

Descriptive Assessment of Lapindo Mud Media Characteristics after Phytoextraction Using Cattail (*Typha latifolia*) and Application of Corn Cob Biochar

[Kajian Deskriptif Karakteristik Media Lumpur Lapindo Pasca Fitoekstraksi Tumbuhan Ekor Kucing (*Typha latifolia*) Setelah Aplikasi Biochar Tongkol Jagung]

Wahyu Eryan Winata¹⁾, Intan Rohma Nurmalasari^{*2)}

¹⁾ Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: intan.rohma@umsida.ac.id

Abstract. *Lapindo Mud media has undergone changes in its physical, chemical, and biological characteristics due to mudflow activity, necessitating rehabilitation to assess media conditions after recovery. This study aimed to describe the physical, chemical, and biological characteristics of Lapindo Mud media after phytoextraction using cattail (*Typha latifolia*) following the application of corn cob biochar. The study employed a descriptive method involving six biochar application conditions: 0, 50, 100, 150, 200, and 250 g/polibag, applied to 5,000 g of media. Physical characteristics included color, hardness, stickiness, plasticity, bulk density, and porosity. Chemical characteristics included pH and estimated nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) contents, while biological characteristics were evaluated based on corn seed germination percentage on the seventh day after planting. Descriptively, physical characteristics changed, indicated by progressively darker color, decreased hardness, stickiness, and plasticity, and decreased bulk density from 1.229 g/cm³ to 0.975 g/cm³. Calculated porosity increased from 53.61% to 63.21%. The pH ranged from 3.50 to 6.17, while estimated N, P, and K fluctuated, with the highest values observed at the biochar dose of 200 g/polibag. Germination increased from 4% to 18%. These findings indicate variations among media conditions without establishing causal relationships or an optimum biochar dose.*

Keywords –Lapindo Mud; *Typha latifolia*; Corn Cob Biochar; Media Characteristics; Descriptive Analysis; Germination.

Abstrak. *Media Lumpur Lapindo mengalami perubahan karakteristik fisik, kimia, dan biologis akibat aktivitas semburan lumpur sehingga diperlukan upaya rehabilitasi untuk mengetahui kondisi media setelah pemulihan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan karakteristik fisik, kimia, dan biologis media Lumpur Lapindo pasca fitoekstraksi oleh tumbuhan ekor kucing (*Typha latifolia*) setelah aplikasi biochar tongkol jagung. Penelitian menggunakan metode deskriptif dengan enam kondisi aplikasi biochar, yaitu 0, 50, 100, 150, 200, dan 250 g/polibag pada 5.000 g media. Karakteristik fisik meliputi warna, tekstur (kekerasan, kelekatan, dan plastisitas), bobot isi, dan porositas. Karakteristik kimia meliputi pH serta estimasi kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), sedangkan karakteristik biologis diamati melalui persentase perkecambahan benih jagung pada hari ke-7 setelah tanam. Karakteristik fisik menunjukkan perubahan berupa warna semakin gelap, penurunan kekerasan, kelekatan, dan plastisitas, serta penurunan bobot isi dari 1,229 g/cm³ menjadi 0,975 g/cm³. Porositas perhitungan meningkat dari 53,61% menjadi 63,21%. Nilai pH berkisar 3,50–6,17, sedangkan estimasi N, P, dan K berfluktuasi, dengan nilai tertinggi pada variasi dosis biochar 200 g/polibag, masing-masing sebesar 278,33, 327,00, dan 779,33 mg/kg. Persentase perkecambahan meningkat dari 4% menjadi 18%. Hasil menunjukkan adanya variasi karakteristik media tanpa menetapkan hubungan sebab-akibat maupun dosis optimum biochar.*

Kata Kunci –Lumpur Lapindo; *Typha latifolia*; Biochar Tongkol Jagung; Karakteristik Analisis Deskriptif; Perkecambahan.

I. PENDAHULUAN

MeMedia lumpur Lapindo merupakan media yang terbentuk akibat semburan lumpur panas di Kabupaten Sidoarjo dan hingga saat ini masih memerlukan upaya rehabilitasi karena mengalami perubahan karakteristik yang memengaruhi kualitas serta fungsi lahannya [1]. Media tersebut memiliki karakteristik mineral yang khas sehingga proses karakterisasi menjadi tahapan penting untuk memahami sifat dasar media sebagai landasan dalam menentukan strategi pengelolaan, pemanfaatan, dan rehabilitasinya [2]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa luapan lumpur Lapindo telah mengubah karakteristik fisik, kimia, dan biologis media, yang kemudian berdampak pada menurunnya kualitas media sebagai tempat tumbuh vegetasi serta memengaruhi fungsi ekologis kawasan

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

terdampak [3]. Perubahan karakteristik tersebut menunjukkan bahwa pemulihan kualitas media perlu dilakukan secara bertahap agar media dapat kembali menjalankan fungsi ekologisnya dan berpotensi dimanfaatkan secara lebih optimal [1] [4]. Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan dalam rehabilitasi media tercemar adalah fitoremediasi, yaitu metode yang memanfaatkan kemampuan tanaman untuk membantu memperbaiki kualitas media secara ramah lingkungan [4].

