

Kajian Literatur Pemanfaatan Abu Terbang Batu-Bara Terhadap Serapan Fosfor Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman

Syamsia Satra¹, Fahrunsyah², Surya Darma³

^{1,2,3} Agroekoteknologi, Universitas Mulawarman

syamsiasatra15@gmail.com

Keywords:

Fly ash,
Phosphorus
Growth
Production

Abstract: *The process of producing fuel from coal produces coal fly ash (ATB) waste which has a negative impact on the environment and health. Each tonne of coal produced will produce a FABA of around 15% - 17%, consisting of 80-90% ATB and around 10-20% is a solid pollutant from the total ash produced, in large quantities dumped into the field will cause degradation and contamination of soil and groundwater so that it has an impact on soil health and land productivity, because it contains heavy metals, besides containing heavy metals, fly ash also contains minerals such as Ca, Mg, Na, K, N, P, Fe, Zn, Mn, and Cu which are essential nutrients needed by plants to support soil fertility, so this study examines the potential use of ATB for P availability as well as growth and production plants based on previous research with the literature method. This research uses secondary data through literature study, which collects information from scientific sources such as scientific journals, theses, scientific publications, regulations related to research topics, expert opinions, as well as various experimental studies. The results of this study ATB can reduce the application of ATB to acidic soils can increase soil pH from 4.0 to 5.55, which is a tolerable level for plant growth. ATB when combined with Oil Palm Empty Compost (KTKKS), cow manure, chicken manure, can increase Available P. An ATB application of around 20% to 25% can increase plant growth and production, but applications above 25% can have a negative effect on plants.*

Kata Kunci:

Abu terbang batu-bara
Phospor
Pertumbuhan
Prroduksi

Abstrak: Proses produksi BBM dari batu-bara menghasilkan limbah abu terbang batu-bara (ATB) yang berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan, setiap produksi satu ton batu-bara akan menghasilkan FABA sekitar 15% - 17%, terdiri dari ATB 80-90% dan sekitar 10-20% merupakan polutan padat dari total abu yang dihasilkan, dalam jumlah besar dibuang ke lahan akan menyebabkan degradasi dan kontaminasi tanah dan air tanah sehingga berdampak pada kesehatan tanah dan produktifitas lahan, karena mengandung logam berat, selain mengandung logam berat, abu terbang juga mengandung mineral seperti Ca, Mg, Na, K, N, P, Fe, Zn, Mn, dan Cu merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman untuk menunjang kesuburan tanah, sehingga kajian ini mengkaji potensi pemanfaatan ATB terhadap ketersediaan P serta pertumbuhan dan produksi tanaman berdasarkan penelitian terdahulu dengan metode literatur pustaka. Penelitian ini menggunakan data sekunder melalui studi pustaka, yaitu mengumpulkan informasi dari sumber- sumber ilmiah seperti jurnal ilmiah, skripsi, publikasi ilmiah, peraturan-peraturan yang berkaitan dengan topik penelitian, pendapat ahli, maupun berbagai studi eksperimental. Hasil kajian ini ATB dapat menurunkan Aplikasi ATB ke tanah asam dapat meningkatkan pH tanah dari 4,0 menjadi 5,55 yaitu tingkat yang dapat ditoleransi untuk pertumbuhan tanaman. ATB jika di kombinasikan dengan Kompos Tandang Kosong Kelapa Sawit (KTKKS), Kotoran sapi, kotoran ayam, dapatmeningkatkan P-Tersedia. Aplikasi ATB sekitar 20% hingga 25% dapat meningkatkan Pertumbuhan dan produksi Tanaman, tetapi aplikasi diatas 25% dapat memberikan efek negatif pada tanaman.

Article History:

Received: 27-03-2023

Online : 05-04-2023



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



A. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan salah-satu negara yang sebagian besar sumber devisa dari hasil produksi batu-bara, menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2019 Indonesia mampu memproduksi batu-bara sekitar 616 juta ton. Era modern ini Bahan Bakar Minyak (BBM) telah menjadi bahan pokok utama dalam kehidupan sehari-hari, berbagai industri juga mulai beralih menggunakan bahan bakar batu-bara, untuk menyiasati mahalanya Bahan BBM, disinyalir produksi batu-bara merupakan energi fosil paling murah saat ini dibandingkan sumber bahan bakar lainnya, bahkan bisa hemat sampai 80% jika dibandingkan dengan solar. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Pada tahun 2021, cadangan batu-bara Indonesia mencapai 38,84 miliar ton dengan rata-rata produksi sebesar 600 ton per tahun, dengan potensi dan tingkat cadangan batu-bara Indonesia yang sangat besar tersebut, dapat diperkirakan batu-bara tetap menjadi sumber energi utama bagi Indonesia selama ratusan tahun mendatang [4].

