proses yang kompleks dari tahapan prospeksi, eksploitasi, pengolahan/pemurnian/pengilangan, yang

membutuhkan sumberdaya dan biaya yang sangat tinggi. mencakup investasi dalam peralatan berat, infrastruktur penunjang, tenaga kerja, serta upaya mitigasi dampak lingkungan. Produksi batubara PT. Pancaran Surya Abadi, kecamatan Muara Badak Kab. Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur pada tahun 2021 sebanyak 305,100 MT/Tahun dan produksi Overburden sebanyak 1,054,815 BCM/Tahun, maka didapatkan biaya produksi batubara sebesar Rp. 103,900.11/MT dan biaya overburden sebesar Rp. 41,176.94/BCM atau \$ 2,88/BCM (Nurfaysa *et al.*, 2022). Oleh karena itu pemanfaatan batubara harus dilakukan secara efisien, seperti proses penambangan dengan teknologi mutakhir, pemanfaatan limbah, dan restorasi lahan bekas tambang, serta pemanfaatan batubara sebagai sumber humus untuk pertanian. Sehingga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dan memberikan manfaat ekonomi yang maksimal.

Pemanfaatan batubara sebagai pupuk didasarkan pada kemampuan material ini untuk meningkatkan kualitas tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman. Batu bara adalah endapan senyawa organik karbonat yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuh tumbuhan. Sehingga batu bara memiliki kandungan unsur utama sama dengan tumbuhan yaitu mengandung unsur utama yang terdiri dari unsur C, H, O, N, S, P, sehingga dikembalikan pada tanah akan menyubang nutrisi. Media tanam organik-zeolit dan brown coal memberikan produktivitas biologis yang tinggi untuk tanaman yang ditanam di atasnya, berpotensi digunakan dalam budidaya tanaman (Eprikashvili *et.al.*, 2017). Pemanfaatan limbah batu bara dan diatomite dapat meningkatkan ketersediaan fosfor (P) dan

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551

kalium (K) dalam tanah, serta menurunkan pH tanah yang berdampak pada ketersediaan unsur hara mikro yang penting bagi pertumbuhan tanaman (Sayyari-Zahan *et al.*, 2015).

Penggunaan batubara sebagai pupuk juga berpotensi mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis, yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Dengan demikian, pemanfaatan batubara sebagai pupuk tidak hanya mendukung praktik pertanian berkelanjutan tetapi juga memberikan solusi inovatif dalam pengelolaan limbah batubara. Dalam artikel ini mencoba mengali sejauh mana

perkembangan teknologi dalam pemanfaatan batubara sebagai pupuk. Tujuan dari studi literatur ini adalah melakukan review terhadap perkembangan teknologi dalam pemanfaatan batubara sebagai pupuk.

BAHAN DAN METODE

Studi literatur diawali dengan melakukan pencarian menggunakan google scholar dengan kata kunci “Coal for Fertilizer” dan “Pupuk Batubara”. Pada akhir pencarian ditemukan 14 artikel terdiri dari 7 berbahasa Indonesia dan 7 berbahasa Inggris (Tabel 1). Hasil artikel kemudian dilakukan naratif review, penyusunan dan penyajian hasil.

Tabel 1. Hasil pencarian literatur

Scoping	Kata Kunci	
	Coal for Fertilizer	Pupuk Batu bara
Awal	479 000	15 500
Scoping tahun 2014-2024	27 500	12 900
Scoping dengan Judul	19	70
Scoping dengan Abstrak	7	7

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan batu bara dan jenis pupuk

Perkembangan penelitian terkait penggunaan batu bara masih relative sedikit ditemukan, akan tetapi hasilnya telah dapat memberikan kontribusi positif dalam dunia pertanian dan pertambangan itu sendiri. Bahan yang digunakan merupakan batubara

dengan kadar rendah dan limbah yang dihasilkan. Berupa asam humat dari batu bara dan limbahnya, Abu pembakaran berserta fly ash dan bottom Ash, coal seam gas, dan brown coal. Jenis pupuk dan kontribusinya pun beragam antara lain : sebagai bahan pembenah tanah, pelengkap pupuk organik dan anorganik, pemupukan dengan osmosis, pupuk slow release (Tabel 2).

