



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SERTIFIKAT PATEN SEDERHANA

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia atas nama Negara Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten, memberikan hak atas Paten Sederhana kepada:

Nama dan Alamat Pemegang Paten : 1. LPPM UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADEWI
MALANG
Jl. Telagawarna Tlogomas Malang
Jawa Timur
2. LPPM UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL
VETERAN JAWA TIMUR
Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar,
Surabaya, Jawa Timur

Untuk Invensi dengan Judul : METODE PEMBUATAN BAHAN PEMBENAH TANAH (SOIL AMENDMENTS) UNTUK REGENERASI TANAH TAILING

Inventor : Dr. Ir. Amir Hamzah, MP.
Dr. Ir. Rosyda Priyadarshini, MP.

Tanggal Penerimaan : 17 Oktober 2017

Nomor Paten : IDS000003404

Tanggal Pemberian : 26 November 2020

Perlindungan Paten Sederhana untuk invensi tersebut diberikan untuk selama 10 tahun terhitung sejak Tanggal Penerimaan (Pasal 23 Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten).

Sertifikat Paten Sederhana ini dilampiri dengan deskripsi, klaim, abstrak dan gambar (jika ada) dari invensi yang tidak terpisahkan dari sertifikat ini.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

Deskripsi

METODE PEMBUATAN BAHAN PEMBENAH TANAH (*SOIL AMENDMENTS*) UNTUK REGENERASI TANAH *TAILING*

5

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan metode pembuatan bahan pembenah tanah untuk perbaikan karakteristik tanah *tailing*. Lebih khusus lagi, invensi ini berkaitan dengan pembuatan amandemen dalam bentuk serbuk yang dibuat dari *biochar* yang diperkaya dengan bahan anorganik dari gugus-SO₄ untuk meningkatkan efektifitas *biochar* dalam memperbaiki karakteristik kimia tanah *tailing*.

15 **Latar Belakang Invensi**

Bahan pembenah tanah (*soil amendments*) didefinisikan sebagai bahan sintesis atau alami, organik, atau mineral, berbentuk padat, serbuk, atau cair yang mampu memperbaiki karakteristik fisik tanah yang rusak oleh karena adanya limbah proses *tailing*. Perbaikan karakteristik dimaksud dapat mencakup struktur, kapasitas menyimpan air, serta kemampuan tanah menyimpan air dan unsur hara yang dikandungnya, karakteristik kimia, dan maupun biologi tanah. Pembenah tanah umumnya diklasifikasikan menjadi alami dan sintesis. Salah satu pembenah alami yang tersedia saat ini adalah limbah-limbah bahan organik yang sering disebut sebagai *biochar*.

Biochar adalah produk sampingan kaya karbon yang dihasilkan melalui proses pirolisis. Invensi pada paten nomor **CN 103468283 A** berhubungan dengan bidang teknis karbonisasi sekam padi dan khususnya ke perangkat karbonisasi sekam padi. *Biochar* dikategorikan sebagai bahan pembenah tanah (*soil amendments*) organik, karena mampu meningkatkan retensi air tanah, memacu agregasi tanah, menurunkan bobot isi tanah serta meningkatkan infiltrasi, kapasitas tukar kation, hara mineral, dan populasi

bakteri (Dariah et al., 2015). Aplikasi *biochar* ke tanah mampu meningkatkan produktivitas lahan dengan meningkatkan kadar K tanah, N tanah, serta menghambat pencucian hara.

5 *Biochar* telah banyak dimanfaatkan dalam perbaikan lahan terdegradasi, termasuk diantaranya tanah tercemar logam berat. *Biochar* sangat efektif dalam mengimobilisasi sekaligus mengurangi ketersediaan logam berat, melalui karakteristik yang dimilikinya (pori, kelompok fungsional, komposisi, pH) (Beesly et al., 2015). Paten dengan nomor **CN103081601 A** merupakan metode pemanfaatan
10 jerami padi, sekam padi, dedak padi yang diproduksi pada temperatur 450-550 °C pada kondisi anaerob dapat memperbaiki karakteristik tanah dan meningkatkan produksi.