Proses pembakaran batu-bara menghasilkan limbah Abu Terbang Batu-bara (ATB) (Desianti, I, Rahmaniah, dan Zelviani, S., 2018). Menurut Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) dengan dasar perhitungan empiris yang dilakukan menyebutkan setiap produksi satu ton batu bara akan menghasilkan *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) sekitar 15%-17% (Wiyono, W.M., 2018), terdiri dari 80-90% ATB dan sekitar 10-20% merupakan polutan padat dari total abu yang dihasilkan (Dwi, A dan Agung, T. 2012), satu perusahaan seperti PKT menurut Direktur Utama PKT Rahmad Pribadi, setiap tahun perusahaan menghasilkan 35.000 ton FABA. Kebutuhan listrik telah menjadi salah satu kebutuhan pokok manusia sehingga mengakibatkan terjadinya lonjakan permintaan ketersediaan sumber energi seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Penggunaan batu-bara pada proses produksi industri-industri di Indonesia terus semakin meningkat, dan peningkatan produksi batu-bara berkorelasi dengan peningkatan jumlah limbah ATB. Pada tahun 2014 FABA termasuk limbah kategori berbahaya (B3), berdasarkan PP No.101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), disebutkan bahwa FABA termasuk limbah B3, serta industri wajib mengelola FABA tersebut sebagaimana dalam aturan tersebut berbunyi "*bahwa setiap orang yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengelolaan limbah B3 yang dihasilkan*". Tetapi pada tahun 2021 limbah FABA tidak lagi menjadi limbah kategori B3, berdasarkan PP No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dalam hal ini proses pembakaran batu-bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), disisi lain dapat memberikan manfaat bagi ketersediaan energi tetapi juga dapat memberikan dampak negatif karena menimbulkan polutan yang dapat mencemari lingkungan dan berdampak terhadap kesehatan penduduk, disektor kesehatan ATB berpotensi besar menyebabkan pekerja terkena penyakit paru-paru hitam, yaitu penyakit pernapasan yang terjadi karena menghirup ATB dalam jangka panjang, selain itu masyarakat sekitar juga berpotensi terkena penyakit, seperti *Tuberculosis* (TBC), Asma dan Kanker Paru-Paru (Setyaningrum, R.L, Khairiyati, dan Sholihah, Q., 2008).

Setiap tahun ATB dalam jumlah besar dibuang ke lahan yang menyebabkan degradasi dan kontaminasi tanah dan air tanah. ATB jika disimpan dalam jumlah yang besar dalam bentuk endapan atau timbunan akan mengontaminasi lingkungan sekitar, pelepasan logam selama masa penyimpanan dapat menjadi ancaman yang serius bagi lingkungan, seperti sumber pencemaran anorganik karena ATB mengandung beberapa logam berat (toksik) seperti kromium (Cr), Timba (Pb), Merkuri (Hg), Arsen (As) dan Tembaga (Cu) yang dapat mencemari lingkungan (Damayanti, R. 2018.). Pengendapan di tempat penyimpanan dapat memiliki pengaruh negatif terhadap air dan tanah karena komposisi *granulometri* dan mineralnya serta sifat morfologi dan filtrasinya (A. Yousuf, *et all.* 2020). Hal tersebut jelas tidak sesuai dengan peraturan Presiden RI No. 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, yang berkomitmen untuk turut serta bersama Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) menyukseskan komitmen global dalam rangka Tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030, disisi lain kesuburan tanah pada lahan pertanian terus mengalami penurunan kualitas akibat dari terangkutnya unsur hara saat panen serta kehilangan karena pelindian dan erosi. ATB diidentifikasi memiliki potensi untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah serta merupakan sumber unsur hara makro dan mikro tanaman (Sun B. *et all.* 2019). Salah satu unsur hara yang menjadi faktor pembatas dalam kesehatan tanah yaitu Fosfor (P), unsur makronutrien terpenting kedua untuk pertumbuhan tanaman, dan merupakan salah satu nutrisi pembatas dalam sistem pertanian. Tersedia 170 jenis mineral penyuplai fosfat yang berbeda dalam tanah, meskipun stok P-Total tinggi dalam tanah, kurang dari 1% dalam bentuk P-Tersedia, jika tidak dalam bentuk P-Tersedia tidak dapat diserap oleh tanaman (Billah, dkk. 2019).

Mencermati permasalahan diatas diperlukan sebuah solusi alternatif untuk mengurangi penimbunan ATB diberbagai lahan industri dan mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan. Salah satu cara untuk meminimalisir dampak tersebut yaitu memanfaatkan ATB dalam bidang pertanian khususnya sebagai pembenah tanah dalam mengoptimalkan ketersediaan P dalam tanah, agar dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, oleh karena itu tulisan mengkaji potensi pemanfaatan limbah ATB dibidang pertanian guna mendukung pembangunan pertanian yang berkelanjutan dengan menganalisis literatur penelitian terdahulu.

B. METODE

Penelitian ini menggunakan data sekunder melalui studi pustaka, yaitu mengumpulkan informasi dari sumber-sumber ilmiah seperti jurnal ilmiah, thesis, publikasi ilmiah, peraturan-peraturan yang berkaitan dengan ilmiah penelitian, pendapat ahli, maupun berbagai studi eksperimental. Pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan berbagai sumber data ilmiah seperti *Science Direct*, *Pub-Med*, dan *Google Scholar*.

Tahapan yang digunakan pada *review* jurnal ini, dilaksanakan dalam 3 tahap yaitu:

1. Pengorganisasian, yaitu mencari literatur-literatur yang relevan dan kemudian mengorganisasi literatur-literatur tersebut dengan maksud untuk mencapai tujuan penelitian. Adapun tahap dalam mengorganisasi literatur tersebut diawali dengan mencari ide, tujuan umum, dan simpulan dari literatur dengan membaca abstrak, beberapa paragraf pendahuluan, hasil dan pembahasan, dan kesimpulannya, serta mengelompokkan literatur tersebut berdasarkan kategori-kategori tertentu.
2. Identifikasi, yakni meninjau (*mereview*) hasil literatur-literatur tersebut dengan tujuan menemukan bagian yang dianggap paling penting dan berguna, kemudian menganalisa lebih lanjut hasil tersebut untuk mencapai tujuan penelitian.
3. Sintesa, yakni menyatukan hasil organisasi dan identifikasi literatur agar menjadi satu kesatuan yang padu dengan mencari keterkaitan antar literatur sehingga menghasilkan suatu interpretasi hasil yang berguna untuk mencapai sasaran akhir tujuan penelitian.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Abu Terbang Batu-Bara

Batu-bara merupakan sisa tumbuhan purba yang mengendap kemudian berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun, menjadi mineral organik yang dapat terbakar (Muhardi dan S. Satibi. 2008). ATB merupakan abu yang dihasilkan dari transformasi, pelelehan atau gasifikasi dari material an-organik yang terkandung dalam batu-bara saat proses produksi pembakaran batu-bara (Syafitri T.Y. Hayati R. Umran. 2012). Batu-bara merupakan batuan hidrokarbon padat yang terbentuk dari berbagai tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen serta tekanan dan panas yang berlangsung sangat lama sehingga limbah ATB yang dihasilkan dalam proses produksi selain mengandung mineral yang dibutuhkan tanaman juga mengandung logam yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan tidak mudah diabsorpsi (Satibi, M. 2008).