Tabel 2. Bahan batubara dan jenis pupuk

NO	Bahan Batubara	Jenis Pupuk	Sumber	Tahun
1	Humat Limbah batubara lignit	Bahan pembenah tanah	Zhao dan Naeth	2024
2	Fly ash	Pelengkap bahan organic	Fahrunsyah	2023
3	Bottom Ash	Pupuk Organik	Elawati dan Fahik	2022
4	Humat	Pelengkap Pupuk an Organik	Marlina	2022
5	Fly Ash	Slow Release	Su <i>et al</i>	2021
6	Pound Ash	Berpotensi menjadi pupuk	Ritest <i>et al</i>	2021
7	Flay Ash	Pelengkap pupuk organic	Febriana <i>et al</i>	2021
8	Humat	Pelengkap pupuk an organic	Wurieslyiane <i>et al</i>	2021

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551

9	Brown Coal	Granular compound	Mikos-Szymańska	2019
10	Humat	Pupuk Organik	Syafrullah	2018
11	Fly Ash	Slow release	Saha <i>et al</i>	2019
12	Fly Ash	Potasic Zeolit	Flores <i>et al</i>	2017
13	Coal waste	Organik	Sayyari-Zahan <i>et al</i>	2015
14	Humat	Pelengkap Pupuk N	Restida <i>et al</i>	2014

Dalam sebuah penelitian pemanfaatan menunjukkan potensi limbah batu bara dan diatomit sebagai bahan untuk pupuk dapat meningkatkan ketersediaan fosfor (P) dan kalium (K) di dalam tanah. Penambahan batu bara juga menurunkan pH tanah, yang meningkatkan ketersediaan faktor yang penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa pupuk yang efektif dapat dihasilkan dengan memanfaatkan diatomit dan limbah batu bara (Sayyari-Zahan, 2015). Pemanfaatan limbah batu bara lainnya seperti pound ash, brown coal, dan asam humat juga telah dilakukan penelitian dan pengembangannya sehingga dapat membantu mengatasi limbah dan keberlanjutan pertanian dan lingkungan.

Pemanfaatan Pound Ash sebagai pupuk.

Pond ash adalah sisa pembakaran batu bara di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), terdiri dari abu terbang (fly ash) dan abu dasar (bottom ash). Hasil penelitian Ritest *et al* (2021), menunjukkan bahwa pound ash berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk. Hasil analisis kandungan dari sampel dari pembangkit listrik di India timur menunjukkan bahwa kandungan kromium dan kadmium yang berada di bawah batas deteksi (BDL), sedangkan unsur lain seperti besi, tembaga, mangan, seng, timbal, nikel, dan kobalt dari sampel yang dianalisis terbaca keberadaannya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pond ash merupakan sumber NPK dan mikronutrien seperti besi, tembaga, mangan, seng, dan lainnya, yang dapat digunakan sebagai sumber nutrisi untuk memperbaiki tanah yang kekurangan unsur-unsur tersebut.

Tabel 3. Kandungan kimia pound ash pada sampel yang berasal dari pembangkit listrik di India Timur

Parameters	Samples			
	S1	S2	S2	S4
pH	6.07	6.46	7.21	6.32
Electrical Conductivity (mmhos/cm)	0.335	0.056	0.140	0.278
Organic Carbon (%)	0.962	1.095	0.610	1.394
Cation Exchange Capacity (meq/100g)	31.74	32.12	32.70	35.60
Macro-nutrients				
Available Nitrogen (kg/ha)	50.716	87.810	50.176	31.360
Available Phosphorus (kg/ha)	1.83	2.50	0.52	6.32
Available K (kg/ha)	358.40	170.24	277.76	259.84
CaCO ₃ (%)	1.5	1.0	1.0	1.0
Micro-nutrients (Bio-available DTPA Extractable Elements in				

