

PENGUJIAN BIOVIGORAN BERBASIS SBE HASIL BIOPROSES SEBAGAI PEMBENAH TANAH

APPLICATION OF BIOPROCESSED SBE BASED BIO VIGORANT AS SOIL ENHANCER

¹⁾Joko Sulistyo* dan ²⁾Bambang Gunawan

¹⁾Food Technology Program, Faculty of Tourism, Universitas Ciputra Surabaya
CitraLand CBD Boulevard, Made, Kec. Sambikerep Surabaya, Jawa Timur 60219

²⁾PT Triputra Jaya Sentosa, Kediri, Jawa Timur

Randu No.89, Rt 02, Rw 05, Desa Tugurejo, Kabupaten Kediri

Email : joko.sulistyo@ciputra.ac.id

ARTICLE HISTORY : Received [15 August 2022] Revised [11 December 2022] Accepted [28 December 2022]

ABSTRAK

Salah satu upaya untuk mempercepat proses pemulihan lahan pertanian yang terdegradasi adalah dengan menggunakan pembenah tanah sebagai upaya menciptakan lingkungan yang kondusif untuk mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman, mengembangkan biota tanah, melindungi lingkungan sekitar, dan meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi. Dengan demikian pembenah tanah harus memiliki kemampuan untuk memfasilitasi penyediaan unsur hara, air dan udara secara optimal. Untuk menguji kemampuan beberapa pembenah tanah, rancangan percobaan terdiri dari beberapa perlakuan antara lain kontrol (tanpa pembenah tanah), Zeolit (pembenah tanah anorganik), dan Bio Vigorant berbasis *Spent Bleaching Earth* (SBE) sebagai pembenah tanah organik dan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan rancangan acak lengkap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bio Vigorant memenuhi syarat baku mutu lingkungan berdasarkan peraturan pemerintah dan memenuhi syarat mutu teknis sebagai pembenah tanah dengan fungsi khusus. Meskipun penggunaan Bio Vigorant dapat memperbaiki sifat kimia tanah, namun tidak berdampak signifikan terhadap faktor agronomi. Penggunaan Bio Vigorant tidak mengakumulasi logam berat seperti AS, Hg, Pb, Cd, Cr, Ni terhadap tanah, air, dan tanaman di sekitarnya, namun menunjukkan efek yang sebanding dengan zeolit dalam hal sifat kimianya terhadap pertumbuhan tanaman. Sebagai pembenah tanah organik, Bio Vigorant memenuhi semua persyaratan teknis minimum. Penggunaan Bio Vigorant sebagai pembenah tanah organik untuk komoditas tanaman pertanian khususnya jagung tidak memberikan kontribusi negatif terhadap akumulasi logam berat di tanah dan air lingkungan sekitar. Faktanya, berdasarkan analisis neraca massa, Bio Vigorant tidak menunjukkan adanya potensi akumulasi pada tanaman pangan pada musim tanam berikutnya.

Kata kunci: *Spent Bleaching Earth*, pembenah tanah, Bio Vigorant, logam berat, pertumbuhan tanaman.

ABSTRACT

One of effort to accelerate the process of restoring degraded agricultural lands is to use soil enhancer or soil conditioner in order to create an environment that is conducive to support plant growth and production, develop soil biota, protect surrounding environment, and increase soil resistance to erosion, thus the soil enhancer must have ability to facilitate optimal supply of nutrients, water and air. To test the capacity of several soil enhancers, the experiment was designed to consist of several treatments including control (no soil

enhancer), Zeolite (inorganic soil enhancer), and Bio Vigorant based on spent bleaching earth (SBE) as organic soil enhancer and was furthermore analysed using a completely randomized design. The results showed that the Bio Vigorant met the requirements of environmental quality standards based on government regulation and fulfills the technical quality requirements as the soil enhancer with special function. Although the use of Bio Vigorant may improve the soil chemical properties, however, it does not have any significant impact on agronomic factors. The use of Bio Vigorant did not accumulate heavy metals, such as AS, Hg, Pb, Cd, Cr, Ni towards the surrounding soil, water, and plants, however it showed comparable effects to zeolite in terms of its chemical properties on plant growth. As the organic soil enhancer, Bio Vigorant meets all the minimum technical requirements. The use of Bio Vigorant as organic soil conditioner for agricultural crop commodities, especially corn, did not contribute negatively to the accumulation of heavy metals in the soil and water of the surrounding environment. In fact, based on mass balance analysis, Bio Vigorant did not exhibit any potential for accumulation in food crops in the next growing season.

Keywords: spent bleaching earth, soil enhancer, Bio Vigorant, heavy metals, plant growth.

PENDAHULUAN

Pemurnian minyak sawit (CPO) yang melibatkan proses *degumming* dan pemucatan, menghasilkan banyak tanah bekas pemucatan (*spent bleaching earth*, SBE). SBE adalah serbuk yang sangat halus dengan komponen utamanya berupa silikon dioksida yang berasal dari lempung montmorillonit yang telah diberi perlakuan terlebih dahulu menggunakan asam mineral serta proses pencucian bahan dasarnya seperti aluminium, besi dan magnesium sehingga terbentuk *bleaching earth* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Bleaching earth telah digunakan oleh industri minyak sawit sebagai bahan utama untuk penyerapan zat warna gelap dan zat penyebab bau yang terkandung dalam minyak mentah dan minyak nabati (Loh *et al*, 2013).

SBE adalah limbah pabrik minyak sawit yang mengandung banyak minyak

residu dalam kadar yang tinggi. Praktik-praktik pembuangan SBE yang telah lama dilakukan adalah dengan cara pembakaran, ditambahkan dalam pakan ternak, ditimbun dalam tanah atau sebagai bahan pembuatan batu bata. Beberapa tahun yang lalu, di Indonesia, praktik yang paling umum dilakukan adalah dengan membuang di tempat pembuangan sampah, sehingga menyebabkan bahaya kebakaran dan polusi yang disebabkan terjadinya degradasi residu minyak yang terkandung di dalamnya, serta mengakibatkan emisi gas rumah kaca. Di Jepang, SBE dibakar untuk bahan bakar pabrik semen, namun terdapat kesulitan dalam menjaga kualitas semen yang dihasilkan karena tingginya kandungan minyak dalam SBE. Akhir-akhir ini, pembakaran atau pembuangan di TPA telah dilarang berdasarkan peraturan dari Kementerian Kehutanan dan Lingkungan

Hidup, sehingga residu minyak sisa yang terkandung dalam SBE harus dipulihkan dan digunakan kembali untuk mengurangi biaya pemrosesan di pabrik pengolahan minyak.