ATB di tingkat internasional disebut *Coal Combustion Products* (CCPs), karena beberapa Negara tidak mengkategorikan lagi sebagai limbah yang berbahaya melainkan sebagai bahan baku seperti negara China, India dan United States (USA) (Syafitri.T.Y dan Hayati.R., 2012). Pemanfaatan ATB untuk berbagai keperluan sangat bergantung dari sifat-sifat abu, yang ditentukan dari kandungan kimia pada abu tersebut (Singh, N. Vimal C, P., 2010). Sifat fisika-kimia ATB bervariasi tergantung pada sifat batu-bara induk, kondisi pembakaran, jenis perangkat kontrol emisi, metode penyimpanan dan penanganan. Menurut *American Standard Testing and Material* (ASTM C-618) ATB merupakan butiran halus residu hasil pembakaran batu-bara atau bubuk batu-bara (Skousen, J. 2013). Sedangkan Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6414-2002, mendefinisikan ATB merupakan limbah hasil pembakaran batu-bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanik (Umboh,A,H *et all*., 2014). Ukuran ATB ini bervariasi dari yang lebih kecil 1 μm (micrometer) sampai dari 100 μm , sebagian besar partikel berukuran <20 μm , (beberapa literatur menyebutkan ukuran 0.5 μm – 300 μm), dan umumnya hanya sekitar 10% sampai 30% ukuran partikel ATB lebih besar dari 50 μm . Luas permukaan ATB umumnya berkisar 300 m^2/kg – 500 m^2/kg *fly ash*, dengan batas bawah 200 m^2/kg dan batas atas 700 m^2/kg (Syafitri.T.Y dan Hayati.R., 2012).

Menurut, *American Concrete Institute* (ACI) Committee 226, dijelaskan bahwa ATB mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325(45 mikro meter) 5–27% dengan spesifik graviti antara 2,15–2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. ATB mengandung silika dan alumina sekitar 80% dengan sebagian silika berbentuk amorf (Syafitri.T.Y dan Hayati.R., 2012). ATB memiliki *Bulk Density* yang rendah, luas permukaan yang tinggi dan tekstur yang ringan (Skousen, J. 2013). ATB memiliki sifat pengikat jika dicampur dengan air, dan bisa mengikat pasir, dan pasir silika mempunyai sifat hidrophilik, yaitu sifat yang dimiliki sebuah material untuk menarik dan mengikat air pada permukaannya, sehingga ATB jika dicampur dengan pasir dan air, maka akan terjadi ikatan antara pasir dan air yang mengakibatkan berkurangnya celah atau pori- pori di antara butiran pasir (Umboh,A,H. Sumajouw, M, D, J. dan Windah,R,S,. 2014). ATB memiliki tiga karakteristik, yang pertama dari segi gradasi, jumlah presentase yang lolos dari saringan No.200 (0,074 mm) berkisar antara 60% sampai 90%, kedua warna ATB ini bervariasi dari abu-abu sampai hitam tergantung dari jumlah kandungan karbonnya, semakin terang semakin rendah kandungan karbonnya. Ketiga ATB bersifat tahan air (*hydrophobic*) (Yusra A, T. Aulia B, Jufriadi,. 2018). Kapasitas tukar kation (KTK) pada ATB termasuk kriteria sedang yaitu sebesar 20,74 meq/100g (Syafitri.T.Y dan Hayati.R., 2012). Menurut, *American Concrete Institute* (ACI) Committee 226, dijelaskan bahwa ATB mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325(45 mikro meter) 5–27% dengan spesifik graviti antara 2,15–2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. ATB mengandung silika dan alumina sekitar 80% dengan sebagian silika berbentuk amorf, ATB memiliki *Bulk Density* yang rendah, luas permukaan yang tinggi dan tekstur yang ringan (Skousen, J. 2013).

ATB memiliki sifat pengikat jika dicampur dengan air, dan bisa mengikat pasir, dan pasir silika mempunyai sifat hidrophilik, yaitu sifat yang dimiliki sebuah material untuk menarik dan mengikat air pada permukaannya, sehingga ATB jika dicampur dengan pasir dan air, maka akan terjadi ikatan antara pasir dan air yang mengakibatkan berkurangnya celah atau pori- pori di antara butiran pasir (Umboh,A,H. Sumajouw, M, D, J. dan Windah,R,S,. 2014). ATB memiliki tiga karakteristik, yang pertama dari segi gradasi, jumlah presentase yang lolos dari saringan No.200 (0,074 mm) berkisar antara 60% sampai 90%, kedua warna ATB ini bervariasi dari abu-abu sampai hitam tergantung dari jumlah kandungan karbonnya, semakin terang semakin rendah kandungan karbonnya. Ketiga ATB bersifat tahan air (*hydrophobic*) (.).