Fitoremediasi merupakan salah satu metode rehabilitasi yang banyak dikembangkan untuk membantu memulihkan media tercemar melalui pemanfaatan tanaman yang memiliki kemampuan menyerap, mengakumulasi, atau menstabilkan bahan pencemar. Metode ini dinilai sebagai pendekatan yang relatif ramah lingkungan dan ekonomis sehingga banyak digunakan dalam upaya pemulihan media yang mengalami pencemaran logam berat [4]. Salah satu tanaman yang memiliki potensi sebagai agen fitoremediator pada media lumpur Lapindo adalah *Typha latifolia*, yang diketahui mampu tumbuh secara alami di kawasan terdampak sehingga menunjukkan kemampuan adaptasi yang baik terhadap kondisi media yang tergenang maupun tercemar [1]. Kemampuan adaptasi tersebut didukung oleh karakter fisiologis *Typha latifolia* yang memungkinkannya menyerap dan mengakumulasi logam berat, sehingga berkontribusi dalam membantu proses pemulihan kualitas media tercemar [1] [5]. Dengan karakteristik tersebut, pemanfaatan *Typha latifolia* sebagai tanaman fitoremediator menjadi salah satu tahap awal rehabilitasi media lumpur Lapindo karena mampu mendukung proses pemulihan media secara bertahap menuju kondisi yang lebih baik [1].

Meskipun fitoremediasi berperan sebagai tahap awal dalam rehabilitasi media tercemar, pemulihan karakteristik media tidak berhenti pada proses tersebut sehingga diperlukan upaya lanjutan untuk memperbaiki kondisi fisik, kimia, dan biologisnya secara lebih menyeluruh. Dalam konteks tersebut, biochar telah banyak dikembangkan sebagai bahan pembenah media karena merupakan material kaya karbon hasil pirolisis biomassa yang mampu mendukung proses rehabilitasi melalui perbaikan berbagai sifat dasar media [6] [7] [8]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar dapat memperbaiki karakteristik fisik dan kimia media, antara lain melalui peningkatan struktur media, kemampuan menahan air, kapasitas tukar kation, serta ketersediaan unsur hara, sehingga menciptakan kondisi yang lebih mendukung bagi proses pemulihan media [6]. Selain itu, struktur biochar yang berpori mampu menyediakan habitat bagi mikroorganisme tanah dan mendukung aktivitas biologis media, sehingga berkontribusi terhadap berlangsungnya proses remediasi secara lebih efektif [9]. Salah satu biomassa yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku biochar adalah tongkol jagung karena merupakan limbah pertanian yang berpotensi dimanfaatkan kembali dan telah dilaporkan mampu mendukung perbaikan kualitas media melalui peningkatan beberapa sifat kimia tanah yang berperan dalam proses rehabilitasi [10] [11].

Berbagai penelitian terdahulu telah memberikan landasan ilmiah mengenai pemanfaatan *Typha latifolia* sebagai tanaman fitoremediator serta penggunaan biochar sebagai bahan pembenah media dalam rehabilitasi lahan tercemar. Penelitian-penelitian tersebut umumnya berfokus pada efektivitas penurunan logam berat, peningkatan pertumbuhan tanaman, perubahan beberapa sifat kimia tanah, maupun mekanisme kerja biochar dalam mendukung proses remediasi [1] [4] [6] [9]. Berdasarkan hasil telaah terhadap jurnal-jurnal yang menjadi dasar penelitian ini, pembahasan mengenai karakteristik media sebagai objek utama setelah melalui tahapan fitoekstraksi menggunakan *Typha latifolia* dan aplikasi biochar masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada kajian deskriptif karakteristik media lumpur Lapindo pasca kedua tahapan rehabilitasi tersebut sehingga diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih utuh mengenai kondisi media setelah proses rehabilitasi.

Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya kajian yang menempatkan media sebagai objek utama evaluasi, bukan hanya sebagai tempat berlangsungnya proses remediasi. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan gambaran deskriptif mengenai karakteristik fisik, kimia, dan biologis media lumpur Lapindo pasca fitoekstraksi menggunakan *Typha latifolia* setelah aplikasi biochar tongkol jagung. Hasil penelitian diharapkan dapat memperkaya informasi ilmiah mengenai kondisi media setelah proses rehabilitasi, sekaligus menjadi referensi bagi penelitian lanjutan dan pengembangan strategi rehabilitasi serta pemanfaatan media lumpur Lapindo secara lebih berkelanjutan.

II. METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli–Agustus 2026 di kawasan penelitian Pusat Pengendalian Lumpur Sidoarjo (PPLS), Desa Pejarakan, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Sebagian prosedur penelitian dilakukan di Laboratorium Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo Kampus 2, Jl. Raya Gelam No. 250, Kecamatan Candi, Kabupaten Sidoarjo.