Bahan baku *biochar* adalah limbah biomassa seperti sekam padi, tongkol jagung, ataupun jerami padi. Limbah biomassa, khususnya
15 pertanian tergolong melimpah terutama yang memiliki C/N rasio tinggi atau sulit terdekomposisi, misal jerami. Produksi jerami dapat mencapai 12-15 ton/ha/panen (Haryanto, 2003). *Biochar* dari limbah padi seperti jerami memiliki karakteristik yang khas karena adanya unsur silika dalam struktur kimianya (Jindo et al., 2014).
20 Aplikasi *biochar* dari jerami pada lahan dengan irigasi air salin terbukti mampu menekan bobot isi tanah (5.5%-11.6%, meningkatkan permeabilitas (35.4 -49.4 %), serta memperbaiki status hara tanah (Huang et al., 2019); namun pemberian *biochar* dalam dosis tinggi akan meningkatkan salinitas tanah dan menekan ketersediaan
25 Nitrogen.

Kemampuan *biochar* memperbaiki karakteristik tanah sangat ditentukan oleh karakteristik *biochar* itu sendiri, yang ditentukan oleh bahan dasar *biochar* serta temperatur pirolisis yang digunakan (Mayor et al., 2009). Pirolisis *biochar* pada
30 temperatur rendah (<400°C) (dicirikan dengan tingginya kadar bahan mudah menguap (*volatile*) yang mengandung substrat yang mudah terdekomposisi, sebaliknya jika dipirolisis pada temperatur tinggi (>600°C), maka *biochar* yang dihasilkan akan memiliki karakteristik dengan luas permukaan tinggi serta struktur aromatik, sehingga

meningkatkan kapasitas adsorpsi (*remediator*) dan bersifat rekalsitran (sekuestrasi) (Jindo et al., 2014). Salah satu karakteristik *biochar* yang cukup penting adalah kemampuannya memperbaiki nilai pH. Pemberian *biochar* ber pH tinggi pada tanah terdegrasi dengan pH rendah mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara tanah.

Penggunaan *biochar* untuk perbaikan produktivitas tanah juga telah dilaporkan pada **US paten No 2.684.295, AS Pat. No 4.529.434, AS Pat. No 4.670.039, AS Pat. No 5.127.187, AS Pat. Nomor 522561, AS Pat. No 5.921.024, YS 6.273.927, dan AS Pat. Nomor 6302396.** Invensi ini hanya menyebutkan bahwa *biochar* digolongkan kedalam pupuk, namun tidak menyebutkan tentang metode dan tujuan pembuatannya.

Selama ini *biochar* telah banyak diaplikasikan terutama pada tanah-tanah dengan pH rendah. Aplikasi *biochar* pada tanah alkalin maupun salin memiliki beberapa kendala karena pH tinggi menyebabkan unsur hara tidak tersedia bagi tanaman, alkalinitas dan nitrifikasi meningkat, dan efisiensi nitrat menurun. Abdullaeva (2014) telah mengaplikasikan *biochar* ber-pH tinggi pada tanah alkalin dan tanah salin, dan menyarankan pengurangan dosis alkalin *biochar* ataupun pemanfaatan *biochar* ber-pH rendah pada tanah-tanah tersebut.

Pemanfaatan alkalin *biochar* untuk menekan pencucian hara telah dipatenkan dengan nomor **ID paten P000055423** tanggal 20 Desember 2018, dengan judul **Metode Pembuatan Biochar Sekam Padi serta Penggunaannya untuk Mengurangi Kehilangan Hara.** Pada paten ini *biochar* sekam padi diaplikasikan bukan pada tanah alkalin.

Tailing memiliki karakteristik sangat alkalis (pH =9,1) dan tingkat ketersediaan unsur hara rendah (C-organik=0,2%; P=5,7 ppm: KTK 13 me/100g), serta kadar Hg (247,2 ppm) dan Pb (134,3 ppm). Aplikasi alkalin *biochar* saja pada tanah ber pH tinggi tidak mampu memperbaiki produktivitasnya. Metode pembuatan kombinasi *biochar* dan amandemen anorganik bergugus-SO₄ adalah merupakan salah satu metode yang dapat menghasilkan bahan amendemen tanah yang dapat

memperbaiki karakteristik *tailing*.