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551

<i>ppm</i>				
Fe	9.126	8.926	6.462	9.626
Cu	1.546	0.828	0.734	1.724
Mn	0.824	0.696	1.168	0.643
Zn	2.750	2.454	1.358	2.538
Pb	0.102	0.164	0.106	0.130
Ni	1.074	0.680	0.390	1.576
Cr	BDL	BDL	BDL	BDL
Cd	BDL	BDL	BDL	BDL
Co	0.466	BDL	BDL	0.422
<i>Ultimate Analysis</i>				
Carbon (%)	19.50	9.50	8.40	20.20
Hydrogen (%)	0.61	0.24	0.32	0.40
Sulphur (%)	0.18	0.01	0.37	0.22
Nitrogen (%)	0.41	0.16	0.05	0.11
Oxygen (by diff.) (%)	79.30	90.09	90.86	79.07

(Ritest *et al.*, 2021)

Tabel 4. Kelas kesuburan

Nutrient	Fertility Status Rating		
	Low	Medium	High
Organic Carbon (as a measure of available N (%))	<0.5	0.5-0.75	>0.75
Available Phosphorus (kg/ha)	10	10-25	25
Available Potassium (kg/ha)	110	110-280	280

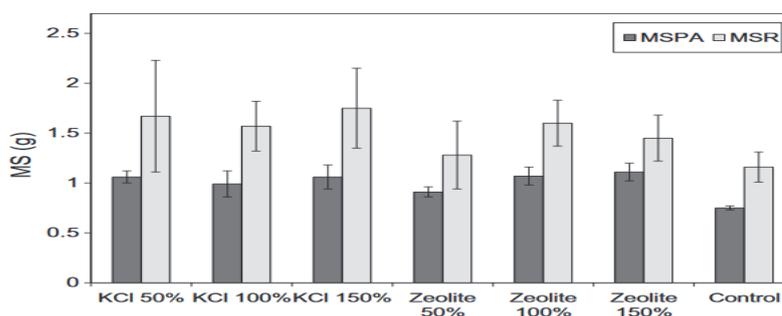
(Ritest *et al.*, 2021)

Fly ash sebagai bahan baku zeolite

Dalam penelitiannya Flores *et al* (2017), melakukan evaluasi terhadap penggunaan fly ash batu bara sebagai bahan baku sintesis zeolite melalui teknik hidrotermal dengan media alkalin. Sintesis dilakukan pada suhu 150 °C, selama 24 jam, dengan menggunakan larutan KOH 5 M, produk yang dihasilkan adalah zeolite. Berdasarkan uji XRD dan XEM menunjukkan bahwa pada suhu 150°C zeolite yang terbentuk adalah zeolite merlinoite, dengan kapasitas tukar kation 2,62 meq/g. Aplikasi Zeolit yang dihasilkan diaplikasikan sebagai pupuk Kalium pada tanaman gandum dirumah kaca. Pada masa pertumbuhan

gandum menunjukkan pemberian zeolit menunjukkan kinerja yang baik jika disamakan dengan pupuk mineral potassium yang umum digunakan, KCL. Gambar 1 menunjukkan bahwa zeolit memiliki berat kering lebih tinggi dibandingkan control walaupun tidak setinggi KCl, akan tetapi zeolit lebih ramah lingkungan karena berupa bahan organik. Pemanfaatan Fly Ash menjadi zeolite sebagai sumber pupuk kalium tidak hanya memberikan nilai tambah untuk limbah batubara tetapi dapat mengurangi dampak lingkungan. Penggunaan fly ash sebagai bahan baku zeolite membantu meminimalkan volume fly ash yang dibuang tidak tepat, sehingga dampak lingkungan dapat ditekan

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551



Gambar 1. Hasil berat kering pada bagian atas (MSPA) dan bagian akar (MSR) tanaman gandum dengan pupuk dan pemupukan (KCL dan Zeolit). Sumber :Flores *et al* (2017)