Munculnya permasalahan limbah SBE yang terjadi akibat penimbunan SBE di TPA telah menginspirasi berbagai upaya untuk memanfaatkan SBE secara optimal, sebagaimana diungkapkan melalui US patent nomor 5,256,613, yaitu dengan meregenerasi SBE menggunakan *fluidized bed* serta pemanfaatan sebagai bahan baku pakan ternak (Smallwood, 2013; Damodaran, 2008; Ng *et al*, 2006). Upaya penanganan lainnya dilakukan dengan cara pembakaran dalam insinerator, pupuk organik, dan bahan bangunan (Loh *et al*, 2013, Tangchirapat, 2007). Residu minyak pada SBE telah dipulihkan melalui beberapa pendekatan yang mungkin bermanfaat sebagai solusi alternatif, antara lain sebagai bahan baku biofuel (Loh *et al*, 2006), biolubricants (Loh *et al*, 2007), oleokimia (Chanrai & Burde, 2004), adsorben (Cheah & Siew, 2004), pupuk bio-organik (Loh *et al*, 2013), dan pembenahan tanah (Arias-Estévez *et al*, 2007) atau fermentasi minyak SBE untuk produksi riboflavin bagi industri obat-obatan, makanan dan pakan ternak serta sebagai pemulih tanah (Park *et al*, 2004).

Oleh karena itu, pencarian pendekatan alternatif seperti daur ulang

atau pemulihan nutrisi dari SBE sebagai pupuk suplemen (Wang *et al*, 2010) untuk meningkatkan hasil tanaman pertanian sangat diinginkan, sebab SBE dinyatakan dapat meningkatkan fosfor (P) yang dapat diekstraksi dari tanah bertekstur ringan yang terdegradasi (Crocker *et al*, 2004). Selain itu, SBE mampu meremajakan tanah terdegradasi dengan meningkatkan kapasitas penukaran kation tanah dan meningkatkan kapasitas penyerapan air (Soda *et al*, 2006).

Namun, SBE sendiri menyebabkan ketidakseimbangan pasokan hara tanaman terutama unsur nitrogen (N) dan kalium (K). Selain itu, sifatnya yang asam menjadi kendala terhadap pemanfaatannya untuk digunakan sebagai pupuk bio-organik tanpa campuran pada lahan pertanian (Soda *et al*, 2006). SBE dapat diterapkan secara bersamaan dengan biomassa dari limbah sawit atau limbah pertanian lainnya (Loh *et al*, 2013), antara lain serbuk gergaji, dedak dan sekam padi, abu sekam padi atau kotoran kandang ayam (Wang *et al*, 2010; Soda *et al*, 2006). Dengan cara tersebut terbukti bahwa aplikasi SBE dapat meningkatkan nutrisi dan berpengaruh terhadap kondisi tanah, menurunkan keasaman serta hidrofobisitas SBE.

Sekarang dapat dilihat bahwa penggunaan pupuk yang melimpah, terutama pupuk kimia, tanpa mengabaikan penggunaan bahan pembenah tanah,

walaupun tanah membutuhkan pengkondisian karena beberapa alasan. Salah satu yang menjadi kebutuhan vital diperlukannya pembenah tanah adalah untuk mengendalikan degradasi tanah; meningkatkan interaksi udara dan air tanah, drainase tanah dan agregasi tanah, yang berperan untuk mengurangi pengerasan dan pemadatan tanah dan lain-lain. Ketika mempertimbangkan peran dan fungsi pembenah tanah dalam memproduksi tanaman, maka sangatlah penting untuk disadari bahwa pemberian bahan pembenah tanah, dapat berpengaruh terhadap banyak sifat-sifat tanah, baik menguntungkan maupun merugikan. Beberapa sifat tanah yang dapat dipengaruhi dengan penambahan bahan pembenah tanah antara lain, daya mengikat air, aerasi, suhu, kapasitas dan ketersediaan hara, kapasitas pertukaran kation, stabilitas struktur dan agregat tanah, populasi dan perilaku mikroorganisme, bahan kimia organik, dan hewan yang berada disekitarnya, termasuk serangga dan hama (Shinde *et al*, 2019).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji biovigoran berbasis SBE hasil bioproses menggunakan bioaktivator, sebagai bahan pembenah tanah, serta untuk menguji pengaruh penggunaan biovigoran berbasis SBE terhadap kualitas tanah, air dan tanaman di sekitar lingkungan tanah

yang diberi perlakuan dengan biovigoran berbasis SBE.

Bahan dan Metode

Bahan-bahan yang diperlukan dalam kegiatan ini yaitu zeolite sebagai bahan pembenah yang digunakan sebagai kontrol untuk pengujian *head to head* terhadap biovigoran sebagai pembenah tanah yang diuji, bahan pembenah tanah organik dan anorganik tanah yang ada di pasaran, benih jagung varietas NASA 29, pupuk standar; urea, SP-36, dan KCl, pupuk mikro (gandasil B dan D), KNO₃, bahan kimia standar untuk analisis antara lain As, Hg, Pb, Cd, Na, K, asam perklorat dan asam nitrat. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi; peralatan lapangan dan peralatan analitik di laboratorium, antara lain pH meter, spectrophotometer AAS, neraca analitik, alat-alat gelas, dan lain-lain.

Metode/Rancangan Penelitian

Bioproses SBE secara fermentasi

Formulasi dan Produksi Pupuk Organik Berbasis SBE SBE yang dikumpulkan terlebih dahulu dipilah untuk menghilangkan zat-zat yang tidak diinginkan yang timbul dari pembuangan limbah lain selama proses penyulingan minyak. Itu mengalami fase pengomposan selama 21 hari dengan penambahan kotoran sapi (~20%) dan produk

sampingan pertanian (~15%) yaitu dedak padi dan tepung onggok dan bioaktivator (~5%) berupa starter yang terdiri dari 12 macam mikroorganisme. Jenis dan rasio campuran bahan baku yang digunakan bergantung pada kandungan CN rasio yang diinginkan sebagai produk jadi formula biovigoran. Modifikasi CN rasio juga dilakukan melalui rasio pencampuran bahan yang berbeda. Pengomposan dilakukan pada suhu 50–70°C dalam suatu sistem tertutup untuk mendorong pertumbuhan mikroba aktif yang berperan dalam mengurai bahan-bahan organik pada SBE secara fermentasi fakultatif. Pengadukan dilakukan secara teratur pada hari ke-7 dan ke-14, untuk mendapatkan hasil pencampuran yang homogen dan efektif.

Pengujian mutu pembenah tanah

Sampel pembenah tanah diuji mutunya sesuai dengan Kepmentan No. 261 Tahun 2019 tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah dan selanjutnya diuji mutunya sesuai dengan PP No. 101 Tahun 2014 tentang nilai baku karakteristik beracun melalui TCLP dan total konsentrasi untuk penetapan pengelolaan tanah terkontaminasi limbah bahan berbahaya dan beracun.

