

**Perubahan Sifat Kimia Gambut Pedalaman Akibat Pemberian Dolomit dan Pupuk Majemuk Hayati dan Hasil Tanaman Kedelai Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill)**

***Changes in Chemical Properties of Inland Peat Due to The Addition of Dolomite and Compound Biological Fertilizer and Edamame Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Yield***

**\*Nyahu Rumbang, Erina Riak Asie, Jonas W Simbolon**

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya

email : [nyahurumbang@agr.upr.ac.id](mailto:nyahurumbang@agr.upr.ac.id)

***Abstract***

*The purpose of this study was to study the effect of dolomite and compound biofertilizer on changes in the chemical properties of peat and edamame plant yields on inland peat. Using a Factorial Completely Randomized Design with 2 factors. The first factor is dolomite lime with 4 levels, namely  $D_0 = 0 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $D_1 = 5 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $D_2 = 10 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $D_3 = 15 \text{ t ha}^{-1}$  and the second factor is compound biofertilizer with 4 levels, namely  $H_0 = 0 \text{ g.kg}^{-1}$  seed,  $H_1 = 5 \text{ g.kg}^{-1}$  seed,  $H_2 = 10 \text{ g.kg}^{-1}$  seed,  $H_3 = 15 \text{ g.kg}^{-1}$  seed. The results of the study showed that increasing the dose of dolomite to  $15 \text{ t ha}^{-1}$  together with the provision of biofertilizer at a dose of 10 or  $15 \text{ g.kg}^{-1}$  of seed was able to provide the highest pH value, namely 4.06 - 4.18. In the parameter of peat total N value, only dolomite treatment gave a significant difference. The highest average Ca-dd value was obtained by addition  $15 \text{ t ha}^{-1}$  of dolomite together with biofertilizer at a dose of  $15 \text{ g.kg}^{-1}$  of seed, which was 14.897 (gmol(+)/kg). The highest Mg-dd value was obtained by addition  $15 \text{ t ha}^{-1}$  of dolomite together with biofertilizer at a dose of  $15 \text{ g.kg}^{-1}$  of seed, which was 36.680 (gmol(+)/kg). The highest number of pods (25.00 pods) and the highest pod weight (11.12 g) were obtained by addition  $10 \text{ t ha}^{-1}$  of dolomite. The highest number of pods occurred by biofertilizer at  $15 \text{ g.kg}^{-1}$  of seed (21.70 pods).*

*Keywords : Chemical properties, Inland peat, Biological fertilizer*

**Abstrak**

Tujuan penelitian untuk mempelajari pengaruh pemberian dolomit dan pupuk hayati majemuk terhadap perubahan sifat kimia gambut dan hasil tanaman edamame pada gambut pedalaman. Menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial, dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah kapur dolomit dengan 4 taraf yaitu  $D_0 = 0 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $D_1 = 5 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $D_2 = 10 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $D_3 = 15 \text{ t ha}^{-1}$  dan faktor kedua adalah pupuk hayati majemuk (PHM) dengan 4 taraf yaitu  $H_0 = 0 \text{ g.kg}^{-1}$  benih,  $H_1 = 5 \text{ g.kg}^{-1}$  benih,  $H_2 = 10 \text{ g.kg}^{-1}$  benih,  $H_3 = 15 \text{ g.kg}^{-1}$  benih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis dolomit menjadi  $15 \text{ t ha}^{-1}$  bersama

pemberian PHM dengan dosis 10 atau 15 g kg<sup>-1</sup> benih mampu memberikan nilai pH tertinggi, yaitu 4,06 – 4,18. Pada parameter nilai N-total gambut hanya perlakuan dolomit yang memberikan perbedaan yang nyata. Nilai rata-rata Ca-dd tertinggi diperoleh pada pemberian 15 t ha<sup>-1</sup> dolomit bersama pemberian PHM dengan dosis 15 g.kg<sup>-1</sup> benih, yaitu 14,897 (gmol(+)/kg). Nilai Mg-dd tertinggi diperoleh pada pemberian dolomit dengan dosis 15 t ha<sup>-1</sup> bersama pemberian PHM dengan dosis 15 g.kg<sup>-1</sup> benih, yaitu 36,680 (gmol(+)/kg). Jumlah polong terbanyak (25,00 polong) dan berat polong tertinggi (11,12 g) diperoleh pada pemberian dolomit 10 t ha<sup>-1</sup>. Jumlah polong terbanyak terjadi pada pemberian PHM 15 g.kg benih<sup>-1</sup> (21,70 polong).