Fly Ash sebagai pupuk organik baru

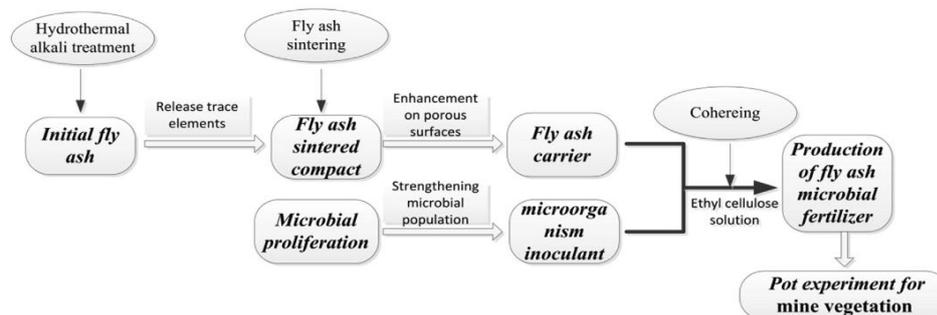
Pada hasil penelitian Febriana (2021) menunjukkan pada pemberian fly ash dan pupuk kandang tidak memberikan hasil yang baik dimana peningkatan dosis aplikasi abu terbang batubara menyebabkan penurunan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering berangkasan, panjang akar, jumlah akar, dan bobot kering berangkasan tanaman kangkung, aplikasi pupuk kandang tidak meningkatkan pertumbuhan tanamankangkung, dan tidak terdapat interaksi antara abu terbang batu bara dan pupuk kandang terhadap pertumbuhan tanaman kangkung. Dengan hasil penelitian tersebut diperlukan evaluasi kembali terhadap pemanfaatan fly ash terutama terkait dosis dan potensi kontaminasi yang mungkin terkandung didalamnya.

Respon positif penggunaan fly ash dilaporkan oleh Fahrunsyah (2023) bahwa pemberian abu terbang (ATB) yang diberikan

bersama pupuk organik cair batang pisang (POCBP) dapat memperbaiki kualitas tanah. Pemberian POCBP dan ATB baik secara mandiri maupun kombinasi keduanya mampu meningkatkan pH dan P-tersedia serta menurunkan kelarutan Al^{3+} . Pemberian kombinasi $90 Mg ha^{-1}$ ATB dan $420.000 L ha^{-1}$ POCBP pada 3 Minggu Setelah Inkubasi memberikan peningkatan pH dan P-tersedia masing-masing 70,25 dan 266,20%, sebaliknya mampu menurunkan kelarutan Al^{3+} sebesar 1.300% dibandingkan control. Waktu inkubasi yang paling baik untuk POCBP dan ATB adalah 3 minggu.

Disisi lain terobosan baru untuk pemanfaatan fly ash sebagai pupuk organik dilakukan dengan membuat pupuk slowrelease yang diperkaya dengan mikroorganisme. Berikut skema pembuatan Fly Ash Microbial Fertilizer atau Pupuk Mikroba Abu Terbang Lepas lambat yang dilakukan:

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan fly ash microbial fertilizer (Su *et al.*, 2021)

Dalam metode produksi melibatkan perlakuan hidrotermal-alkali terbatas dan proses sintering untuk membentuk struktur pembawa yang longgar dan berpori. Selain itu, penggunaan selulosa etil sebagai perekat memecahkan masalah ketidakcocokan antara abu terbang dan mikroorganisme. Pupuk mikroba dari abu terbang lepas lambat yang dihasilkan diuji cobakan pada percobaan pot dengan tanaman *Pseudodrynaria coronans* dan *Buxus microphylla*. Penerapan pupuk mikroba dari abu terbang telah terbukti secara signifikan meningkatkan kesuburan tanah tambang dan menjanjikan penghijauan kembali di lahan yang terbenkakai. Pupuk ini merupakan suatu pendekatan ramah lingkungan yang inovatif untuk memperluas kinerja abu terbang dalam penelitian mengenai pemulihan lingkungan. (Su *et al.*, 2021).