Pengujian lapangan biovigoran

penelitian untuk menguji kemampuan Biovigoran sebagai pembenah

tanah organik dibandingkan pembenah tanah anorganik yang ada di pasaran, terdiri dari beberapa perlakuan sebagai berikut; (A), Kontrol (tanpa pembenah tanah); (B) Zeolit 0,5 t/ha; (C), Zeolit 1 t/ha; (D), Zeolit 1,5 t/ha; (E), Zeolit 2 t/ha; (F), Zeolit 2,5 t/ha; (G), Biovigoran 0,5 t/ha; (H), Biovigoran 1 t/ha; (I), Biovigoran 5 t/ha; (J), Biovigoran 2 t/ha; (K), Biovigoran 2,5 t/ha.

Sedangkan perlakuan penelitian untuk menguji kemampuan Biovigoran sebagai pembenah tanah dibandingkan pembenah tanah lainnya yang ada di pasaran, terdiri dari: (P0), kontrol/tanpa pembenah tanah; (P1), pembenah tanah C-organik, (P2), pembenah tanah asam humat; (P3), pembenah tanah CaCO₃ dan MgCO₃; (P4), pembenah tanah Biovigoran-0,5 kali dosis; (P5), pembenah tanah Biovigoran-1 kali dosis; (P6), pembenah tanah Biovigoran-1,5 kali dosis; (P7), pembenah tanah Biovigoran-2 kali dosis; (P8), pembenah tanah Biovigoran-2,5 kali dosis yang direkomendasikan (600 kg/Ha).

Persiapan media tanam.

Kegiatan didalam rumah kaca dilakukan menggunakan tanah yang tergolong bermasalah dan miskin hara. Tanah yang digunakan mempunyai karakteristik pH agak asam (5,26-5,8), C organik rendah (1,06-1,27%), N total rendah-sedang (0,12-0,30%), kemampuan

menukar kation (KTK) sedang (23,70 cmol (+) kg⁻¹). Selain itu tanah terkontaminasi Pb dalam batas normal (15,38 ppm), Cd dalam batas normal (1,09 ppm), Cr batas normal (5,88 ppm), Ni batas normal (6,64 ppm), Fe sangat tinggi (1665,9 ppm), Zn sangat tinggi (69,27 ppm). Berat tanah yang digunakan yaitu sebanyak 17kg/pot (standar Permentan No 01 Tahun 2019). Terlebih dahulu tanah dikeringanginkan, kemudian dihaluskan, diayak dihomogenkan dan diberi label sesuai dengan perlakuan yang diberikan. Selanjutnya tanah diberi penambahan pembenah tanah sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan dan diaduk rata, kemudian diairi hingga mencapai kapasitas lapang dan diinkubasikan selama 2 minggu.

Penanaman dan pemupukan .

Varietas jagung hibrida NASA 29 berumur sekitar 102 hari dengan potensi hasil panen sebesar 13,7 ton/ha, dipilih sebagai tanaman indikator. Penanaman dilakukan 2 minggu setelah pemberian pembenah tanah. Setelah tumbuh dipilih 1 bibit tanaman yang pertumbuhannya paling baik, sehingga 1 pot hanya berisi 1 bibit tanaman jagung.

Pupuk yang digunakan adalah pupuk N, P, K (urea, KCl, dan SP-36) dengan mengacu pemupukan untuk tanamab jagung hibrida. Pemberian pupuk urea diberikan tiga kali pada hari ke-7 (150

kg/ha urea, 100 kg/ha KCl, 100 kg/ha SP-36), hari ke-25 (Urea 150 kg/ha), dan hari ke-40 hari (150 kg/ha urea dan 100 kg/ha KCl) setelah tanam. Selama perawatan, dilakukan pemupukan melalui penyemprotan yaitu gandasil D pada fase vegetatif dengan dosis 20 gr/10L, dan gandasil B pada fase generatif.

Pengambilan data pengamatan

Parameter agronomi meliputi tinggi tanaman dan jumlah buku, panjang dan diameter tongkol, jumlah baris biji per tongkol, bobot per 100 biji, serta bobot biji pipilan kering.

- a) Parameter lingkungan meliputi Suhu dan pH tanah.
- b) Sifat pembenah tanah; C–Organik, C/N ratio, kadar air, N total, NH₄⁺, NO₃⁻, P potensial dan tersedia, K potensial dan tersedia, pH, Fe total, Fe tersedia, Zn, Na, logam total (As dan Hg), logam tersedia (Pb, Cd, Cr, Ni), bahan ikutan (plastik, kaca, kerikil).
- c) Sampel tanah awal: C–Organik, C/N, kadar air, N total, NH₄⁺, NO₃⁻, P potensial dan tersedia, K potensial dan tersedia, pH, KTK, tekstur, Fe total, Fe tersedia, Zn, Na, logam total (As dan Hg), logam tersedia (Pb, Cd, Cr, Ni), bahan ikutan (plastik, kaca, kerikil)
- d) Sifat fisika dan kimia tanah: C–Organik, C/N, kadar air, N total, NH₄⁺, NO₃⁻, P potensial dan tersedia, K potensial dan tersedia, pH, Fe total, Fe

tersedia, Zn, KTK, Na, dan bahan ikutan (plastik, kaca, kerikil) setelah inkubasi dan panen.

- e) Analisis parameter lingkungan terdiri dari; Sampel tanah, logam total (As dan Hg), logam tersedia (Pb, Cd, Cr, Ni), setelah inkubasi dan panen; sampel air (leaching), logam total (As dan Hg), logam tersedia (Pb, Cd, Cr, Ni) yang diambil setelah inkubasi; sampel tanaman, kandungan logam total (As dan Hg), logam tersedia (Pb, Cd, Cr, Ni).
- f) Mikroba total sebelum dan setelah aplikasi (14 HSA) dan panen.

Pengujian biovigor sebagai pembenah tanah

Analisis kandungan senyawa kimia kontaminan yang terkandung dalam biovigor berbasis SBE hasil fermentasi seperti TCLP anorganik dan TCLP organik. Selain itu dilakukan analisis sifat fisik seperti *flash point* dan *reactivity*.

Parameter lingkungan terdiri dari; Kandungan logam berat As, Hg, Pb, Cd, Cr, Ni di dalam tanah sebelum dan setelah perlakuan serta setelah panen. Logam berat As, Hg, Pb, Cd, Cr, Ni yang terbawa air (*leaching*) dan yang terserap tanaman; C-Organik dan N total sebelum dan sesudah perlakuan; suhu dan pH tanah sebelum dan sesudah perlakuan; KTK tanah sebelum dan sesudah perlakuan,

kandungan mikroba total.