Uraian Singkat Invensi

5 Invensi ini berhubungan dengan metode pembuatan bahan
 pembenah tanah (*soil amendments*) dalam bentuk serbuk yang dibuat
 dari campuran *biochar* dan bahan tambahan anorganik yang
 mengandung gugus $-SO_4$ untuk perbaikan karakteristik *tailing*.
 Metode dari invensi ini menggunakan bahan awal jerami padi. Pertama
 10 tama, jerami padi dalam kondisi kering (kadar air 10-15%) dibakar
 selama ± 4 jam pada temperatur 350-500°C dan menghasilkan *biochar*
 dengan karakteristik pH 8,2, C-organik 25,77%, N-total 0,52%, K
 1,23 c mol kg^{-1} , dan KTK 39,62%. Penyusutan yang terjadi dalam
 proses pirolisis ini sekitar 20% dari berat keringnya. Hasil
 15 pirolisis jerami padi ini kemudian kemudian diayak hingga lolos
 ukuran 25 mesh atau setara dengan 0,707 mm. Serbuk hasil ayakan
 ini selanjutnya dikenal dengan *biochar*. *Biochar* ini kemudian
 dicampur secara merata dengan bahan tambahan anorganik yang
 memiliki gugus- SO_4 dengan perbandingan *biochar* : $-SO_4$ antara 3:1
 20 hingga 1,5:1. Bahan pembenah ini kemudian diaplikasikan pada tanah
tailing yang memiliki karakteristik pH 9,1; C-organik 0,21%; N-
 total 0,13%; K 0,11 cmol kg^{-1} ; KTK 13.23 cmol kg^{-1} ; Hg 247.24 $mgkg^{-1}$;
 dan Pb 134,26 $mgkg^{-1}$ (Tabel 1.). Pemberian bahan pembenah
 berbentuk serbuk campuran *biochar* dan $-SO_4$ ternyata dapat
 25 memperbaiki karakteristik tanah dengan nilai rata-rata pH 7, C-
 organik 0,36%, N-total 0,11%, K 1,7 cmol kg^{-1} , KTK 2,3 cmol kg^{-1} , Hg
 0,15 $mgkg^{-1}$, Pb 10,25 $mgkg^{-1}$. Pertumbuhan tanaman pada tanah *tailing*
 yang diberikan bahan pembenah tanah berbentuk serbuk campuran
 30 *biochar* dan $-SO_4$ juga lebih baik dibandingkan tanah *tailing* yang
 tidak diberi bahan pembenah.

Uraian Lengkap Invensi

Invensi ini berhubungan dengan metode pembuatan bahan

pembenah tanah (*soil amendments*) dalam bentuk serbuk yang dibuat dari campuran *biochar* dan bahan tambahan anorganik yang mengandung $-SO_4$ untuk perbaikan karakteristik *tailing*. Invensi ini dimulai dengan memanfaatkan limbah jerami padi sebagai bahan dasar untuk pembuatan *biochar*. *Biochar* yang dihasilkan kemudian ditambahkan $FeSO_4$ dalam bentuk serbuk sebagai bahan tambahan anorganik yang memiliki gugus $-SO_4$. Campuran yang dihasilkan merupakan bahan pembenah tanah (*soil amendments*) yang siap untuk dilakukan pengguian dan aplikasinya pada tanah-tanah *tailing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum diberi bahan pembenah tanah, tanah *tailing* memiliki pH 9,1 dengan kadar unsur hara (N,P,K, C-organik) rendah dan kadar logam berat Hg dan Pb tinggi (Tabel 1.). Tanah-tanah *tailing* dimaksud memiliki katerogrodi yang melewati nilai ambang batas (NAB). Beberapa hasil penelitian sebelumnya serta penelitian mandiri yang telah dilakukan membuktikan bahwa bahan pembenah tanah dari invensi ini adalah efektif dalam melakukan fitostabilisasi Hg dan Pb dalam tanah.

Biochar memiliki kemampuan membentuk khelat dengan logam berat melalui struktur yang dimilikinya. Namun, kemampuan menfitostabilisasi logam berat harus diimbangi dengan peningkatan produktivitas tanah, khususnya pada tanah *tailing* yang memiliki pH tinggi (9,1). Untuk itu diperlukan pemberian bahan pembenah berbentuk serbuk. Bahan pembenah tersebut merupakan bahan yang dihasilkan dari metode pada invensi ini yang mencakup bahan tambahan anorganik yang mengandung bergugus $-SO_4$ yang ditambahkan pada *biochar*. Bahan tambahan anorganik yang mengandung gugus $-SO_4$ yang digunakan adalah pereaksi pembentuk khelat dengan logam yang berat molekul tinggi.

Bahan pembenah tanah dari invensi ini dibuat dari jerami padi sebagai bahan dasar yang diperkaya dengan bahan tambahan anorganik yang memiliki gugus $-SO_4$. Metode pembuatannya adalah sebagai berikut:

Jerami padi terlebih dahulu dikeringkan hingga kadar air 10-15%, kemudian dibakar dengan teknik pirolisis selama ± 4 jam pada

temperatur 350-500°C dan menghasilkan *biochar* dengan karakteristik kimia tertentu, dengan penciri pH yang cukup tinggi hingga mencapai 8 -9. *Biochar* yang dihasilkan dengan teknik ini biasanya sekitar 80% dari berat kering awal. *Biochar* yang dihasilkan kemudian diayak hingga lolos 25 mesh.