Bottom Ash

Bottom ash adalah salah satu jenis abu yang dihasilkan dari pembakaran batu bara di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), berupa bagian yang tidak terbakar atau yang tersisa setelah proses pembakaran. Bottom ash terdiri dari partikel-partikel padat yang lebih besar yang jatuh ke bagian bawah tungku pembakaran. Penelitian Elawati dan Fahik (2022) mencoba memanfaatkan bottom ash yang diperkaya dengan trichoderma sp, dengan

beberapa formulasi. Formulasi yang digunakan adalah D0 = limbah bottom ash(200g); D1 = (100 g bottom ash + Media tanam 100 g + 10 g Tricoderma sp); D2=(50 g bottom ash + Media tanam 150 g + 5 g Tricoderma sp), dan D3=(150 g bottom ash + Media tanam 50 g + 15 g Tricoderma sp). Dalam penelitian didapatkan pemberian Tricoderma sp dan bottom ash limbah batubara berpengaruh terhadap pH dan pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman total biomassa dan Panjang akar, namun tidak berpengaruh terhadap jumlah daun, dan jumlah akar. Hasil ini penelitian ini menunjukkan adanya potensi penggunaan bottom ash yang diperkaya dengan Trichoderma sp dalam meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas pertanian secara berkelanjutan. Namun, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk lebih memahami interaksi antara bottom ash, Trichoderma sp, dan tanaman, serta menentukan dosis dan formulasi yang optimal untuk mencapai hasil yang maksimal.

Asam Humat Batubara

Batubara merupakan hasil dekomposisi bahan organik berupa tumbuhan dibawah kondisi an aerobik dalam waktu jutaan tahun. Batubara terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang mengalami dekomposisi dan diendapkan dalam lingkungan rawa atau

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551

daerah berair. Proses ini terjadi di bawah kondisi anaerobik (kekurangan oksigen) yang menghambat dekomposisi total bahan organik oleh mikroorganisme. Didalamnya terdapat proses humifikasi yang berupa proses biologi

dan kimiawi yang salah satu hasilnya asam humat. Hasil ekstraksi asam humat batubara lignin dan bitumen dengan menggunakan alkali NaOH, dengan perlakuan perlakuan HNO₃ dan tanpa, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Persentase hasil asam humat dari perlakuan HNO₃ dan tanpa perlakuan

S.No	Types of Treated Coal	% Yield of Humic Acid Using NaOH
1.	Native lignite coal	21.15
2.	Native bituminous coal	11.6
3.	HNO ₃ treated lignite coal	57.8
4.	HNO ₃ treated bituminous coal	49.6

(Fatima *et. al.*, 2021)

Pengujian efektivitas penggunaan zat humat yang berasal dari limbah lignit, yang disebut nano humus yang telah dilakukan menunjukkan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman barley (*Hordeum vulgare* L.) di tanah berpasir. Hasil Analisis Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) pada nano humus yang digunakan memiliki karbon aromatic dan fenolik dengan kandungan berbagai gugus fungsional memberikan sifat hidrofilik dan hidrofobik. Kedua gugus ini memberikan peningkatan kemampuan tanah dalam menahan air, dengan kondisi tanah berpasir memiliki kapasitas retensi air yang rendah ini menjadi sangat penting. Hasil penelitian secara keseluruhan, penggunaan nano humus dengan kandungan karbon aromatik dan fenolik serta berbagai gugus fungsional dapat memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan kesuburan tanah, efisiensi penggunaan air, dan produktivitas pertanian, terutama di tanah-tanah yang kurang subur atau berpasir. Aplikasi kombinasi dengan pupuk anorganik meningkatkan biomassa akar sebesar 92% (0,1 g per tanaman), biomassa batang sebesar 80% (0,5 g per tanaman), panjang akar sebesar 24% (3,6 cm), dan produksi biji

sebesar 38% (5 biji per kepala) dibandingkan dengan kontrol tanpa perlakuan. Peningkatan produksi biji sangat penting dari perspektif pertanian. (Zhao dan Naeth, 2024).

Aplikasi pupuk organik plus batubara yang dalam bentuk granul dan serbuk yang terbuat dari campuran asam humat hasil ekstraksi batubara, pupuk kimia anorganik (Urea, SP-36 & KCl) sebanyak 20 persen dari bahan utama (asam humat batubara), air kelapa dan urine sapi, pada beberapa varietas jagung manis menunjukkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis terbaik terdapat pada takaran 1500 kg/ha. Varietas Master Sweet merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis. Kombinasi takaran pupuk organik plus 1500 kg/ha dengan varietas master sweet menghasilkan produksi tertinggi sebesar 8,42 kg/petak atau setara 22,45 ton/ha. (Marlina, 2022).