Menurut, *American Concrete Institute* (ACI) Committee 226, dijelaskan bahwa ATB mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325(45 mikro meter) 5–27% dengan spesifik graviti antara 2,15–2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. ATB mengandung silika dan alumina sekitar 80% dengan sebagian silika berbentuk amorf (Singh, N. Vimal C, P., 2010)

ATB memiliki *Bulk Density* yang rendah, luas permukaan yang tinggi dan tekstur yang ringan (Skousen, J. 2013). ATB memiliki sifat pengikat jika dicampur dengan air, dan bisa mengikat pasir, dan pasir silika mempunyai sifat hidrophilik, yaitu sifat yang dimiliki sebuah material untuk menarik dan mengikat air pada permukaannya, sehingga ATB jika dicampur dengan pasir dan air, maka akan terjadi ikatan antara pasir dan air yang mengakibatkan berkurangnya celah atau pori- pori di antara butiran pasir (Umboh,A,H. Sumajouw, M, D, J. dan Windah,R,S,. 2014).

ATB memiliki tiga karakteristik, yang pertama dari segi gradasi, jumlah presentase yang lolos dari saringan No.200 (0,074 mm) berkisar antara 60% sampai 90%, kedua warna ATB ini bervariasi dari abu-abu sampai hitam tergantung dari jumlah kandungan karbonnya, semakin terang semakin rendah kandungan karbonnya. Ketiga ATB bersifat tahan air (*hydrophobic*) (Yusra A, T. Aulia B, Jufriadi., 2018). Kapasitas tukar kation (KTK) pada ATB termasuk kriteria sedang yaitu sebesar 20,74 meq/100g (Singh, N. Vimal C, P., 2010).

2. Fosfor pada Abu Terbang Batu-Bara

ATB merupakan satu diantara bahan pembenah yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P. Hal ini didasarkan pada besarnya potensi ketersediaan ATB, cukup tingginya kandungan P pada ATB dan kemampuan ATB menetralkan pengaruh Al melalui peningkatan pH sehingga mampu meningkatkan ketersediaan P baik yang bersumber dari P tanah maupun P dari ATB. Selain itu, selama ini ATB masih dianggap sebagai limbah, sehingga penggunaan ATB tidak saja meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman tetapi juga sebagai upaya untuk menanggulangi limbah yang dapat mencemari lingkungan (Fahrunsyah F, Mulyadi M, Sarjono A and Darma S. 2020).

Berdasarkan penelitian menggunakan ATB dari *fluidized bed combustion* (FBC) yang dikumpulkan dari pembangkit listrik Perusahaan Besi dan Baja Tata (TISCO) di Dhanbad, India dapat diketahui kandungan P-Total ATB yaitu 3.140 mg/ kg⁻¹, berbeda dengan hasil penelitian, (fahrunsyah, *dkk.*,2021) kandungan P-Total 366,70 ATB mg kg⁻¹, penelitian (Aryonugroho, A dan Lestari D L.,2021) Kandungan P-Total ATB 0,087%/ kg⁻¹, penelitian (debora *et al.*, 2018) P- Total ATB 0,09 %/kg, meskipun beberapa penelitian menunjukkan kandungan P-Total tergolong tinggi, ATB mengandung jumlah P yang lebih tinggi (hampir enam kali lebih tinggi dari tanah), hanya 0,58% (18,2 mg kg¹) dalam bentuk P-Tersedia (S. Febriana, P. Priyadi, and R. Taisa. 2021). Berdasarkan hasil penelitian diatas maka diperlukan kombinasi bahan organik lain ke ATB untuk menguraikan P-Total agar tersedia dalam bentuk P-Tersedia.

Peningkatan ketersediaan P dalam tanah dapat diakibatkan oleh peningkatan pH tanah akibat pemberian ATB yang bersifat basa sehingga tanah memiliki pH netral. ATB mempunyai pH sekitar 8,5 hingga 13,35. Ketersediaan P dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH tanah di mana ketersediaan P akan semakin tinggi pada pH tanah netral, yaitu berkisar pada pH 5,5-7 (Favaretto, N. *et al.* 2014). Pada pH rendah atau masam, unsur P akan bereaksi dengan ion besi (Fe²⁺) dan ion aluminium (Al³⁺) membentuk besi fosfat dan aluminium fosfat, pada pH tinggi akan bereaksi dengan ion kalsium (Ca²⁺) membentuk kalsium fosfat yang sukar larut dalam air. Kandungan Ca dalam ATB yang tinggi dapat menaikkan pH tanah, Selain itu pemberian Ca²⁺ dapat mengikat unsur P dimana kation Ca²⁺ mengikat anion H₂PO₄²⁻ menjadi ikatan Ca-P, sehingga Ca dapat meminimalisir kehilangan P (Faoziah N, Iskandar, dan Djajakirana G, 2022).

3. Abu Terbang Batu-bara dalam pertumbuhan dan produksi tanaman

ATB sebagaimana telah dipaparkan diatas bahwa dapat merekonstruksi sifat kimia, sifat fisika tanah khususnya dalam meningkatkan atau menurunkan keasaman tanah dan pengaruhnya dalam memperbaiki hara dalam tanah agar tersedia oleh akar tanaman. ATB mengandung unsur yang berguna untuk menunjang pertumbuhan tanaman seperti Ca, S dan Mg. ATB dapat menaikkan tingkat keasaman tanah pada lahan bekas tambang atau media tanam serta penambahan ATB berfungsi dengan baik pada tanah dengan tingkat kesuburan yang rendah seperti pada lahan bekas tambang batu-bara (Kurniawan A. R, Surono W, dan Alimano M. 2018). Peningkatan pertumbuhan dan produksi dari aplikasi ATB terhadap media tanam dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara yang disumbangkan dari ATB, yang mempengaruhi proses fotosintesis dan metabolisme pada tanaman. Kapur ATB mudah bereaksi dengan komponen asam dalam tanah yang menyebabkan pelepasan unsur hara seperti S, B dan Mo sehingga tersedia oleh akar tanaman (D. Katiyar *et al.* 2012).