Analisis Data

Data-data pertumbuhan tanaman dan produksi dianalisis statistik menggunakan anova dan dilanjutkan uji DMRT jika terjadi perbedaan nyata pada taraf nyata 5%. Hasil analisis statistik dipergunakan sebagai dasar untuk menilai efektivitas penggunaan bahan pembenah tanah pada komoditas yang diujicobakan. Data parameter lingkungan dianalisis menggunakan statistik sederhana dan komparasi terhadap parameter lingkungan standar yang disyaratkan. Hasil analisis statistik dipergunakan sebagai dasar untuk menilai kelayakan penggunaan bahan pembenah tanah dari aspek lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

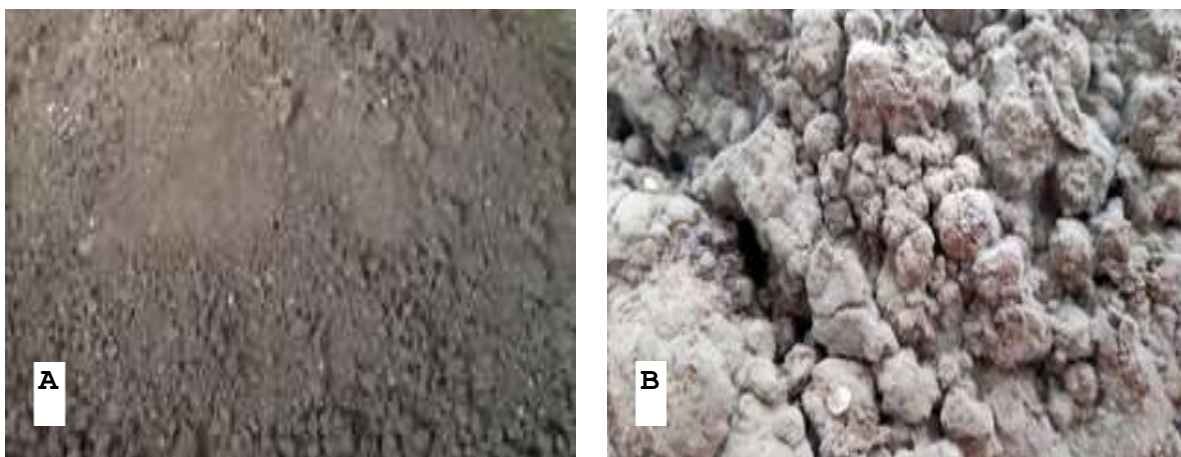
Hasil bioproces SBE secara fermentasi

Pengolahan limbah SBE untuk produksi biovigor sebagai pembenah tanah pada industri kelapa sawit sejauh ini belum dilaksanakan, sehingga hanya dibuang atau diserahkan pengelolaannya kepada pihak lain, untuk digunakan sebagai bahan bakar pada industri semen, atau pengusaha bata ringan. SBE ditemukan mengandung jumlah NPK yang cukup memadai. dibandingkan dengan biomassa bahan limbah industry minyak sawit lainnya, antara lain POME, EFB, OPT dan OPF, serta produk sampingan pertanian, misalnya kotoran sapi.

Meskipun SBE mengandung C tinggi dengan N yang terbatas, akan tetapi bioavailabilitas C bisa menjadi lebih rendah, sehingga dekomposisi SBE menjadi sangat lambat. Oleh karena itu, aplikasi langsung SBE pada tanah akan menyebabkan efek yang merugikan dalam membatasi ketersediaan unsur N dalam tanah bagi pertumbuhan tanaman. Hasil bioproses SBE secara fermentasi menggunakan bioaktivator menunjukkan perubahan fisik SBE yang sangat berbeda dibandingkan fisik SBE sebelum diproses (Gambar 1).

SBE dapat dikonversi menjadi produk bernilai tambah dari pada hanya dibuang begitu saja sebagai limbah di tempat pembuangan sampah. Pendekatan alternatif pemanfaatan SBE adalah melalui pengembangan pupuk bioorganik berbasis

SBE melalui pencampuran berbagai sumber biomassa lain yang memiliki sifat nutrisi berbeda. Kelayakan campuran SBE dengan berbagai biomassa, antara lain batang kelapa sawit, pelepah sawit, tandan kosong dan kotoran ayam, dalam rasio pencampuran yang berbeda, telah diteliti dan ditentukan rasio optimumnya. Campuran SBE dengan berbagai biomassa pada rasio pencampuran yang berbeda telah dianalisis kandungan makronutrien dan mikronutrien, pH, karbon organik, nitrogen total, C:N rasio dan kandungan bahan organiknya SBE juga dapat dikonversi menjadi adsorben untuk digunakan kembali dalam pemurnian minyak nabati, guna menghilangkan pigmen, kotoran dan kontaminan pada minyak nabati (Loh *et al*, 2015).



Gambar 1. Limbah SBE sebelum diperlakukan secara bioproses fermentasi menggunakan bioaktivator (A) dan setelah difermentasi (B) selama 21 hari pada kondisi tertutup, menunjukkan perubahan tampilan yang sangat berbeda. Beberapa jenis mikroba tumbuh subur menutupi hampir keseluruhan permukaan butiran SBE.

Pemanfaatan SBE di bidang pertanian sebagai metode alternatif untuk mengevaluasi pengaruh SBE terhadap pertumbuhan dan kualitas terong, menunjukkan bahwa SBE efektif dalam mendorong pertumbuhan terong dan penyerapan unsur hara dibandingkan dengan perlakuan kontrol pada kondisi lapang. Dengan cara yang tepat dan efektif dalam menangani dan mengkonversi SBE menjadi pupuk bio organik menjadi sebuah keuntungan sebagai pengganti pupuk komersial (Cheong *et al*, 2013). Selain itu, suatu produk inovasi berkaitan dengan SBE sebagai bahan pengisi pupuk NPK, diuji terhadap aktivitas prolin, pertumbuhan dan produktivitas tanaman jagung menggunakan pupuk tambahan NPK berbahan dasar SBE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan SBE memberikan pengaruh terhadap sifat-sifat morfologi tanaman, serta meningkatkan aktivitas prolin (Purba *et al*, 2020).

Pengujian biovigoran sebagai bahan pembenah tanah

Biovigoran berbasis SBE hasil biosores memiliki karakteristik fisik yang tidak mudah menyala dan juga tidak reaktif, demikian juga hasil analisis *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) organik dan anorganik, sebagai cara untuk menentukan

kecenderungan limbah mengalami pelindian atau leaching pada lingkungan disekitarnya, menunjukkan nilai yang sangat rendah dari limit deteksi alat ukur, sehingga jauh berada dibawah baku mutu lingkungan berdasarkan PP No. 101 Tahun 2014 (Tabel 1).