Komposisi pupuk yang sama di uji cobakan untuk jagung dilahan pasang surut menunjukkan hasil pupuk organik plus batubara dengan takaran 750 kg/ha (13,125 g/tanaman) memberikan hasil yang tertinggi terhadap pertumbuhan dan produksi jagung

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551

manis dan Interaksi pupuk organik plus batubara dengan takaran 750 kg/ha (13,125 g/tanaman) dan pupuk kimia dengan dosis 150 kg/ha (2,625 g/tanaman) memberikan hasil yang tertinggi terhadap berat tongkol tanaman jagung manis sebesar 4,87 kg atau 11,13 ton/ha. (Wuriesyliane *et al*, 2021). Selanjutnya uji coba pada padi di lahan pasang surut juga menunjukkan Pupuk organik plus dari batubara dosis 750 kg/ha memberikan pertumbuhan dan produksi tanaman padi terbaik dibandingkan jenis pupuk lainnya. Perlakuan interaksi antara dengan pupuk organik plus takaran 750 kg/ha dengan varietas Gogo Aromatik berpengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi dengan produksi per petak 4,45 kg atau bila di konversi mencapai 7,20 ton/hektar. (Syafulla, 2018).

Respon tanaman tomat terhadap asam humat berasal dari asam humat batubara yang telah diuji cobakan oleh Restida (2014) pada rumah kaca menunjukkan hasil bahwa variabel pertumbuhan dan produksi tanaman dipengaruhi oleh interaksi antara asam humat dan N. Pada tanpa N, tinggi tanaman, jumlah

buah per tanaman, dan bobot buah per tanaman pengaruhnya tidak nyata, tetapi indeks kehijauan daun meningkat secara linier dengan meningkatnya pemberian asam humat. Bila diberi N, dengan meningkatnya pemberian asam humat, tinggi tanaman meningkat secara kuadrat, sedangkan jumlah buah per tanaman dan bobot buah per tanaman meningkat secara linier, tetapi indeks kehijauan daun tidak berpengaruh. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemberian asam humat dan pupuk N terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman dengan konsentrasi sam humat yang lebih tinggi ataupun lebih rendah.

Brown Coal

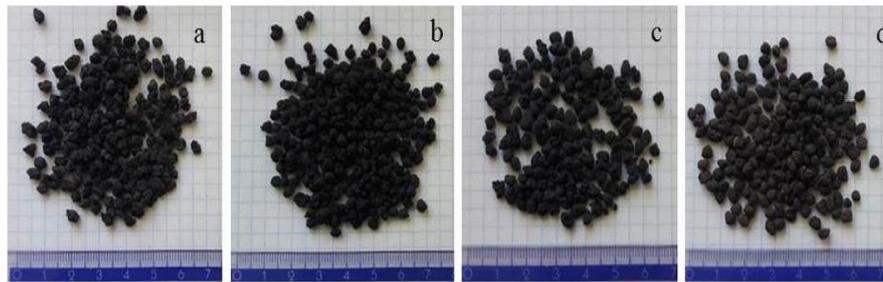
Brown coal, juga dikenal sebagai lignite, adalah salah satu jenis batu bara yang memiliki kandungan karbon yang lebih rendah dan kadar air yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis batubara lainnya seperti batubara bituminus dan antrasit. Mikos-Szymańska (2019) melakukan penelitian pengembangan pupuk organo-mineral memanfaatkan lignit (brown coal) ini dan biochar sebagai bahan organik tambahan.