ATB jika dikombinasikan dengan bahan organik untuk pembenah tanah dapat mengurangi ketersediaan logam berat dan membunuh patogen dalam lumpur (Jala S and Goyal D. 2006). ATB dapat dimanfaatkan untuk pembenah tanah (Satibi, M. 2008). Penelitian di India juga menyimpulkan bahwa ATB dapat dimanfaatkan baik sebagai pembenah tanah maupun sebagai pemasok unsur hara mikro untuk meningkatkan produktivitas pertanian dengan sedikit perlakuan tambahan (Ohenoja K, *et all.* 2020.).

Penelitian di Virginia Barat utara, AS, tentang penggunaan ATB untuk reklamasi, ditemukan bahwa penambahan ATB ke tanah asam tambang, menciptakan kondisi yang memungkinkan pertumbuhan rumput dan legum (D. Katiyar *et al.* 2012). Aplikasi ATB mampu memberikan pertumbuhan vegetatif tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa ATB memperbaiki kualitas tanah sehingga berdampak pada pertumbuhan tanaman (Fahrunsyah F, Mulyadi M, Sarjono A and Darma S. 2020), kualitas tanah yang baik akan membentuk bagian-bagian vegetatif yang cepat, disebabkan karena jaringan meristem yang akan melakukan pembelahan sel, perpanjangan dan pembesaran sel-sel baru dan protoplasma sehingga pertumbuhan tanaman berlangsung dengan baik (Tursilawati S, Damanhuri, dan Purnamaningsih S. L. 2016). Ketersediaan unsur hara yang cukup maka meningkatkan laju fotosintesis sehingga asimilat yang dihasilkan sebagian dimanfaatkan bagi pembentukan serta penyusunan organ tanaman seperti batang dan sisanya disimpan dalam bentuk protein dan karbohidrat dalam bentuk biji tanaman, untuk membentuk jaringan tanaman dibutuhkan unsur hara dalam jumlah yang tepat dan seimbang agar pertumbuhan tanaman berlangsung secara optimal, termasuk di dalamnya pembentukan polong dan peningkatan berat biji, karena unsur hara dan energi guna menstimulus peningkatan pertumbuhan dan perkembangan serta produksi tanaman (Halid. E. 2021). Sehingga, beberapa penelitian menunjukkan aplikasi ATB yang berlebihan dapat menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman, penelitian dengan mengamati tanaman padi dan gandum pemberian ATB dapat meningkatkan produksi tetapi aplikasi diatas 25% dapat memberikan efek negatif pada tanaman tersebut (A. C. Nugroho *dkk*, 2020.), hal serupa dengan perlakuan 1,5 kg ATB/1 kg tanah telah dapat menghasilkan produksi tertinggi pada tanaman kacang hijau tetapi pada pemberian melebihi 2,0 kg ATB dapat menurunkan produksi (Favaretto, *et all.* 2014). Berikut hasil penelitian aplikasi ATB pada tanaman.

1. Pengaruh aplikasi ATB terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata*. L).

Penelitian menggunakan ATB dari PT RAPP Pangkalan Kerinci Kabupaten Pelalawan, Riau untuk mengetahui Interaksi ATB dan inokulasi legin terhadap perkembangan biji dan produksi kacang hijau (*Vigna radiata*. L), dalam penelitian tersebut menunjukkan pemberian ATB berpengaruh terhadap pertumbuhan biji kacang hijau seperti perubahan kadar air biji, perubahan berat kering biji, kecepatan penumpukan bahan kering biji (KPBK), waktu pengisian biji efektif (WPE), jumlah polong polong bernas dan berat biji kering panen, dalam penelitian ini pemberian ATB 1,5 kg/plot sudah cukup bagi tanaman kacang hijau untuk menghasilkan perkembangan biji dan produksi yang tinggi (Favaretto, N. *et all.* 2014), hal ini disebabkan Aplikasi ATB dapat meningkatkan kandungan minyak pada biji kacang, sebagaimana penelitian bahwa ATB dapat meningkatkan minyak biji kacang tanah, kandungan minyak pada kacang tanah dipengaruhi oleh ketersediaan P (Rao, K.V. and Singh, N.P. 1985), selain itu ATB dapat berperan untuk ketersediaan unsur hara. Dengan terpenuhinya ketersediaan unsur hara, maka proses fotosintesis dan metabolisme lainnya berjalan dengan baik. Ketersediaan hara yang cukup akan meningkatkan laju fotosintesis sehingga asimilat yang dihasilkan sebagian dimanfaatkan bagi pembentukan serta penyusunan organ tanaman seperti batang dan sisanya disimpan dalam bentuk protein dan karbohidrat dalam bentuk biji tanaman. Menurut (Zulkarnaeni, 2010) tingginya produktivitas tiap tanaman akan mempengaruhi tingginya produksi secara luas. (Susetyoadji, 2004) menyatakan bahwa untuk membentuk jaringan tanaman dibutuhkan unsur hara dalam jumlah yang tepat dan seimbang agar pertumbuhan tanaman berlangsung secara optimal, termasuk di dalamnya pembentukan polong dan peningkatan berat biji, Penelitian untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi limbah ATB pada pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau, dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemberian ATB dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau menggunakan dosis (20 ton/ha memberikan hasil yang paling baik dengan peningkatan bobot kering akar, batang, dan daun serta hasil panen yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Al-Karaki, G. N, and Al-Momani, F., 2000).