Biovigoran berbasis SBE-bioproses secara teoritis dapat dikategorikan sebagai pembenah tanah fungsi khusus yaitu sebagai peningkat kapasitas tukar kation tanah sesuai persyaratan teknis mutu yang tercantum dalam Kepmentan No. 261/KTS/SR.310/M/4/2019. Hasil analisis kapasitas menukar kation (KTK) memenuhi standar persyaratan teknis mutu (PTM). Demikian juga berdasarkan kriteria umum sebagai pembenah tanah fungsi khusus, hasil analisis kandungan logam berat As, Hg, Pb, Cd, Ni, dan Cr SBE-Bioproses memenuhi standar PTM yang berlaku. Apabila SBE-bioproses akan dijadikan sebagai pembenah tanah organik maka perlu penambahan bahan lain karena kandungan C-organik, C/N ratio, dan kadar airnya tidak memenuhi standar persyaratan mutu sesuai Kepmentan. Meskipun pH, Fe total dan tersedia, Zn total, serta logam berat sesuai dengan kriteria PTM (Tabel 2 dan 3).

Tabel 1. Hasil uji karakteristik dan TCLP biovigoran berbasis SBE hasil bioproses

No.	Parameter	Satuan	Metode Analisis	Baku Mutu Lingkungan		
				TCLP-A	TCLP-B	Hasil Analisis
Uji Karakteristik						
1	Uji Mudah Menyala	oC	Kualitatif	-	-	Tidak mudah menyala
2	Uji Reaktif	detik	Kualitatif	-	-	Tidak reaktif
TCLP Anorganik						
1	Kadmium, Cd	mg/L	(AAS)	0,9	0,15	< 0,02
2	Tembaga, Cu	mg/L	(AAS)	60	10	< 0,03
3	Timbal, Pb	mg/L	(AAS)	3	0,5	< 0,05
4	Seng, Zn	mg/L	(AAS)	300	50	< 0,04
5	Merkuri, Hg	mg/L	(AAS)	0,3	0,05	< 0,0002
6	Nikel, Ni	mg/L	(AAS)	21	3,5	< 0,07
7	Perak, Ag	mg/L	(AAS)	40	5	< 0,06
8	Krom, Cr ⁺⁶	mg/L	(AAS)	15	2,5	< 0,051
TCLP Organik						
1	Heksaklorobenzen	mg/L	(GC)	0,8	0,13	< 0,00003
2	γ -HCH (lindane)	mg/L	(GC)	0,6	0,1	< 0,000089
3	Heptaklor	mg/L	(GC)	0,12	0,015	< 0,00004
4	Aldrin + Dieldrin	mg/L	(GC)	0,009	0,0015	< 0,00002
5	cis-Chlordane	mg/L	(GC)	0,06	0,01	< 0,00003
6	DDT+DDD+DDE	mg/L	(GC)	0,3	0,05	< 0,00002
7	Endrin	mg/L	(GC)	0,12	0,02	< 0,00003
8	Metoksiklor	mg/L	(GC)	6	1	< 0,00003

Tabel 2. Hasil analisis kimia Biovigoran sebagai pembenah tanah fungsi khusus.

Fungsi	Parameter	Satuan	Nilai	Limit deteksi alat	Standar Mutu
Umum	Logam berat				
	As	ppb	< LoD	0,020	Maksimum 10
	Hg		< LoD	0,020	Maksimum 1
	Pb	ppm	20,19	0,0022	Maksimum 50
	Cd		1,63	0,0021	Maksimum 2
	Ni		11,37	0,0027	Maksimum 50
	Cr		21,96	0,0032	Maksimum 180
Khusus	KTK	Cmol (+)/ Kg	95,46		Minimum 60
	Kadar air	%	5,16		Maksimum 10
	Kehalusan	%	72,45		Minimum 90

Tabel 3. Hasil analisis kimia Biovigoran sebagai pembenah tanah organik.

Parameter	Satuan	Nilai	Standar Mutu
pH		5,60	4-9
Kadar air		5,16	8-20
C-organik	%	11,21	Minimum 15
N-Total		1,20	-
C/N Ratio		9,30	≤ 25
Total		1379,92	Maksimum 15.000
Fe			
Tersedia	ppm	249,38	Maksimum 500
Zn		51,98	Maksimum 5000

Sekarang ini penggunaan pupuk dalam jumlah besar, lebih kepada penambahan unsur kimianya, namun seringkali mengabaikan masalah kondisi tanah. Setiap proses yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas tanah dalam meningkatkan hasil panen, kinerja tanah atau untuk fungsi yang lainnya, digambarkan sebagai pembenahan tanah. Tanah membutuhkan pengkondisian karena beberapa alasan kebutuhan vital, antara lain untuk mengendalikan degradasi tanah, memperbaiki hubungan air-air tanah, drainase tanah dan agregasi tanah, mengurangi kerak dan pemadatan tanah, untuk mengatasi penolakan air. Pembenah tanah sebagaimana didefinisikan meliputi berbagai jenis bahan organik, gipsum, kapur, endapan alami, berbagai polimer terlarut air dan polimer berikatan silang yang mampu menahan air dalam tanah, tanaman hidup, mikroba, beberapa produk limbah industri dan SBE. Pembenah tanah berguna karena membuat tanah lebih berfungsi sebagai ekosistem dan lebih

efisien sebagai penyangga tanaman (Shinde *et al*, 2019). SBE dihasilkan dalam jumlah melimpah dimana volume minyak nabati dalam jumlah besar secara signifikan diproduksi. Pemadatan menggunakan tekanan rendah diikuti dengan perlakuan panas pada 150°C menyebabkan polimerisasi residu komponen organik dalam SBE, sehingga SBE dapat digunakan untuk membuat batako yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan, sebagai produk aplikasi baru, inovatif dan hemat biaya produksi (Beshara & Cheeseman, 2014)

Nilai KTK setelah masa inkubasi mengalami perubahan dimana nilai indeks perubahan tertinggi ada pada perlakuan (G) yaitu penggunaan biovigoran 0,5 ton/ha. Nilai KTK tanah dipengaruhi oleh pH, dekomposisi bahan organik dan tekstur. Dalam jangka pendek kondisi yang memungkinkan terjadinya perubahan pH dan bahan organik dalam tanah sebagai akibat adanya aktivitas mikroorganisme

maupun efek dari pembenah tanah. Nilai C-organik setelah masa inkubasi mengalami perubahan dimana nilai indeks perubahan tertinggi ada pada perlakuan (K) biovigoran 2,5 ton/ha. Nilai N-total setelah masa inkubasi mengalami perubahan dimana nilai indeks perubahan tertinggi ada pada perlakuan (J) biovigoran 2 ton/ha (Tabel 4). Tabel 5 menunjukkan tidak ada perbedaan nyata terhadap kandungan logam berat Pb, Cd, Cr, dan Ni pada tanah awal sebelum dan setelah inkubasi dengan

biovigoran, hal tersebut menunjukkan bahwa tidak ada penambahan dari pembenah tanah biovigoran. Dari hasil analisis selanjutnya di laboratorium, menunjukkan bahwa kandungan logam As, Hg, Pb, Cd, Cr, Ni pada air *leaching* berada dibawah limit deteksi baik pada air penyiraman, sebelum perlakuan, maupun setelah perlakuan, dengan demikian logam berat yang tercuci sangat rendah dan dibawah baku mutu yang ditetapkan (Tabel 6).