Tabel 6. Komposisi bahan pembuatan pupuk organo mineral

No. of trial	Raw material consumption							
	Brow coal (BC), DM	Urea	Phosphorite	H ₂ SO ₄ , 100%	Dolomite	Caustic magnesite (M)	H ₂ S	NH ₃ (g)
1	50.0	22.8	16.8	10.4	—	—	2.7	-
2	45.5	20.8	15.3	9.4	9.0	—	2.5	-
3	50.0	22.8	16.8	10.4	—	—	2.7	+
4	47.5	21.7	16.0	9.9	—	5.0	2.6	-

(Mikos-Szymańska, 2019)

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551



Gambar 2. Gambar pupuk granul berbasis brown coal (2.5-3.15 mm) dengan menggunakan Mixer granulator: a. Trial 1: BC+USP, b. Trial2: BC+ USP +D, c. Trial 3: BC+USP+NH₃, d. Trial 4: BC+USP+M. Sumber: Mikos-Szymańska (2019)

Tabel 7. Kandungan kimia dari pupuk berbasis brown coal

Parameter	Unit	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 4
		BC+USP	BC+USP+D	BC+USP+NH ₃ (g)	BC+USP+M
Moisture content (105 °C; 3 h)	wt%	29.0	25.7	–	–
Moisture content (90 °C; 1 h)	wt%	–	–	9.3	8.3
pH	–	2.6	3.3	5.4	6.2
Ntot	wt%	9.85	9.83	9.58	8.26
P ₂ O ₅ tot	wt%	4.39	3.76	3.85	3.67
NAC + H ₂ O soluble P ₂ O ₅	wt%	3.72	3.21	3.03	2.86
H ₂ O soluble P ₂ O ₅	wt%	2.60	2.33	1.77	0.69
Mg	wt%	0.11	1.18	0.11	1.63
Ca	wt%	6.28	8.37	5.20	5.37
Loss on ignition					
105 °C	wt%	31.32	28.70	31.50	30.20
400 °C	wt%	72.54	64.55	74.53	70.67
1000 °C	wt%	81.91	73.98	82.61	77.64

NAC + H₂O—neutral ammonium citrate and water soluble (Mikos-Szymańska *et al.*, 2019)

Lignit (brown coal) dan biochar dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi pupuk, dengan lignit mengandung sekitar 50% asam humat dan biochar hampir 6% zat mirip asam humat. Pupuk berbasis lignit yang diproduksi dalam skala laboratorium memiliki kekerasan partikel rendah, namun produksi skala besar menggunakan rapid mixer granulator menghasilkan butiran dengan kekerasan dan ukuran yang sesuai untuk pertanian. Biochar efektif untuk melapisi pupuk urea superfosfat, meski penelitian tambahan diperlukan untuk

mengurangi keausan butiran. Uji pot di rumah kaca menunjukkan bahwa pupuk berbasis lignit dan biochar meningkatkan pertumbuhan gandum musim semi, menjadikannya pilihan potensial untuk meningkatkan produktivitas pertanian.

Penggunaan bahan organik terhumifikasi seperti lignit (brown coal) bersama urea dalam bentuk granul secara substansial dapat meningkatkan efektifitas pemupukan. Brown Coal Urea Granul pada lebih efektif daripada urea komersial dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551

tanaman, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan meningkatkan kualitas tanah (Saha 2019)