Dalam penelitian ini digunakan polibag sebagai wadah media, serta sejumlah alat seperti Yieryi YG-09 *soil meter* dan *intelligent soil tester*, ring sampel, oven, timbangan digital, penggaris, serta perlengkapan dokumentasi dan identifikasi berupa label sampel. Pelaksanaan penelitian ini juga memerlukan sejumlah bahan utama, meliputi media tanam berupa lumpur Lapindo yang telah terfitoekstraksi oleh tanaman ekor kucing (*Typha latifolia*), biochar tongkol jagung, serta benih jagung.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif. Metode deskriptif dipilih karena penelitian bertujuan untuk menggambarkan karakteristik media lumpur Lapindo pasca fitoekstraksi oleh *Typha latifolia* setelah aplikasi biochar tongkol jagung berdasarkan sifat fisik, kimia, dan biologisnya tanpa melakukan pengujian hubungan sebab-akibat maupun pengujian hipotesis statistik. Pendekatan ini sesuai dengan tujuan penelitian yang berfokus pada penyajian gambaran kondisi media setelah proses rehabilitasi, sehingga hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang komprehensif mengenai karakteristik media pada setiap kondisi pengamatan.

Penelitian dilaksanakan menggunakan enam unit pengamatan yang dibedakan berdasarkan kondisi aplikasi biochar tongkol jagung, yaitu: variasi dosis 0 gram/polibag, variasi dosis 50 gram/polibag, variasi dosis 100 gram/polibag, variasi dosis 150 gram/polibag, variasi dosis 200 gram/polibag, dan variasi dosis 250 gram/polibag. Variasi dosis tersebut digunakan untuk menyediakan beberapa kondisi media yang berbeda sehingga karakteristik masing-masing kondisi dapat diamati, dideskripsikan, dan dibandingkan secara deskriptif. Oleh karena itu, penelitian ini tidak bertujuan untuk menentukan pengaruh maupun dosis biochar terbaik melalui analisis inferensial, tetapi untuk memberikan gambaran karakteristik media pada setiap kondisi aplikasi biochar sebagai dasar interpretasi kondisi media pasca rehabilitasi.

Pelaksanaan penelitian diawali dengan persiapan unit pengamatan. Media diambil langsung dari kawasan Pusat Pengendalian Lumpur Sidoarjo (PPLS). Media lumpur Lapindo pasca fitoekstraksi *Typha latifolia* dikumpulkan kemudian dibersihkan dari sisa akar, batu, maupun material lain yang dapat memengaruhi hasil pengamatan. Setelah itu media dihomogenkan agar setiap unit pengamatan memiliki karakteristik awal yang relatif seragam. Biochar tongkol jagung kemudian dicampurkan ke dalam 5000 g media dalam polibag sesuai variasi dosis, yaitu 0 g, 50 g, 100 g, 150 g, 200 g, dan 250 g per polibag. Selanjutnya media diinkubasi selama 14 hari agar terjadi interaksi antara biochar dan media sebelum dilakukan pengamatan karakteristik fisik, kimia, dan biologis.

Pengamatan karakteristik fisik terdiri dari empat variabel antara lain warna media, tekstur media (kekerasan, kelekatan, dan plastisitas), bobot isi, dan porositas. Pengamatan warna dilakukan setelah masa inkubasi selesai. Warna media diamati secara visual berdasarkan warna dominan dan tingkat kecerahan pada kondisi pencahayaan yang relatif seragam. Deskripsi warna merupakan bagian dari karakterisasi fisik tanah/media dan dapat digunakan untuk membedakan kondisi media antar unit pengamatan. Pengamatan warna merupakan salah satu bagian dari deskripsi karakteristik tanah sebagaimana dijelaskan dalam *Guidelines for Soil Description* [9].

Tekstur media diamati secara kualitatif menggunakan metode perabaan (*feel test*). Media dibasahi secukupnya, kemudian diremas dan dibentuk untuk mengamati tingkat kekasaran, kelengketan, dan plastisitas media. Hasil pengamatan kemudian digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik tekstur media berdasarkan tingkat kekasaran, kelekatan, dan plastisitas yang diamati. Metode ini merupakan metode identifikasi lapangan yang direkomendasikan dalam *FAO Guidelines for Soil Description* dan sesuai digunakan untuk penelitian deskriptif [9].

Bobot isi media ditentukan menggunakan metode *ring sample/core method*. *Ring sample* digunakan untuk memperoleh contoh media dengan volume yang diketahui. Sampel kemudian dikeringkan hingga diperoleh massa kering, lalu bobot isi dihitung berdasarkan perbandingan antara massa media kering dan volume ring. Metode tersebut mengikuti prinsip ISO 11272:2017 [10], yang menentukan *dry bulk density* berdasarkan massa kering dan volume sampel yang diketahui, termasuk melalui *core method*. ISO 11272:2017 merupakan edisi yang masih berstatus berlaku. Bobot isi dihitung dengan persamaan :

$$\rho b = \frac{Md}{V}$$

Keterangan :

ρb = bobot isi media (g/cm³)

Md = massa media kering (g)

V = volume ring (cm³)

Porositas media dihitung berdasarkan hubungan antara bobot isi (*bulk density*) dan berat jenis partikel (*particle density*). Bobot isi ditentukan menggunakan metode *ring sample*, sedangkan berat jenis partikel ditetapkan menggunakan nilai asumsi sebesar 2,65 g/cm³ sebagai asumsi metodologis yang umum digunakan sebagai nilai pendekatan untuk tanah mineral apabila nilai aktual tidak diukur. Selanjutnya, porositas total dihitung menggunakan persamaan :

$$n = \left(1 - \frac{\rho b}{\rho s} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

n = porositas media (%)

ρb = bobot isi media (g/cm³)

ρs = bobot jenis partikel (g/ cm³)

Dalam penelitian ini digunakan $\rho s = 2,65 \text{ g/cm}^3$ sebagai nilai asumsi. Penggunaan nilai asumsi tersebut dinyatakan sebagai keterbatasan metode karena berat jenis partikel aktual media setelah aplikasi biochar tidak diukur secara langsung sesuai pernyataan FAO (*Food and Agriculture Organization of The United Nations*) [9].