Tabel 4. Indeks perubahan nilai C-organik, N-Total dan KTK tanah setelah inkubasi.

No	Kode Perlakuan	C-Org	N-Total	KTK
1	A	0,01	0,31	0,14
2	B	0,06	0,04	0,07
3	C	0,08	0,15	-0,15
4	D	0,09	0,15	0,01
5	E	0,08	0,15	0,32
6	F	0,11	0,09	0,02
7	G	0,09	0,33	0,56
8	H	0,12	0,59	0,37
9	I	0,12	0,16	0,05
10	J	0,18	0,84	-0,33
11	K	0,21	0,37	-0,23

(A), Kontrol (tanpa pembenah tanah); (B). Zeolit 0,5 t/ha; (C), Zeolit 1 t/ha; (D). Zeolit 1,5 t/ha; (E), Zeolit 2 t/ha; (F), Zeolit 2,5 t/ha; (G), Biovigoran 0,5 t/ha; (H), Biovigoran 1 t/ha; (I), Biovigoran 1,5 t/ha; (J), Biovigoran 2 t/ha; (K), Biovigoran 2,5 t/ha.

Tabel 5. Kandungan logam berat pada tanah sebelum dan setelah penambahan biovigoran.

Kondisi tanah	Perlakuan	As	Hg	Pb	Cd	Cr	Ni
ppm							
Sebelum perlakuan		<LoD	<LoD	15,38	1,09	5,88	6,64
Setelah perlakuan	A	<LoD	<LoD	14,98	1,15	5,37	6,28
	B	<LoD	<LoD	15,38	0,99	5,77	5,96
	C	<LoD	<LoD	15,38	0,96	5,42	6,79
	D	<LoD	<LoD	14,22	1,17	6,69	5,45
	E	<LoD	<LoD	15,18	1,01	6,27	6,06
	F	<LoD	<LoD	14,53	1,16	4,67	6,35
	G	<LoD	<LoD	15,12	0,99	4,17	5,22
	H	<LoD	<LoD	15,68	1,04	5,8	5,4
	I	<LoD	<LoD	15,72	1,23	4,74	5,4
	J	<LoD	<LoD	15,76	1,08	5,45	5,82
	K	<LoD	<LoD	16,42	1,05	6,77	6,48
LoD (<i>Limit of Detection</i>)		0,02	0,02	0,002	0,0021	0,0027	0,0038
2							
Batas Normal		0,1-40	0,01-0,5	2-300	0,01-2,0	5-1500	2-750

(A), Kontrol (tanpa pembenah tanah); (B), Zeolit 0,5 t/ha; (C), Zeolit 1 t/ha; (D), Zeolit 1,5 t/ha; (E), Zeolit 2 t/ha; (F), Zeolit 2,5 t/ha; (G), Biovigoran 0,5 t/ha; (H), Biovigoran 1 t/ha; (I), Biovigoran 1,5 t/ha; (J), Biovigoran 2 t/ha; (K), Biovigoran 2,5 t/ha.

Tabel 6. Kandungan logam terlarut pada air leaching setelah perlakuan biovigoran

Kode Perlakuan	Logam Terlarut					
	As	Hg	Pb	Cd	Cr	Ni
Ppm						
A	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD
B	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD
C	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD
D	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD
E	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD
F	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD
G	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD
H	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD
I	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD
J	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD
K	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD	<LoD

Kualitas Pembenah Tanah Biovigoran.

Tabel 7, menunjukkan hasil analisis kualitas pembenah tanah biovigoran berdasarkan rujukan KepMen Pertanian No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tentang

persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati dan pembenah tanah, dimana pembenah tanah biovigoran sudah memenuhi kriteria sebagai pembenah tanah sekaligus pupuk organik.

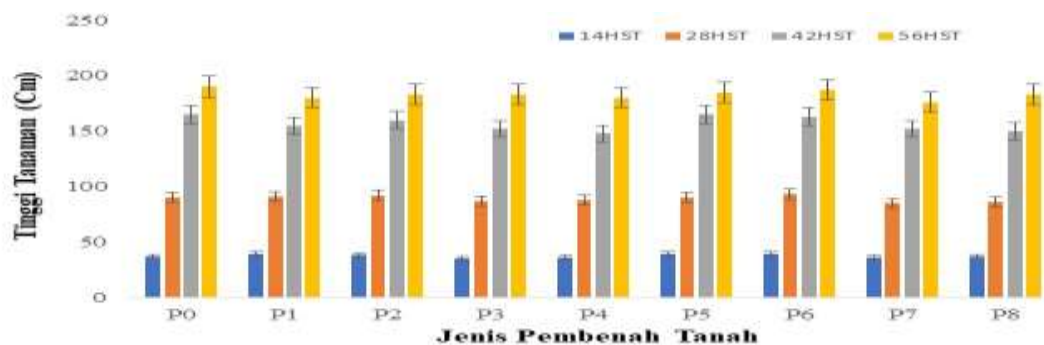
Tabel 7. Analisis kimia biovigoran berbasis SBE hasil bioproses.