Biochar ini kemudian diperkaya dengan bahan pembenah tambahan anorganik yang bergugus $-SO_4$. Pada invensi ini digunakan perbandingan *biochar*: $FeSO_4$ adalah 3:1 hingga 1,5:1. Semua bahan dicampurkan dan diaduk merata, dan siap dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah.

Pemilihan bahan tambahan organik yang memiliki bergugus- SO_4 didasarkan dari hasil penelitian sebelumnya yang memperlihatkan bahwa bahan tambahan anorganik yang mengandung ammonium sulfat dan belerang mampu menurunkan pH tanah sebesar 10% pada tanah *tailing*. Namun, pemberian bahan pembenah tanah secara tunggal tunggal, baik *biochar* maupun ammonium sulfat dan belerang ternyata belum mampu menurunkan pH tanah hingga di kisaran optimal yakni 6-7. Kisaran pH ini merupakan hal yang penting bagi penyediaan unsur hara dalam tanah.

Karakteristik *biochar* yang dihasilkan dari invensi ini dan tanah *tailing* yang akan dibenahi dengan bahan pembenah tanah dari invensi ini adalah diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Kimia *Biochar* dan *Tailing*

No.	Jenis	pH	N-Total (%)	K cmolk g-1	KTK cmolkg -1	C-org (%)	Hg mgkg-1	Pb mgkg-1
1.	<i>Tailing</i>	9,1	0,13	0,11	13,23	0,21	247.24	134.26
2.	<i>Biochar</i>	8,2	0,52	1,23	39,62	25,77	-	-

Hasil studi literatur juga memperlihatkan bahwa logam berat terutama merkuri (Hg) dapat diatasi dengan beberapa cara antara lain melalui presipitasi, pertukaran ion, dan absorpsi. Oleh karena itu dalam percobaan berikutnya digunakan kombinasi antara *biochar* sebagai bahan amandemen organik dengan $FeSO_4$ sebagai bahan tambahan anorganik. Agar diperoleh hasil yang optimal digunakan 2

dosis FeSO_4 yang berbeda. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan dua seri percobaan, yakni: Pertama *biochar* + FeSO_4 50 g, dan kedua *biochar* + FeSO_4 100g, dan ketiga *biochar* itu sendiri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian amandemen *biochar* mampu
 5 menekan ketersediaan Hg hingga 0,5% maupun ketersediaan Pb hingga 18,6 %. Formulasi kedua) *biochar* + FeSO_4 100g terbukti mampu menekan Hg dan Pb tersedia, masing- masing 0,03 mg kg^{-1} dan 7,4 mg kg^{-1} (masing-masing untuk Hg dan Pb).

Formulasi kombinasi *biochar* + FeSO_4 100g mampu menurunkan pH
 10 tanah *tailing* dari 9,1 menjadi 6-7, sedangkan jika menggunakan FeSO_4 dengan dosis 50 g, pH *tailing* masih di atas 7. Penambahan bahan amandemen organik *biochar* dan anorganik FeSO_4 sulfat pada tanah *tailing* menyebabkan penurunan pH tanah sebesar 1 - 2 unit atau sebesar 10-16% dari pH tanah *tailing* awal. FeSO_4 yang bersifat
 15 asam berfungsi sebagai penyeimbang *tailing* yang ber pH tinggi. pH tanah merupakan indikator penting bagi penyediaan hara tanah, sehingga penurunan pH *tailing* diikuti juga oleh peningkatan sifat kimia seperti C- organik, N, P, dan K. Nilai pH tanah memiliki dampak secara langsung pada keseimbangan ion, ketersediaan hara,
 20 dan aktivitas organisme mikroskopik dalam tanah maupun pertumbuhan tanaman. Kadar C-organik tanah *tailing* yang awalnya 0,2% meningkat menjadi 0,36%.

Hasil percobaan pelakuan tanah *tailing* dengan bahan pembenah tanah dari invensi ini adalah sebagaimana diperlihatkan dalam
 25 Tabel 2 di bawah.