Pengamatan karakteristik kimia terdiri dari dua variable antara lain pH dan estimasi kandungan N, P, K. Pengukuran pH dilakukan menggunakan *intelligent soil tester*. Sebelum digunakan, *probe* dibersihkan dan alat dipastikan berada dalam kondisi siap digunakan sesuai petunjuk pabrikan. Pengukuran dilakukan pada 3 titik berbeda dengan kedalaman 5 cm pada media yang memiliki kelembapan sesuai agar pembacaan stabil. Pengukuran pH digunakan untuk menggambarkan kondisi kemasaman media setelah aplikasi biochar. Pengamatan pH relevan karena aplikasi biochar dapat memengaruhi reaksi tanah, terutama melalui karakteristik kimia biochar dan interaksinya dengan media [5] [11].

Estimasi kandungan N, P, dan K dilakukan menggunakan alat Yieryi YG-09 soil meter sesuai petunjuk penggunaan alat [12]. Hasil pembacaan digunakan sebagai estimasi kondisi hara lapangan, bukan sebagai pengganti analisis laboratorium. Untuk meningkatkan keandalan data, pengukuran dilakukan pada 3 titik berbeda dengan kedalaman 5 cm di setiap unit pengamatan kemudian dirata-ratakan.

Karakteristik biologis media dievaluasi menggunakan uji perkecambahan benih jagung sebagai bioindikator. Penggunaan benih jagung sebagai indikator dilakukan untuk memberikan gambaran kemampuan media dalam mendukung proses perkecambahan dan pertumbuhan awal tanaman. Benih jagung yang digunakan memiliki kondisi fisik relatif seragam dan berasal dari sumber yang sama. Jumlah benih yang ditanam pada setiap unit pengamatan dibuat sama, yaitu 50 benih per polibag. Benih ditanam pada setiap unit pengamatan dengan kedalaman 2 cm dan posisi tanam yang relatif seragam. Pengamatan dilakukan pada hari ke-7 setelah tanam sebagai batas pengamatan dengan mencatat jumlah benih yang menunjukkan perkembangan awal kecambah. Dalam penelitian ini, benih dicatat berkecambah apabila menunjukkan munculnya radikula dan plumula sebagai kriteria operasional perkembangan awal kecambah. Penilaian tersebut mengacu pada prinsip pengujian perkecambahan dalam *International Rules for Seed Testing, Chapter 5: The Germination Test*, yang diterbitkan oleh International Seed Testing Association (ISTA) [13], khususnya konsep perkecambahan sebagai proses muncul dan berkembangnya kecambah. Dalam penelitian ini, prinsip tersebut diadaptasi untuk tujuan kajian media, sehingga hasil yang diperoleh digunakan sebagai indikator biologis kemampuan media mendukung perkecambahan, bukan sebagai pengujian sertifikasi mutu benih. Persentase perkecambahan dihitung menggunakan persamaan :

$$GP = \frac{N_g}{N_t} \times 100\%$$

Keterangan :

GP = persentase perkecambahan (%)

N_g = jumlah benih yang menunjukkan perkembangan awal kecambah berupa munculnya radikula dan plumula

N_t = jumlah total benih yang ditanam

Hasil pengamatan kemudian digunakan bersama karakteristik fisik dan kimia media untuk memberikan gambaran deskriptif mengenai kondisi media setelah aplikasi biochar tongkol jagung.

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis deskriptif untuk menggambarkan karakteristik fisik, kimia, dan biologis media lumpur Lapindo pada setiap kondisi aplikasi biochar tongkol jagung. Analisis dilakukan tanpa pengujian hipotesis statistik karena penelitian ini bertujuan memberikan gambaran karakteristik media, bukan menguji pengaruh atau hubungan sebab-akibat antar variabel. Data dari setiap unit pengamatan terlebih dahulu ditabulasi berdasarkan dosis biochar, yaitu 0 g, 50 g, 100 g, 150 g, 200 g, dan 250 g per polibag. Selanjutnya, data dikelompokkan berdasarkan karakteristik fisik, kimia, dan biologis media.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil analisis karakteristik media

Karakteristik fisik media

Karakteristik fisik media diamati melalui warna, kekerasan, kelekatan, plastisitas, bobot isi, dan porositas. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perubahan karakteristik fisik pada variasi dosis 0 gram per polibag sampai variasi dosis 250 gram per polibag.