2. Pengaruh Aplikasi ATB terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*)

Penelitian dilaksanakan untuk menganalisis aplikasi ATB sebagai media tanam pada tanaman tomat dengan mengamati tinggi tanaman tomat serta menganalisis jumlah klorofil dengan menggunakan metode Knudson, dari penelitian tersebut diketahui bahwa komposisi 75% tanah lembang + 25% ATB dan 50% tanah lembang + 50% ATB menyebabkan terjadi percepatan pertumbuhan yang melebihi kontrol pada tanaman tomat, dari hasil penelitian klorofil aplikasi ATB 75 % dapat meningkatkan sintesis klorofil sebesar 60,1023 mg/kg. Serta tidak terjadi gejala toksifikasi pada tanaman tomat tersebut sehingga ATB dapat dimanfaatkan sebagai media tanam. Namun pada konsentrasi ATB 100% terjadi gejala toksifikasi yaitu perhambatan pertumbuhan tanaman tetapi tanaman tidak sampai mati (Wardhani, E.K, Sutisna, A.M, dan Dewi, A.H., 2012).

Sejalan dengan hasil (khan, 1996) ATB jika ditambahkan ke tanah, dengan dosis 60 hingga 70%, di atas dosis tersebut memiliki efek merusak (Hermawan W A. Sabaruddin. Marsi. Hayati. R. 2010). Selain itu Kandungan N pada ATB yang rendah menjadi faktor menghambat pertumbuhan tanaman tomat (Tan, K.H. 1998), sebagaimana tomat membutuhkan N yang tinggi untuk pertumbuhan dan produksi (Wardhani, E.K, Sutisna, A.M, dan Dewi, A.H., 2012), sedangkan kandungan N dalam ATB hanya 0.5% (Mashfufah L F, Prasetya B. 2019.). Unsur hara N dalam tanah akan membantu tanaman dalam proses perkembangan fase vegetatif yang cepat, karena N sangat dibutuhkan oleh jaringan meristem pada saat pembelahan sel, pembesaran sel dan perpanjangan sel untuk membentuk protoplasma dan dinding sel yang baru (Made, Usman. 2010).

3. Pengaruh aplikasi atb terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung (*Zea mays* L.)

Penelitian untuk mengetahui pemanfaatan ATB dikombinasikan dengan Kompos tandang Kosong Kelapa Sawit (KTKKS) untuk meningkatkan serapan P-tanah dan hasil tanaman jagung yang ditanam di tanah Ultisol, dari hasil penelitian tersebut diketahui kombinasi ATB dan KTKKS meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung. Kombinasi 80 ton/ha-1 ATB + 20 ton/ha-1 KTKKS menghasilkan peningkatan bobot tongkol segar 285,39%, bobot tongkol kering 364,91%, bobot kering biomassa 329,59% dan bobot biji kering 1.591,70%. Sejalan dengan Penelitian (Mashfufah L F, dan Prasetya B, 2019) kombinasi 40 ton/ha1TB + 10ton/ha1 dapat meningkatkan produksi sebesar 2,09%. Penelitian lain menunjukkan bahwa pemberian ATB dapat meningkatkan tinggi tanaman jagung, jumlah daun, dan bobot segar tanaman jagung, serta meningkatkan jumlah tongkol jagung dan bobot biji jagung. Hal tersebut di akibatkan oleh kombinasi ATB-KTKKS dapat meningkatkan ketersediaan P, pada fase pertumbuhan generatif. unsur P Sangat dibutuhkan dalam fase pertumbuhan generatif pada tanaman jagung. Unsur P berguna dalam pembentukan tongkol dan jika kekurangan unsur P menyebabkan perkembangan tongkol tidak sempurna sehingga pembentukan biji tidak merata dan tidak bernas (Prasetyo, T.B., Yasin, S. dan Yeni, E. 2010).

Karakteristik tanah dan ATB, untuk meningkatkan produktivitas pertanian. ATB mengandung jejak dan logam berat, yang mudah meresap ke bawah dari lapisan tanah yang digunakan secara konvensional pada laguna. Kelarutan jejak dan logam berat ATB <10%. Esperimen laboratorium mengungkapkan bahwa 5-30% dari unsur-unsur beracun terutama Cd, Cu dan Pb dapat mengalami pelindian. Penelitian yang dilakukan di *Central Fuel Research Institute* (CFRI), Dhanbad, India menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh negatif aplikasi ATB terhadap kualitas air tanah dan bahwa jejak dan kandungan logam beracun berada dalam batas yang diizinkan. Potensi penggunaan ATB dari pembangkit listrik tenaga batu-bara untuk menghilangkan Zn(II) dan Ni(II) dari larutan berair telah dilakukan penelitian pada tanah dari lokasi tambang Italia yang sangat terkontaminasi dengan logam berat menunjukkan penurunan kadar kandungan logam berat dalam air perkolasi ketikadicampur dengan ATB (Singh, R. S., Agrawal, M., & Marshall, F. M. 2007).

Seminar Nasional LPPM UMMAT

Universitas Muhammadiyah Mataram
Mataram, 05 April 2023
ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023
pp. 1204-1215

Sharma dan Kalra (2006), menyatakan ATB ukuran partikel dari ATB lebih kecil dibandingkan ukuran partikel tanah sehingga mudah tercuci dan tersebar ke dalam lapisan tanah. Ketersediaan unsur dalam tanah dipengaruhi oleh pH, *leaching*, ikatan senyawa kompleks, dan lainnya. Penelitian tentang pengaruh radioaktivitas dan kandungan logam berat ini berada pada batas aman jika ATB diaplikasikan dalam jumlah yang optimal (Mustika A. M. Suryani P. Aulawi T.2019). Alternatif pemanfaatan ATB untuk keamanan terhadap kontaminasi logam berat dapat diaplikasikan pada tanaman hias (R. Wilujeng and E. Handayanto. 2019).

D. SIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa;

1. Aplikasi ATB ke tanah asam dapat meningkatkan pH tanah dari 4,0 menjadi 5,55 yaitu tingkat yang dapat ditoleransi untuk pertumbuhan tanaman.
2. ATB jika di kombinasikan dengan Kompos Tandang Kosong Kelapa Sawit (KTKKS), Kotoran sapi, kotoran ayam, dapat meningkatkan P-Tersedia.
3. Aplikasi ATB sekitar 20% hingga 25% dapat meningkatkan Pertumbuhan dan produksi Tanaman tetapi, Aplikasi ATB aplikasi diatas 25% dapat memberikan efek negatif pada tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimah kasih kepada UPT. Perpustakaan Islamic Center Samarinda telah menyelenggarakan skripsi club kepada mahasiswa S1 Samarinda sehingga membantu penulis dalam menyelesaikan kajian ini.

REFERENSI

- Al-Karaki, G. N., & Al-Momani, F. (2000). Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10(2), 51-54.
- A. C. Nugroho, A. Hamzah, and H. T. Soelistriari. 2020. Penggunaan Coal Fly Ash (Cfa) Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks) Untuk Perbaikan Tanah Ultisol Dan Serapan Logam Berat," *Buana Sains*, vol. 20, no. 1, pp. 21–28, 2020, doi: 10.33366/bs.v20i1.1928.
- A. Yousuf, S. O. Manzoor, M. Youssouf, Z. A. Malik, and K. Sajjad Khawaja. 2020. Fly Ash: Production and Utilization in India-An Overview. *Journal Mater Environmental Science*. vol (6): 911–921.
- Billah, M. Khan M. Bano A. Hassan T U. Munir A. and Gurmani A R. 2019. *Phosphorus and phosphate solubilizing bacteria: Keys for sustainable agriculture*. *Journal Geomicrobiologi*. 36 (10): 904–916. doi: 10.1080/01490451.2019.16540.
- BPS. 2021. Produksi Barang Tambang Mineral 2018-2020. Jakarta. https://www.bps.go.id/indicator/10/508/1/produksi-barangtambang_mineral.html. 11 Oktober 2011.
- BPS. Kaltim. 2019. Produksi Batu-bara (Ton), 2019-2021. Samarinda <https://kaltim.bps.go.id/indicator/10/361/1/produksi-batubara.html>. 10 Oktober 2022.
- Damayanti, R. 2018. *Coal ash and its utilization: a technical review on its chemically characteristics and toxicology*. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batu-bara* 14(3): 213 - 231.15
- Desianti, I, Rahmaniah, dan Zelviani, S,. 2018. *Karakterisasi nanosilika dari abu terbang menggunakan metode ultrasonic*. *Jurnal jurusan fisika, fakultas sains dan teknologi*. 5(2): 101–108.
- Dwi, A dan Agung, T. 2012. *Pemanfaatan fly ash batubara sebagai adsorben dalam penyisihan cod dari limbah cair domestik rumah susun wonorejo surabaya*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 4(1): 1–9.
- D. Katiyar et al. 2012. *Impact of Fly-ash-amended soil on growth and yield of crop plants*. *Jurnal*

Seminar Nasional LPPM UMMAT

Universitas Muhammadiyah Mataram

Mataram, 05 April 2023

ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023

pp. 1204-1215

- Environment and Waste Management. 10(2-3):150-162. doi: 10.1504/IJEW.2012.048362.
- Fahrunsyah, Kusuma Z, Prasetya B, and Handayanto E. 2019. *Utilization of Coal Fly Ash and Oil Palm Empty Fruit Bunch Compost to Improve the Uptake of Soil Phosphorus and Yield of Maize Grown on Ultisol*. Journal of Ecological Engineering. 20(6):36-43
- Fahrunsyah F, Mulyadi M, Sarjono A and Darma S. 2020. *Peningkatan Efisiensi Pemupukan Fosfor Pada Ultisol dengan Menggunakan Abu Terbang Batu-bara*. Jurnal Tanah dan Sumberd Lahan. 8(1):189-202. doi: 10.21776/ub.jtsl.2021.008.1.22.
- Faoziah N, Iskandar, dan Djajakirana G, 2022. *Pengaruh Penambahan Kompos Kotoran Sapi dan FABA Terhadap Karakteristik Kimia pada Tanah Berpasir dan Pertumbuhan Tanaman Tomat*. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. 24(1):1-5. doi: 10.29244/jitl.24.1.15.
- Favaretto, N., Norton, L.D., Johnston, C.T., Bigham, J. and Sperrin, M. 2014. Nitrogen and phosphorus leaching as affected by gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium. Soil Science Society of America Journal 76(2):575-585
- Halid. E. 2021. *Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Tomat (Lycopersium Esculentum Mill) Pada Pemberian Berbagai Dosis Bubuk Cangkang Telur*. Journal Agriplantae Ilmu Terapan Budidaya dan Pengelolaan Tanam. Pertanian dan Perkebunan. 10(1):59-66.
- Hermawan W A. Sabaruddin. Marsi. Hayati. R. 2010. Perubahan Jerapan P Pada Ultisol Akibat Pemberian Campuran Abu Terbang Batubara-Kotoran Ayam. 11(1):-10.
- Kabiro, Layanan Informasi Publik, dan Kerja Sama. 2021. *Cadangan Batu-Bara Indonesia*. Jakarta Nomor: 246. https://www.esdm.go.id/id/media_center/arsip-berita/cadangan-batubara-masih-3884-miliar-ton-teknologi-bersih-pengelolaannya-terus-didorong. 11 Oktober 2022. Nomor: 246.Pers/04/SJI/2021
- Kurniawan A. R, Surono W, dan Alimano M.2018. *Potensi Pemanfaatan Limbah Pembakaran Batubara PLTU sebagai Media Tanam dalam Kegiatan Revegetasi Lahan Bekas Tambang Batu-bara*. Puslitbang Teknologi Minerba dan Batubara. 7(1):36-46.
- Kurniawati N and Priyadi F. 2021. *Pengaruh Aplikasi Abu Terbang dan Pupuk Kotoran Sapi terhadap Populasi Mikroorganisme di Tanah Ultisol*. Jurnal Agriprima. 5(1);41-49. doi: 10.25047/agriprima.v5i1.406.
- Laporan utama. 2022. Info the future. departemen komunikasi korporat pt pupuk kalimantan timur. jl ir james simanjuntak no 1. Bontang Kalimantan Timur.
- Made, Usman. 2010. Respons Berbagai Populasi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) terhadap Pemberian Pupuk Urea. J. Agroland 17 (2) : 138 - 143.
- Mashfufah L F, Prasetya B. 2019. *Pengaruh Abu Terbang Batubara, Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, Dan Mikoriza Terhadap Ketersediaan Dan Serapan Fosfor, Pertumbuhan dan Produksi Jagung Pada Ultisol*. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 6(2) : 1261-1272.
- Muhardi dan S. Satibi. 2008. *Karakteristik Kimia, Fisik dan Mekanik Abu Batu Bara (Abu Terbang dan Abu Dasar)*. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau. 1(9).
- Mustika A. M. Suryani P. Aulawi T.2019. *Analisis Mutu Kimia Dan Organoleptik Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Dosis Em-4 Berbeda*. Jurnal Agroteknologi. 9(2):13. doi: 10.24014/ja.v9i2.4548.
- Peraturan Pemerintah RI No. 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).
- Peraturan Pemerintah RI No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Praturan Presiden. RI No. 59 Tahun 2017 Tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan.
- Prasetyo, T.B., Yasin, S. dan Yeni, E. 2010. Pengaruh pemberian abu batubara sebagai sumber silika (Si) Bagi pertumbuhan dan produksi tanaman padi (*Oryza sativa* L). Jurnal Solum 7(1):1-6.