Tabel 2. Karakteristik tanah *tailing* setelah diperlakukan bahan pembenah tanah dari invensi ini

No	Jenis	pH	N-Total (%)	K cmol kg^{-1}	KTK cmol kg^{-1}	C-org (%)	Hg mg kg^{-1}	Pb mg kg^{-1}
1.	<i>Biochar</i> +50g FeSO_4	7,4	0,20	1,96	1,9	0,36	0,2	10,2
2.	<i>Biochar</i> +100g FeSO_4	7,1	0,02	2,5	2,5	0,36	0,1	10,3

30 Peningkatan kadar C-organik tanah dihubungkan dengan sifat

biochar . *Biochar* memiliki kandungan hara yang cukup besar dengan rata-rata masing- masing 543 g kg⁻¹ C, 22,3 g kg⁻¹ N, 23,7 g kg⁻¹, dan 24,3 g kg⁻¹ K. *Biochar* juga mampu meningkatkan maupun menekan kemudahan bahan organik tanah (BOT) untuk diserang mikroorganisme dan enzim. Oleh karena itu aplikasi *biochar* terutama jika dikombinasikan dengan bahan tambahan anorganik yang mengandung FeSO₄ 100 g akan memberikan keuntungan, terutama jika diaplikasikan pada tanah terdegradasi ber pH tinggi, seperti tanah salin dan alkalin.

Keefektifan pemberian bahan pembenah terlihat juga dari pertumbuhan tanaman remediator yang digunakan sebagai indikator kecukupan hara tanah setelah diberi bahan pembenah. Pertumbuhan kedua tanaman indikator lebih baik. Tinggi tanaman *Chromolaena odorata* dengan pemberian 100 g FeSO₄ mencapai 87,9 dan jumlah daun 91 cm; sedang untuk pemberian 50 g FeSO₄ mencapai 84,6 dan 90 cm; serta biomassa kering tanaman masing-masing 62 dan 68 cm. Keefektifan ini selanjutnya ditabulasikan dalam Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Karakteristik Pertumbuhan Tanaman *Chromolaena odorata* setelah diberi Bahan Amandemen

Jenis Bahan Amandemen	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Biomassa kering/tanaman (g)
<i>Biochar</i> + 50 g FeSO ₄	84,6	90	62
<i>Biochar</i> + 100 g FeSO ₄	87,09	91	68

Klaim

1. Metode pembuatan amandeman tanah (*soil amendment*) dalam bentuk serbuk untuk regenerasi tanah tailing dari bahan dasar *biochar* jerami dan FeSO_4 yang terdiri atas tahapan sebagai berikut:
 - a. Mengeringkan jerami hingga kadar air berkisar 10-15%
 - b. Membakar jerami yang dihasilkan pada tahap a pada temperatur 350-500°C selama \pm 4 jam hingga menjadi arang;
 - c. Mengayak arang yang dihasilkan dari tahap b lolos ukuran 25 mesh; dan
 - d. Mencampurkan abu dengan ukuran 25 mesh tersebut dengan bahan tambahan anorganik yang mengandung gugus $-\text{SO}_4$ dengan perbandingan 3:1 hingga 1,5:1.

Abstrak**METODE PEMBUATAN BAHAN PEMBENAH TANAH (*SOIL AMENDMENTS*) UNTUK
REGENERASI TANAH *TAILING***

5

Invensi ini berhubungan dengan metode pembuatan bahan pembenah tanah untuk perbaikan karakteristik tanah *tailing*. Lebih khusus lagi, invensi ini berkaitan dengan metode pembuatan bahan pembenah tanah berbentuk serbuk yang dibuat dari *biochar* dengan bahan dasar jerami padi yang diperkaya dengan bahan tambahan anorganik yang memiliki gugus-SO₄ (FeSO₄) untuk meningkatkan efektifitas *biochar* dalam memperbaiki karakteristik kimia tanah *tailing*. Metode pembuatan bahan pembenah tanah (*soil amendment*) dalam bentuk serbuk untuk regenerasi tanah *tailing* dari invensi ini adalah terdiri atas tahapan sebagai berikut:

15

- a. Mengeringkan jerami hingga kadar air berkisar 10-15%;
- b. Membakar jerami yang dihasilkan pada tahap a pada temperatur 350-500°C selama ± 4 jam hingga menjadi arang;
- c. Mengayak arang yang dihasilkan dari tahap b lolos ukuran 25 mesh; dan
- d. Mencampurkan abu dengan ukuran 25 mesh tersebut dengan bahan tambahan anorganik yang mengandung gugus -SO₄ dengan perbandingan 3:1 hingga 1,5:1.

20

25