Tabel 1. Karakteristik Fisik Media Lumpur Lapindo pada Setiap Variasi Dosis

Biochar (g/polibag)	Warna	Kekerasan (level)	Kelekatan (level)	Plastisitas (level)	Bobot isi (g/cm ³)	Porositas (%)
0	Level 1 (paling cerah)	6	6	6	1,229	53,61
50	Level 2	5	5	5	1,159	56,28
100	Level 3	4	4	4	1,099	58,54
150	Level 4	3	3	3	1,075	59,45
200	Level 5	2	2	2	0,975	63,21
250	Level 6 (paling gelap)	1	1	1	0,975	63,21

Berdasarkan Tabel 3.1, tingkat warna media berubah dari level 1 pada variasi dosis 0 gram per polibag menjadi level 6 pada variasi dosis 250 gram per polibag, dengan level yang semakin tinggi menunjukkan warna semakin gelap (kehitaman). Kekerasan dan kelekatan juga menurun secara bertahap dari level 6 pada variasi dosis 0 gram per polibag menjadi level 1 pada variasi dosis 250 gram per polibag. Plastisitas menunjukkan pola yang sama juga. Bobot isi menurun dari 1,229 g/cm³ pada variasi dosis 0 gram per polibag menjadi 0,975 g/cm³ pada variasi dosis 200 gram per polibag dan variasi dosis 250 gram per polibag. Sejalan dengan penurunan bobot isi, porositas hasil perhitungan meningkat dari 53,61% pada variasi dosis 0 gram per polibag menjadi 63,21% pada variasi dosis 200 gram per polibag dan variasi dosis 250 gram per polibag.

Karakteristik kimia media

Tabel 2. Karakteristik Kimia Media Lumpur Lapindo pada Setiap Variasi Dosis

Biochar (g/polibag)	pH	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
0	6,00	236,00	278,67	636,67
50	6,17	236,00	265,67	628,67
100	3,50	243,00	286,33	652,33
150	3,83	224,00	252,00	595,67
200	3,50	278,33	327,00	779,33
250	3,50	225,00	294,00	652,33

Hasil karakteristik kimia menunjukkan bahwa nilai pH media berada pada kisaran 3,50–6,17. Nilai pH tertinggi terdapat pada variasi dosis 50 gram per polibag sebesar 6,17, sedangkan variasi dosis 100 gram, 200 gram, dan 250 gram per polibag menunjukkan nilai 3,50. Estimasi kandungan N, P, dan K menunjukkan pola yang fluktuatif antar dosis terendah sampai dosis tertinggi pada penelitian. Nilai estimasi N tertinggi terdapat pada variasi dosis 200 gram per polibag sebesar 278,33 mg/kg, demikian pula P sebesar 327,00 mg/kg dan K sebesar 779,33 mg/kg. Hasil YG-09 pada tabel ini diposisikan sebagai estimasi kondisi hara lapangan.

Karakteristik biologis media

Tabel 3. Persentase Perkecambahan Benih Jagung pada Setiap Variasi Dosis

Biochar (g/polibag)	Jumlah kecambah (benih)	Perkecambahan (%)
0	2	4
50	2	4
100	5	10
150	5	10
200	6	12
250	9	18

Persentase perkecambahan menunjukkan peningkatan secara deskriptif dari variasi dosis terendah hingga tertinggi. Variasi dosis 0 gram dan 50 gram per polibag masing-masing menghasilkan 4%, dosis 100 gram dan 150 gram per polibag sebesar 10%, dosis 200 gram per polibag sebesar 12%, dan dosis 250 gram per polibag sebesar 18%. Dengan demikian, variasi dosis 250 gram per polibag menunjukkan persentase perkecambahan tertinggi di antara kondisi pengamatan.

B. Pembahasan

Karakteristik fisik media

Hasil penelitian menunjukkan perubahan karakteristik fisik media yang cukup konsisten antar dosis terendah sampai dosis tertinggi. Warna media berubah dari level 1 pada dosis 0 gram per polibag menjadi level 6 pada dosis 250 gram per polibag, sedangkan kekerasan, kelekatan, dan plastisitas berdasarkan *feel test* menunjukkan penurunan level. Secara deskriptif, pola tersebut menunjukkan bahwa media pada kondisi dengan dosis biochar lebih tinggi memiliki tampilan yang semakin gelap dan karakter perabaan yang semakin rendah pada skala pengamatan yang digunakan [18].

Perubahan warna yang semakin gelap sejalan dengan sifat biochar sebagai material kaya karbon yang secara visual dapat memberikan warna lebih gelap pada media [19]. Biochar juga dapat mengubah kondisi fisik media melalui penambahan material berpori dan karbon stabil. Evizal dan Prasmatiwi [6] menjelaskan bahwa biochar dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah dan dapat berkontribusi terhadap perbaikan sifat fisik serta kimia tanah. Temuan ini juga sejalan dengan Fan *et al.* [9] yang menunjukkan bahwa penambahan biochar dapat diikuti perubahan sifat tanah dalam jangka waktu tertentu.

Bobot isi menunjukkan penurunan dari 1,229 g/cm³ pada dosis 0 gram per polibag menjadi 0,975 g/cm³ pada dosis 200 gram dan 250 gram per polibag. Penurunan bobot isi menunjukkan bahwa massa media kering per satuan volume menjadi lebih rendah pada kondisi tersebut. Karena porositas dihitung menggunakan hubungan antara bobot isi dan *particle density* asumsi 2,65 g/cm³, penurunan bobot isi secara matematis menghasilkan peningkatan porositas dari 53,61% menjadi 63,21%. Dengan demikian, peningkatan porositas dalam penelitian ini harus dipahami sebagai hasil perhitungan berbasis asumsi *particle density*, bukan pengukuran *particle density* aktual.