Seminar Nasional LPPM UMMAT

Universitas Muhammadiyah Mataram
Mataram, 05 April 2023
ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023
pp. 1204-1215

- Rao, K.V. and Singh, N.P. 1985. *Influence of irrigation and phosphorus on oil yield of groundnut*. Indian Journal of Agronomy, 30, 139141.).
- Satibi, M. 2008. Karakteristik Kimia , Fisik dan Mekanik Abu Batu Bara (Abu Terbang dan Abu Dasar),” Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau. 1–9.
- Sharma, P., & Kalra, N. (2006). A review of the soil carbon pool in relation to ecosystem functions. *Agronomy for Sustainable Development*, 26(1), 59-76.
- Setyaningrum, R.L, Khairiyati, dan Sholihah, Q. 2008. *Jajanan debu batu-baradangguan pernafasan pada pekerja lapangan tambang batu-bara*. Jurnal Kesehatan Lingkungan Unair. 4(2):1–8.
- Singh, N. Vimal C, P., 2010. *Impact of fly ash incorporation in soil systems*. Journal Agriculture. Ecosystem Environmental. 136(1–2). : 16–27. doi:10.1016/j.agee.2009.11.013.
- Singh, R. S., Agrawal, M., & Marshall, F. M. (2007). Use of fly ash from thermal power plants in Australia for the removal of heavy metals from wastewater. *Journal of Environmental Management*, 85(3), 537-544.
- Skousen, J. 2013. *Review of fly ash as a soil amendment*. *Journal Geosystem Engineering*. 16(3): 249–256. doi: 10.1080/12269328.2013. 832403.
- Syafitri T Y. Hayati R. Umran. 2012. *Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Dan Beberapa Jenis Sawi Terhadap Kadar Logam Kadmium (Cd) Dan Produksi Sawi Di Tanah Gambut*. 1(10).
- Sun B. Gao Y. Xue Wu. Huimin M. Zheng C. Wang X. Zhang H. Li Z. Yang H. 2019. *The relative contributions of pH, organic anions, and phosphatase to rhizosphere soil phosphorus mobilization and crop phosphorus uptake in maize/alfalfapolyculture*. *Journal Plant Soil*. 447 (1–2): 117–133. doi: 10.1007/s11104-019-04110-0.
- Tan, K.H. 1998. *Principles of Soil Chemistry. Third Edition*. Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., NewYork.
- Tursilawati S, Damanhuri, dan Purnamaningsih S. L. 2016. *Uji Daya Hasil Tomat (Lycopersicum Esculentum Mill.) Organik*. *Journal Produksi Tanam*. 4(4): 283–20.
- Ohenoja K, Pesonen J, Yliniemi J, and Illikainen M. 2020. *Utilization of fly ashes from fluidized bed combustion: A review*. *Journal Sustainable*. 12(7): 1–26. doi:10.3390/su12072988.
- Umboh, A, H. Sumajouw, M, D, J. dan Windah, R, S., 2014. *Pengaruh pemanfaatan abu terbang (fly ash) dari PLTU II Sulawesi utara sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton*. *Jurnal Sipil Statik*. 7(2):352–358.
- Wardhani, E.K, Sutisna, A.M, dan Dewi, A.H., 2012. *Evaluasi pemanfaatan abu terbang (fly ash) batubara sebagai campuran media tanam pada tanaman tomat (Solanum lycopersicum)*. *Jurnal Itenas Rekayasa Institut Teknologi Nasional*. 26(1): 44–56.
- Wiyono, W.M., 2018. *Analisis unsur dalam fly ash dari industri pltu batubara dengan metode analisis aktivasi*. *Jurnal Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi*. 19(2): 0–1.
- Yusra A, T. Aulia B, Jufriadi., 2018. *Pengaruh Bahan Tambah Fly Ash Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*. 1(1): 9–18 doi: 10.35308/jts-utu.v1i1.717