KESIMPULAN

Pemanfaatan batubara sebagai pupuk mulai banyak dikembangkan dengan bahan batu bara mutu rendah dan limbah batu bara: fly ash, bottom ash, asam humat dan brown coal. Teknologi pemanfaatannya dilakukan dengan mengaplikasikan bersama pupuk kimia dan organik secara sederhana, maupun dengan komposisi dalam bentuk pupuk granul dan slow release.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahdiyati A. (2022). 10 Provinsi dengan Cadangan Batu Bara Terverifikasi Terbesar Nasional (2021). Data Books. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022>
- Ahdiyati A. (2023). Negara Penghasil Batu Bara Terbesar di Dunia (2023). Data Books. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023>
- Elawati E.N., Fahik S.C. (2022). Aplikasi Penambahan Tricoderma sp pada Bottom ash Limbah Batubara Sebagai Pupuk Media Pertumbuhan Tanaman Cabai (Capsicum annum). Indonesian Journal of Biomedical Science and Health 2(2) 2022. DOI: <https://doi.org/10.31331/IJBSH.v21i1.2526>
- Eprikashvili L. M, Zautashvili T. Kordzakhia N, Pirtskhalava M, Dzaganian I, Rubashvili V, Tsitsishvili. (2017). Intensification of bioproductivity of agricultural cultures by adding natural zeolites and brown coals into soils. Annals of Agrarian Science 14(2) 2016. DOI:10.1016/j.aasci.2016.05.004.
- Fatima N, Jamal A, Huang Z, Liaquat R, Ahmad, B, Haider R, Ali M.I, Shoukat T, ALOthman Z.A, Ouladsmame M. (2021). Extraction and Chemical Characterization of Humic Acid from Nitric Acid Treated Lignite and Bituminous Coal Samples. Sustainability 13. 2021. <https://doi.org/10.3390/su13168969>
- Febriani S, Priyadi, Taisa R. (2021). Pengaruh Aplikasi Abu Terbang Batubara Dan Pupuk Kandang Sebagai Bahan Amelioran Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kangkung (Ipomea Reptans Poir.). Agrotek Tropika. ISSN 2337-4993: 9(1). 61-169.
- Indonesia Investment Report. (2024). Batubara. Indonesia Investment Report edisi April 2024. <https://www.indonesiainvestments.com/id/bisnis/komoditas/batu-bara>
- Kementrian ESDM (2008). Perusahaan Wajib Menjual Batubara Paling Rendah Sebesar HPB. <https://www.esdm.go.id/id/media-center>.
- Mikos-Szymańska M., Schab S. Rusek P, Borowik K, Bogusz P. Wyzińska M. (2019). Preliminary Study of a Method for Obtaining Brown Coal and Biochar Based Granular Compound Fertilizer. Waste and Biomass Valorization 10.3673–3685. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00655-4>
- Marlina N, Midranisiah, Syafrullah, Hafid H. (2022). Pemanfaatan Pupuk Organik Plus Batubara (Baraplus) pada Beberapa Varietas Jagung Manis di Lahan Ultisol. Jurnal Galung Tropika, 11 (1).15-22. DOI: <https://doi.org/10.31850/jgt.v11i1.827>
- Nurfaysa, Hasan H, Magdalena H, Sakdillah, Respati LL. (2022). Analisis Biaya Penambangan Batubara Berdasarkan Nisbah Pengupasan Pada Pt. Pancaran Surya Abadi Kec. Muara Badak Kab. Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. Journal Transformation of Mandalika. 3(3).

DOI: 10.32663/ja.v21i2.4551

- <http://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jtm/issue/archive>.
- Restida M, Sarno, Ginting CY. (2014). Pengaruh Pemberian Asam Humat (Berasal Dari Batubara Muda) Dan Pupuk N Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *J. Agrotek Tropika*. 2 (3): 482 – 486. ISSN 2337-4993
- Rites K, Ajit K, Muniyan S, Sadanand S and Charu A. (2021). Feasibility Analysis of Coal Combustion Residues as Fertilizer for Agricultural Use. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 25 (4).
- Saha B.K, Rose M.T, Wong V.N.L, Cavagnaro T.R., Patti F.T. (2019). A Slow Release Brown Coal-Urea Fertiliser Reduced Gaseous N Loss From Soil and Increased Silver Beet Yield and N Uptake. *Total Environment*. 649. 793–800. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.145>
- .Sandria, F. (2023). Beda Batu Bara Thermal dan Kokas, Mana yang dikuasai RI? CNBC Indonesia. <https://www.cnbcindonesia.com/research/20230201070645-128-409903>
- Sayyari-Zahan M.H, Gholami, A.H., Rezaeepour S. (2015). Diatomite and re-use coal waste as promising alternative for fertilizer to environmental improvement. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 5(2). 70-76
- Su H, Lin J, Chen H, Wang Q.Y. (2021). Production of a novel slow-release coal fly ash microbial fertilizer for restoration of mine vegetation. *Waste Management*. 124.185–194. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.007>
- Syafrullah. (2018). Pemanfaatan Batubara Dan Sumber Daya Lokal Pedesaan Sebagai Pupuk Batubara Plus Dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Padi System of Rice Intensification (S R I) Di Lahan Pasang Surut. *Klorofil* 13(2).71 – 77.