Perubahan tersebut secara teoritis dapat dikaitkan dengan struktur biochar yang berpori dan memiliki densitas lebih rendah dibandingkan material mineral. Penambahan biochar dapat meningkatkan proporsi ruang pori dan menurunkan kepadatan massa campuran media. Namun, karena penelitian ini tidak mengukur *particle density* secara langsung dan tidak melakukan analisis statistik, hasil tersebut tidak digunakan untuk menyatakan adanya pengaruh kausal atau menentukan dosis optimum [20] [21] [22].

Karakteristik kimia media

Nilai pH menunjukkan pola yang tidak linear antar dosis terendah sampai dosis tertinggi. Variasi dosis 0 gram per polibag memiliki pH 6,00, dosis 50 gram per polibag meningkat menjadi 6,17, sedangkan dosis 100 gram, 200 gram, dan 250 gram per polibag berada pada 3,50. Pola tersebut menunjukkan bahwa perubahan pH tidak berlangsung secara bertahap mengikuti peningkatan dosis biochar. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik awal media, sifat kimia biochar, serta interaksi antara biochar dan media [23].

Biochar umumnya dapat memengaruhi reaksi media melalui sifat kimia bahan baku dan produk hasil pirolisis. Evizal dan Prasmatiwi [6] serta Kabir *et al.* [14] menjelaskan bahwa karakteristik biochar dan interaksinya dengan tanah dapat berkaitan dengan perubahan sifat kimia tanah. Oleh karena itu, pola pH yang diperoleh pada penelitian ini lebih tepat dipaparkan sebagai variasi antar kondisi daripada sebagai hubungan linear dengan dosis.

Estimasi N, P, dan K menggunakan YG-09 juga menunjukkan pola fluktuatif. Variasi dosis 200 gram per polibag memiliki nilai estimasi tertinggi untuk ketiga unsur, yaitu 278,33 mg/kg N, 327,00 mg/kg P, dan 779,33 mg/kg K. Namun, variasi dosis 250 gram per polibag tidak mempertahankan nilai tertinggi tersebut. Dengan demikian, hasil ini tidak menunjukkan pola peningkatan N, P, dan K yang terus-menerus dari dosis terendah hingga dosis tertinggi.

Rodriguez *et al.* [10] dan Putriani *et al.* [11] memberikan dasar bahwa biochar berbahan tongkol jagung dapat berinteraksi dengan kondisi kimia media dan ketersediaan unsur tertentu. Akan tetapi, hasil YG-09 dalam penelitian ini merupakan estimasi kondisi hara lapangan, sehingga perbedaan nilai antara dosis terendah sampai dosis tertinggi tidak boleh diperlakukan sebagai bukti perubahan kandungan N, P, dan K yang terukur secara analitik. Konfirmasi melalui analisis laboratorium tetap diperlukan apabila penelitian selanjutnya diarahkan untuk menentukan kandungan unsur secara kuantitatif.

Karakteristik biologis media

Persentase perkecambahan menunjukkan kecenderungan meningkat dari 4% pada variasi dosis 0 gram dan 50 gram per polibag menjadi 18% pada variasi dosis 250 gram per polibag. Variasi dosis 100 gram dan 150 gram per

polibag masing-masing menunjukkan 10%, sedangkan variasi dosis 200 gram per polibag menunjukkan 12%. Secara deskriptif, pola tersebut menunjukkan bahwa kondisi media pada dosis tertinggi menghasilkan jumlah kecambah terbanyak pada akhir pengamatan hari ke-7.

Perkecambahan merupakan respons biologis awal yang dapat mencerminkan kemampuan suatu media dalam mendukung proses awal pertumbuhan tanaman. Peningkatan persentase perkecambahan pada kondisi dosis biochar yang lebih tinggi dapat secara teoritis berkaitan dengan perubahan karakteristik fisik dan kimia media, misalnya perubahan kepadatan, ruang pori, serta kondisi kimia [24]. Namun, hubungan tersebut tidak dapat dipastikan sebagai hubungan sebab-akibat dalam penelitian ini karena desain penelitian bersifat deskriptif dan tidak menggunakan pengujian hipotesis.

Hasil perkecambahan juga perlu dibaca bersama karakteristik kimia. Variasi dosis tertinggi pada penelitian memiliki perkecambahan tertinggi, tetapi bukan nilai estimasi N, P, dan K tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa respons perkecambahan tidak dapat dijelaskan hanya berdasarkan satu parameter kimia. Kondisi fisik media, pH, ketersediaan hara, dan faktor lain dapat berinteraksi dalam menentukan kondisi lingkungan yang mendukung perkecambahan [25].

Dengan demikian, hasil biologis penelitian ini digunakan sebagai indikator deskriptif kemampuan media mendukung perkecambahan, bukan sebagai bukti bahwa dosis 250 gram per polibag merupakan dosis biochar optimum. Penelitian lanjutan dengan pengamatan pertumbuhan tanaman yang lebih panjang dan analisis laboratorium dapat memberikan dasar yang lebih kuat untuk menjelaskan mekanisme biologis tersebut [26].