No.	Parameter Uji	Nilai	Satuan	Metode
1	pH	7,3	-	Potensimetri/ pH Meter
2	Kadar air	16,73	%	Gravimetri
3	Bahan Ikutan	0,00	%	Gravimetri
4	Ukuran butiran	96,64	%	Gravimetri
5	C-Organik	18,41	%	Pengabuan/Gravimetri
6	N-Total	1,22	%	Destilasi
7	C/N Ratio	15	-	-
8	P ₂ O ₅ -Total	2,23	%	HNO ₃ / Spektrofotometri
9	K ₂ O-Total	1,56	%	HNO ₃ / F-AAS
10	Fe-Total	6641	ppm	HNO ₃ / F-AAS
11	Mn-Total	534	ppm	HNO ₃ / F-AAS
12	Zn-Total	215	ppm	HNO ₃ / F-AAS
13	Pb-Total	17	ppm	HNO ₃ / F-AAS
14	Cd-Total	0,0	ppm	HNO ₃ / F-AAS
15	As-Total	Td	ppm	HNO ₃ / F-AAS
16	Hg-Total	Td	ppm	HNO ₃ / F-AAS
17	La-Total	Td	ppm	HNO ₃ / F-AAS
18	Ce-Total	0,0	ppm	HNO ₃ / F-AAS

Kajian efektivitas bahan pembenah tanah Biovigoran

Gambar 2 menunjukkan hasil pengamatan agronomis yang mengindikasikan bahwa pertumbuhan antar perlakuan mulai terjadi pada saat umur 14, 28, 42, dan 56 hari setelah tanam (HST). Secara keseluruhan menunjukkan peningkatan pada semua perlakuan. Pada perlakuan P0 (control), P3 (pembenah tanah anorganik CaCO₃ dan MgCO₃), P5 (biovigoran 1 kali dosis), dan P6

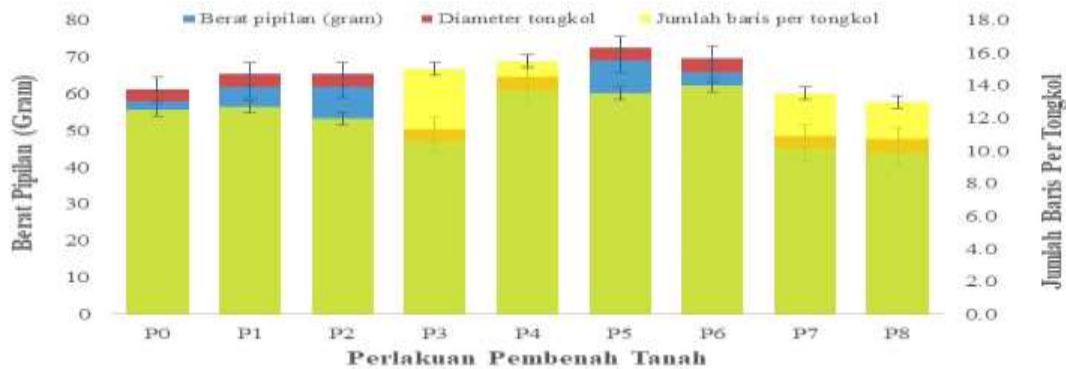
(biovigoran 1,5 kali dosis) dan P8 (biovigoran 2,5 kali dosis) menunjukkan pertambahan tinggi tanaman secara menonjol. Selanjutnya, perlakuan biovigoran menyebabkan peningkatan pH. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian pembenah tanah dapat meningkatkan pH tanah sehingga dapat menyediakan kondisi lingkungan yang baik bagi kehidupan dan perkembangan mikroorganisme tanah lebih baik bagi pertumbuhan tanaman.



Gambar 2. Pengaruh pembenah tanah terhadap pertumbuhan tanaman jagung setelah 14, 28, 42, dan 56 HST.

Hasil berat kering pipilan jagung tertinggi terdapat pada perlakuan pembenah tanah biovigoran dengan dosis 600 kg/ha dan 900 kg/ha (P5 dan P6). Sedangkan berat kering pipilan jagung terendah pada perlakuan dosis 1500 kg/ha (P8) (gambar 3). Pada sampel tanah awal terdapat populasi bakteri total $5,8 \times 10^4$ cfu/ml. Populasi bakteri total mengalami peningkatan pada hari ke-14 setelah

aplikasi perlakuan pembenah tanah. Hal ini dikarenakan pemberian bahan pembenah tanah mampu mempengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah. Hasil penelitian Dariah *et al.* (2010) menunjukkan bahwa aplikasi pembenah tanah zeolit dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang ada dalam tanah (tabel 8).



Gambar 3. Pengaruh pembenah tanah terhadap berat pipilan, jumlah baris dan diameter tongkol jagung.

Tabel 8. Populasi bakteri pada sampel tanah awal, setelah pengairan dan setelah panen.

Perlakuan	Populasi Bakteri (cfu/ml)		
	Awal	14 HSA	Panen
P0	$5,8 \times 10^4$	$3,48 \times 10^5$	$4,10 \times 10^5$
P1	$5,8 \times 10^4$	$2,29 \times 10^5$	$4,52 \times 10^5$
P2	$5,8 \times 10^4$	$3,53 \times 10^5$	$4,53 \times 10^5$
P3	$5,8 \times 10^4$	$4,28 \times 10^5$	$6,10 \times 10^5$
P4	$5,8 \times 10^4$	$3,44 \times 10^5$	$4,78 \times 10^5$
P5	$5,8 \times 10^4$	$3,12 \times 10^5$	$4,38 \times 10^5$
P6	$5,8 \times 10^4$	$3,70 \times 10^5$	$5,59 \times 10^5$
P7	$5,8 \times 10^4$	$3,41 \times 10^5$	$4,17 \times 10^5$
P8	$5,8 \times 10^4$	$4,20 \times 10^5$	$5,07 \times 10^5$

Pada sampel tanah awal terdapat populasi bakteri total $5,8 \times 10^4$ cfu/ml.

Populasi bakteri total mengalami peningkatan pada 14 hari setelah aplikasi

(HSA) perlakuan bahan pembenah tanah dan saat panen. Hal ini dikarenakan pemberian bahan pembenah tanah mampu mempengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pembenah tanah zeolit dengan proporsi 20% dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang ada dalam tanah. Populasi bakteri total pada sampel tanah setelah panen mengalami peningkatan dibandingkan dengan sampel tanah saat awal dan 14 HSA pada semua perlakuan pembenah tanah dan kontrol. Analisis populasi bakteri total pada sampel tanah panen terdapat jumlah bakteri total tertinggi pada perlakuan bahan pembenah tanah anorganik CaCO_3 dan MgCO_3 sesuai dosis rekomendasi ($6,1 \times 10^5$ cfu/ml). Sedangkan populasi bakteri total terendah pada sampel tanah tanpa pemberian pembenah tanah ($4,10 \times 10^5$ cfu/ml).