Integrasi karakteristik fisik, kimia, dan biologis

Jika ketiga kelompok karakteristik dibandingkan secara bersama, terlihat bahwa respons media tidak seluruhnya mengikuti pola yang sama. Karakteristik fisik menunjukkan pola yang relatif konsisten berupa penurunan bobot isi dan peningkatan porositas hasil perhitungan seiring perubahan dari dosis terendah ke dosis tertinggi. Karakteristik kimia menunjukkan pola yang lebih fluktuatif, sedangkan persentase perkecambahan menunjukkan kecenderungan meningkat.

Perbedaan pola tersebut menunjukkan bahwa karakterisasi media perlu dilakukan secara multidimensional. Nilai variasi dosis 200 gram per polibag yang memiliki estimasi N, P, dan K tertinggi tidak secara otomatis menghasilkan persentase perkecambahan tertinggi, karena dosis 250 gram per polibag justru memiliki persentase perkecambahan tertinggi. Oleh sebab itu, penelitian ini tidak menetapkan dosis 200 gram atau 250 gram per polibag sebagai dosis terbaik, melainkan melaporkan kondisi masing-masing setiap variasi dosis secara deskriptif sesuai tujuan penelitian.

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai karakteristik media Lumpur Lapindo pasca fitoekstraksi *Typha latifolia* setelah aplikasi biochar tongkol jagung pada dosis 0, 50, 100, 150, 200, dan 250 g/polibag, dapat disimpulkan bahwa karakteristik fisik media menunjukkan perubahan pada variasi dosis terendah hingga tertinggi yang ditandai dengan warna media yang semakin gelap serta penurunan tingkat kekerasan, kelekatan, dan plastisitas berdasarkan hasil *feel test*. Bobot isi media menurun dari 1,229 g/cm³ pada variasi dosis 0 gram per polibag menjadi 0,975 g/cm³ pada variasi dosis 200 gram dan 250 gram per polibag, sedangkan porositas hasil perhitungan meningkat dari 53,61% pada variasi dosis 0 gram per polibag menjadi 63,21% pada variasi dosis 200 gram dan 250 gram per polibag. Karakteristik kimia media menunjukkan variasi antar setiap variasi dosis dengan nilai pH berada pada kisaran 3,50–6,17, sedangkan estimasi N, P, dan K menggunakan YG-09 menunjukkan pola fluktuatif, dengan nilai tertinggi secara bersamaan terdapat pada variasi dosis 200 gram per polibag, masing-masing sebesar 278,33 mg/kg N, 327,00 mg/kg P, dan 779,33 mg/kg K. Karakteristik biologis yang ditunjukkan melalui persentase perkecambahan benih jagung menunjukkan kecenderungan peningkatan dari 4% pada variasi dosis 0 gram dan 50 gram per polibag, menjadi 10% pada variasi dosis 100 gram dan 150 gram per polibag, 12% pada variasi dosis 200 gram per polibag, dan mencapai 18% pada variasi dosis 250 gram per polibag. Dengan demikian, penelitian menunjukkan adanya variasi karakteristik fisik, kimia, dan biologis media pada berbagai kondisi aplikasi biochar, dengan variasi dosis 250 gram per polibag menunjukkan persentase perkecambahan tertinggi, sedangkan variasi dosis 200 gram per polibag menunjukkan estimasi N, P, dan K tertinggi, sehingga penelitian ini tidak menetapkan dosis 200 gram maupun 250 gram per polibag sebagai dosis biochar terbaik atau optimum, melainkan mendeskripsikan kondisi masing-masing perlakuan sesuai dengan tujuan penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, bimbingan, dan kontribusi selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak institusi dan laboratorium yang telah mendukung penyediaan fasilitas serta sarana penelitian, serta

kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pengambilan data, pengamatan, dan penyelesaian penelitian ini. Dukungan dan bantuan yang diberikan sangat berarti dalam menunjang kelancaran pelaksanaan penelitian hingga terselesaikannya artikel ini.

REFERENSI

- [1] Irmayani, S. P. Fetindah, and I. Komalasari, "Phytoremediation Based *Typha Latifolia* Landscape Design Strategy For Lapindo Mud Land Recovery And Eco-Tourism Sidoarjo," *J. Nabatia*, vol. 10, no. 1, pp. 35–43, 2022.
- [2] E. Ciptawati *et al.*, "Analisis Kandungan Mineral dari Lumpur Panas Sidoarjo sebagai Potensi Sumber Silika dan Arah Pemanfaatannya," *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*, vol. 05, no. 01, pp. 18–28, 2022.
- [3] E. Firdausi, Widyawati, and R. Yuniati, "Vegetation Resilience and Environmental Impact Following Industrial Mud Eruption : Spatial Distribution Analysis," *J. SRSD*, vol. 2, no. 1, pp. 1–20, 2025.
- [4] N. D. Lestari and A. N. Aji, "Pengaruh Kompos dan Biochar Terhadap Fitoremediasi Tanah Tercemar Kadmium dari Lumpur Lapindo Menggunakan Kangkung Darat," *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, vol. 7, no. 1, pp. 167–176, 2020, doi: 10.21776/ub.jtsl.2020.007.1.21.
- [5] Y. Yang and Q. Shen, "Phytoremediation of Cadmium-contaminated Wetland Soil with *Typha latifolia* L. and The Underlying Mechanisms Involved in The Heavy-metal Uptake and Removal," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 27, no. 5, pp. 4905–4916, 2020.
- [6] R. Evizal and F. E. Prasmatiwi, "Biochar: Pemanfaatan dan Aplikasi Praktis," *J. Agrotropika*, vol. 22, no. 1, pp. 1–12, 2023.
- [7] F. U. Haider, J. A. Coulter, S. Hussain, S. A. Cheema, J. Wu, and R. Zhang, "An Overview on Biochar Production, Its Implications, and Mechanisms of Biochar-induced Amelioration of Soil and Plant Characteristics," *J. Pedosphere*, vol. 32, no. 1, pp. 107–130, 2022.
- [8] M. Rizwan *et al.*, "Sustainable Manufacture and Application of Biochar to Improve Soil Properties and Remediate Soil Contaminated with Organic Impurities : A Systematic Review," *J. Frontiers in Environmental Science* no. November, pp. 1–28, 2023, doi: 10.3389/fenvs.2023.1277240.
- [9] S. Fan, J. Zuo, and H. Dong, "Changes in Soil Properties and Bacterial Community Composition with Biochar Amendment after Six Years," *J. Agronomy*, vol. 10, pp. 1–15, 2020, doi: 10.3390/agronomy10050746.
- [10] A. Rodriguez, D. Lemos, Y. T. Trujillo, J. G. Amaya, and L. D. Ramos, "Effectiveness of Biochar Obtained from Corn cob for Immobilization of Lead in Contaminated Soil," *J. Heal. Pollut.*, vol. 9, no. 23, pp. 13–21, 2019.
- [11] S. S. Putriani, S. Yusnaini, L. M. Septiana, and Dermiyati, "Aplikasi Biochar dan Pupuk P Terhadap Ketersediaan dan Serapan P pada Tanaman Jagung Manis (*Zea mays Saccharata* Sturt.) di Tanah Ultisol," *J. Agrotek Trop.*, vol. 10, no. 4, pp. 615–626, 2022.
- [12] FAO, *Guidelines for Soil Description*, 4th ed. Rome, 2006.
- [13] International Organization for Standardization, "Soil quality — Determination of dry bulk density, ISO 11272:2017," 2017.
- [14] E. Kabir, K. Kim, and E. E. Kwon, "Biochar as A Tool for The Improvement of Soil and Environment," *J. Front. Environ. Sci.*, vol. 11, pp. 1–17, 2023, doi: 10.3389/fenvs.2023.1324533.
- [15] Yieryi, "YG-09 Soil NPK Analyser Meter User Manual," n.d.
- [16] Y. Shi *et al.*, "Environmental Materials for Remediation of Soils Contaminated with Lead and Cadmium Using Maize (*Zea mays* L.) Growth as a Bioindicator," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 23, no. 7, pp. 6168–6178, 2016.
- [17] International Seed Testing Association, "International Rules for Seed Testing, Chapter 5: The Germination Test," *International Seed Testing Association*, 2026.
- [18] S. Ahmad Bhat, A. kuriqi, M. Dar, O. Bhat, S. S. Sammen, A. Towfiqul Islam, A. Elbeltagi, O. Shah, N. Ai-Ansari, and R. Ali, "Application of Biochar for Improving Physical, Chemical, and Hydrological Soil Properties: A Systematic Review," *J. Sustainability*, vol. 14, no. 17, p. 11104, 2022.
- [19] C. L. Phillips, K. M. Meyer, C. V Hanson, S. C. Biraud, and K. M. Trippe, "Manipulating Rangeland Soil Microclimate with Juniper Biochar for Improved Native Seedling Establishment," *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 85, no. 3, pp. 847–861, 2021.
- [20] L. Toková, D. Igaz, J. Horák, and E. Aydin, "Effect of Biochar Application and Re-application on Soil Bulk Density, Porosity, Saturated Hydraulic Conductivity, Water Content and Soil Water Availability in A Silty Loam Haplic Luvisol," *J. Agron.*, vol. 10, no. 7, p. 1005, 2020.
- [21] N. Botková *et al.*, "Impact of Biochar Particle Size and Feedstock Type on Hydro-physical Properties of Sandy

- Soil,” *J. Hydrol. Hydromechanics*, vol. 71, no. 4, pp. 345–355, 2023.
- [22] H. Blanco-Canqui, “Biochar and Soil Physical Properties,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 81, no. 4, pp. 687–711, 2017.
- [23] H. Singh, B. K. Northup, C. W. Rice, and P. V. V. Prasad, “Biochar Applications Influence Soil Physical and Chemical Properties, Microbial Diversity, and Crop Productivity: A Meta-analysis,” *J. Biochar*, vol. 4, no. 1, p. 8, 2022.
- [24] L. Ali *et al.*, “Impact of Biochar Application on Germination Behavior and Early Growth of Maize Seedlings: Insights from A Growth Room Experiment,” *J. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 24, p. 11666, 2021.
- [25] L. Ali *et al.*, “Impact of Corn Cob-Derived Biochar in Altering Soil Quality , Biochemical Status and Improving Maize Growth under Drought Stress,” *J. Agron.*, vol. 11, 2021.
- [26] V. Vlajkov *et al.*, “Bacillus-loaded Biochar as Soil Amendment for Improved Germination of Maize Seeds,” *Plants*, vol. 12, no. 5, p. 1024, 2023.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.