KESIMPULAN

Biovigoran berbasis SBE hasil bioproses memenuhi persyaratan baku mutu lingkungan berdasarkan PP No. 101 Tahun 2014 dan memenuhi persyaratan teknis sebagai pembenah tanah fungsi khusus sesuai Kepmentan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Penggunaan biovigoran dapat memperbaiki sifat kimia tanah dan tidak mengakumulasi logam berat Pb, Cd, Cr, Ni, pada tanah, air dan tanaman sehingga aman digunakan untuk pertanian. Pengaruh penggunaan

biovigoran sebanding dengan zeolit terhadap sifat kimia tanah, faktor agronomis serta kandungan logam berat di tanah, air dan tanaman. Biovigoran secara uji teknis/agronomis dapat meningkatkan produksi jagung pipilan dibandingkan pembenah tanah lainnya. Menurut hasil analisis TCLP, biovigoran termasuk dalam kategori pembenah tanah yang aman. Untuk tanaman pertanian khususnya tanaman jagung, tidak memberikan kontribusi negatif terhadap akumulasi logam berat selama satu musim tanam serta tidak memberikan potensi akumulasi untuk musim tanam berikutnya berdasarkan analisis kesetimbangan massa. Dosis pembenah tanah optimal biovigoran untuk mendapatkan hasil maksimal adalah 482 kg/ha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para peneliti yang terlibat dalam Proyek Pemanfaatan SBE Bioproses Sebagai Pembenah Tanah dari Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, melalui Kerjasama skema pendanaan proyek PT Triputra Jaya Sentosa, Kediri, Jawa Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Arias-Estévez, M., López-Periago, E., Nóvoa-Muñoz, J. C., Torrado-Agrasar, A & Simal-Gándara, J. 2007. Treatment of an acid soil with bentonite used for wine fining: effects on soil properties and the growth of *Lolium multiflorum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7541-7546.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Luas Panen Jagung menurut Provinsi (ha), tahun 1993-2015, <https://bps.go.id/subject/53/tanaman-pangan.html>.
- Beshara, A., & Cheeseman, C. R. 2014. Reuse of spent bleaching earth by polymerisation of residual organics. *Waste Management*, 34, 1770-1774.
- Chanrai, N. G., & Burde, S. G. 2004. Recovery of oil from spent bleaching earth. *US Patent* No. 6,780,321 B2.
- Cheah, K. Y., & Siew, W. L. 2004. Regeneration of spent bleaching clay. *Malaysian Palm Oil Board (MPOB) Information Series*, 237, MPOB TT No. 230, <http://palmoilis.mpob.gov.my/publications/TOT/TT-230.pdf>.
- Cheong, K. Y., Loh, S. K., Salimon, J. 2013. Effect of Spent Bleaching Earth Based Bio Organic Fertilizer on Growth, Yield and Quality of Eggplants Under Field Condition. *AIP Conference Proceedings*, 1571, 744, <https://doi.org/10.1063/1.4858743>.
- Crocker, J., Poss, R., Hartmann, C., & Bhuthorndharaj, S. 2004. Effects of recycled bentonite addition on soil properties, plant growth and nutrient uptake in a tropical sandy soil. *Plant and Soil*, 267, 155-163.
- Damodaran, R. 2008. Eco oils Invests RM6.5m in Second Plant. *New Strait Times, Business News*, Malaysia.
- Dariah, A., Sutono, & Nurida, N. L. 2010. Penggunaan Pembenh Tanah Organik dan Mineral untuk Perbaikan Kualitas Tanah Typic Kanhapludults Tamanbogo, Lampung. *Jurnal Tanah dan Iklim* No.31.
- Kepmentan. 2019. No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. *Tentang Persyaratan Teknis Minimal, Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah*. Kementerian Pertanian RI.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2019. *Statistik Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2018*. Pusat Data dan Informasi Sekretariat Jenderal KLHK.
- Loh, S. K., Cheng, S. F. Choo Y. M., & Ma, A. N. 2006. A study of residual oils recovered from spent bleaching earth: Their characteristics and applications. *American Journal of Applied Sciences*, 3 (10), 2063-2067.
- Loh, S. K., Choo, Y. M., & Ma, A. N. 2007. Residual oil from spent bleaching earth (SBE) for biodiesel and biolubricant applications. *Malaysian Palm Oil Board (MPOB) Information Series* 381, MPOB TT No. 367. <http://palmoilis.mpob.gov.my/publications/TOT/TT-367.pdf>
- Loh, S. K., & Choo, Y. M. 2013. Prospect, challenges and opportunities on biofuels in Malaysia. *Advances in Biofuels* (Pogaku, R and Hj Sarbatly, R eds.). Springer. New York. p. 3-14.
- Loh, S. K., James, S., Ngatiman, M., Cheong, K. Y., Choo, Y. M., & Lim W. S. 2013. Enhancement of palm oil refinery waste – Spent bleaching earth into bioorganic fertilizer and their effects on crop biomass growth. *Industrial Crops and Products*, 49, 775– 781.
- Loh, S. K., Cheong, K. Y., Choo, Y. M., Salimon, J. 2015. Formulation and Optimisation of Spent Bleaching Earth-Based Bio Organic Fertiliser. *Journal of Oil Palm Research*. 27(1), 57-66.

- Ng, W. K., Koh, C. B., & Din, Z. B. 2006. Palm oil-laden spent bleaching clay as a substitute for marine fish oil in the diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*. 12 (6), 459–468.
- Park, E. Y., Kato, A., & Ming, H. 2004. Utilization of waste activated bleaching earth containing palm oil in riboflavin production by *Ashbya gossypii*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 81(1), 57–62.
- Permentan 1/2019. 2019. *Tentang pendaftaran pupuk organik, pupuk hayati dan pembenah tanah*. Kementerian Pertanian RI
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia 101/2014. 2014. *Tentang pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Pemerintah Republik Indonesia.
- Purba, R. S., Irwan, S. N. R., & Putra, E. T. S. 2020. The Effect of Spent Bleaching Earth Filler-Based NPK Fertilization on Proline, Growth and Yield of Maize. *Journal of Sustainable Agriculture*. 35(1), 44-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.20961/carakatani.v35i1.34166>.
- RI. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*. Republik Indonesia. Jakarta.
- Smallwood, N. J. 2013. *Use of spent bleaching earth from edible oil processing in the formulation of salt and mineral feed blocks or pellets for livestock*. <http://www.google.com/patents/WO2013052357A2?cl=en>
- Soda, W., Noble, A. D., Suzuki, S., Simmons, R., Sindhusen, L., & Bhuthorndharaj, S. 2006. Co-composting of acid waste bentonites and their effects on soil properties and crop biomass. *Journal of Environmental Quality*, 35, 2293-2301.
- Shinde, R., Sarkar, P.K., & Thombare, N. 2019. *Agriculture and Food: e-Newsletter*. 1(10), 1-5. www.agrifoodmagazine.co.in. https://www.researchgate.net/publication/337161125_Soil_Conditioners
- Tangchirapat, W., Saeting, T., Jaturapitakkul, C., Kiattikomol, K., & Siripanichgorn, A. 2007. Use of waste ash from palm oil industry in concrete. *Waste Management*. 27, 81–8.
- Wang, X. Q., Zhang, J. Q., Liu, B. H., & Qiu, D. L. 2010. Spent bleaching clay from oil refining as a substrate for the spawn production of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*). *African Journal of Biotechnology*, 9(53), 9007-9011.