Kata kunci : Sifat kimia, Gambut pedalaman, Pupuk alami

## PENDAHULUAN

Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) adalah jenis tanaman sayuran hijau (*green soybean vegetable*) yang berasal dari jepang, memiliki kandungan gizi yang tinggi seperti protein mencapai 31,52%, karbohidrat, lemak, vitamin A, B1, B2, B3 dan vitamin C serta mineral seperti fosfor, kalsium, besi dan kalium (Wilkes & Kirkpatrick, 2020). Edamame menjadi salah satu komoditas yang sangat potensial untuk dikembangkan karena berbagai kelebihannya seperti harga jual yang lebih baik dari kedele, disukai oleh semua kalangan masyarakat, teknik budidayanya relatif mudah dan cocok dibudidayakan di daerah tropis. Sampai saat ini, peluang usaha baik untuk kebutuhan dalam negeri maupun kebutuhan luar negeri masih terbuka lebar. Keunggulan dari edamame dibandingkan kedelai bahwa produksi edamame lebih tinggi mencapai 3,5 – 8 t ha<sup>-1</sup> sementara kedelai hanya berkisar 1,7 – 3,2 t ha<sup>-1</sup>. Budidaya edamame di Indonesia sangat potensial, terutama dari aspek iklim seperti suhu, ketinggian tempat, curah hujan dan penyinaran

matahari tidak ada kendala. Dari aspek tanah, edamame menginginkan tanah lempung berpasir, lempung liat atau tanah alluvial, pH tanah 5,8 – 7,0 dan drainase baik.

Di Indonesia, luas lahan gambut saat ini mencapai 13,43 juta ha. Dari luasan tersebut, sebanyak 2,55 juta ha (sekitar 19%) berada di Kalimantan Tengah. Dari aspek luas lahan, ini bisa menjadi salah satu alternatif dalam budidaya edamame. Sampai saat ini budidaya edamame di lahan gambut masih sebatas penelitian. Meskipun dari aspek luas lahan, budidaya edamame di lahan memiliki potensi yang cukup baik, namun dihadapkan tantangan yang cukup kompleks terutama terkait sifat kimia gambut diantaranya diantaranya pH yang sangat rendah dan miskin unsur hara baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro. Gambut terbentuk dari hasil pelapukan bahan-bahan organik dalam kondisi tergenang dan tidak ada terjadi pengkayaan unsur hara dari sumber lain. Angka pH yang sangat rendah terkait dengan tingginya asam-asam organik terutama asam humat dan fulvat. Pada pH yang sangat rendah berkisar 3,5 dan aktivitas mikroorganisme sangat rendah

maka hampir semua unsur hara tidak tersedia.

Sampai saat ini, cukup banyak kajian yang dilakukan pada tanah gambut baik yang terkait langsung dengan tanaman kedelai (Chotimah et al., 2024; Tabrani et al., 2023; Sasongko et al., 2019; ) dan yang tidak terkait dengan kedelai secara langsung (Neneng, 2020) tetapi kajian yang fokus pada edamame di gambut masih sangat terbatas (Sari et al., 2021; Iswiyanto et al., 2022; Saputra et al., 2024). Penambahan dolomit pada budidaya edamame pada tanah gambut selain untuk meningkatkan pH juga untuk menambah ketersediaan unsur hara terutama magnesium yang sangat diperlukan untuk pembentukan klorofil yang mutlak diperlukan untuk proses fotosintesis. Peningkatan pH akibat penambahan dolomit juga berdampak pada peningkatan aktivitas mikroorganisme karena masing-masing organisme memiliki syarat pH tertentu untuk aktivitasnya. Atas dasar itu maka dilakukan penelitian ini, dengan tujuan untuk mempelajari interaksi antara dolomit dan pupuk hayati majemuk terhadap perubahan sifat kimia tanah gambut dan hasil tanaman edamame.

## METODE

### Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di kawasan Peat Techno Park, Universitas Palangka Raya, mulai Maret - Juni 2021. Bahan-bahan yang digunakan meliputi tanah gambut, benih kedelai edamame varietas ryoko, pupuk hayati Soyaku, pupuk kandang ayam, Urea, SP-36, KCl, dolomit.

Alat – alat yang digunakan polybag ukuran  $40 \times 40$  cm dan timbangan analitik.

Menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial. Faktor pertama adalah pemberian kapur dolomit (D) dengan 4 (empat) taraf yaitu:  $D_0 = 0 \text{ t ha}^{-1}$  (0 g polybag<sup>-1</sup>),  $D_1 = 5 \text{ t ha}^{-1}$  (15 g polybag<sup>-1</sup>),  $D_2 = 10 \text{ t ha}^{-1}$  (30 g polybag<sup>-1</sup>) dan  $D_3 = 15 \text{ t ha}^{-1}$  (45 g polybag<sup>-1</sup>). Faktor kedua pemberian pupuk hayati majemuk (PHM) dengan 4 (empat) yaitu  $H_0 = 0 \text{ g.kg}^{-1}$  benih (0 g.24 g benih<sup>-1</sup>),  $H_1 = 5 \text{ g.kg}^{-1}$  benih (0,12 g.24g benih<sup>-1</sup>),  $H_2 = 10 \text{ g.kg}^{-1}$  benih (0,24 g.24 g benih<sup>-1</sup>) dan  $H_3 = 15 \text{ g.kg}^{-1}$  benih (0,36 g.24 g benih<sup>-1</sup>). Dari kombinasi faktor tersebut diperoleh 16 kombinasi perlakuan yang masing-masing diulang sebanyak 3 (tiga) ulangan sehingga diperoleh 48 satuan percobaan. Gambut diambil dari daerah areal Peat Techno Park dengan titik  $2^{\circ} 12' 53.35''$  LS,  $113^{\circ} 53' 15.13''$  BT. Gambut yang digunakan belum pernah digunakan untuk lahan pertanian, diambil pada kedalaman 0 – 20 cm. Gambut dikering anginkan selama 3 minggu, kemudian diayak menggunakan ayakan dengan kerapatan ayakan 0,5 cm. Tanah gambut kemudian ditimbang sebanyak 6 kg dan dimasukkan kedalam polybag. Selanjutnya dolomit dimasukkan kedalam polybag sesuai perlakuan. Bersamaan dengan pemberian dolomit, juga diberikan pupuk kandang kotoran ayam sebanyak  $5 \text{ t ha}^{-1}$ . Gambut, dolomit dan pupuk kandang diaduk hingga merata, kemudian diinkubasi selama 4 minggu.

Sebelum penanaman, benih diperlakukan sesuai dengan perlakuan dosis pupuk hayati. Pupuk hayati diaduk sampai melekat secara merata pada benih

kemudian dikeringkan selama 5 menit, kemudian segera dilakukan penanaman sebanyak 2 (dua) biji benih setiap lubang tanam dengan kedalaman 1,5 cm. Analisis tanah seperti pH ( $H_2O$ ), N-total, Ca-dd dan Mg-dd dilakukan setelah masa inkubasi berakhir dan juga setelah panen. Pengamatan tanaman meliputi jumlah polong per tanaman dan bobot polong per tanaman. Data hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan analisis ragam pada

taraf 5% dan 1% dan jika terdapat pengaruhnya yang nyata maka dilanjutkan dengan Uji Duncan 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil analisis gambut setelah diberi kapur dan diinkubasi selama 4 minggu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata pH ( $H_2O$ ), N-total), Ca-dd (gmol(+)/kg), Mg-dd (gmol(+)/kg) setelah inkubasi (sebelum penanaman) pada tanah gambut pedalaman akibat pemberian dolomit

| Pemberian Dolomit                       | pH ( $H_2O$ ) | N-total (%) | Ca-dd (gmol(+)/kg) | Mg-dd (gmol(+)/kg) |
|---|---------------|-------------|--------------------|--------------------|
| D <sub>0</sub> (0 t ha <sup>-1</sup> )  | 3,43          | 0,81        | 2,31               | 8,16               |
| D <sub>1</sub> (5 t ha <sup>-1</sup> )  | 3,57          | 1,78        | 2,88               | 16,57              |
| D <sub>2</sub> (10 t ha <sup>-1</sup> ) | 3,92          | 1,58        | 3,15               | 19,80              |
| D <sub>3</sub> (15 t ha <sup>-1</sup> ) | 3,97          | 1,74        | 4,17               | 25,12              |

Data Tabel 1 adalah data rata-rata dan tidak dilakukan analisis secara statistik. Semakin semakin meningkatnya dosis dolomit yang diberikan, maka terjadi peningkatan nilai pH ( $H_2O$ ), N-total, Ca-dd (gmol(+)/kg) dan Mg-dd (gmol(+)/kg) pada gambut setelah empat minggu inkubasi. Dolomit mengandung mengandung kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ) dan magnesium karbonat ( $MgCO_3$ ), yang memiliki sifat basa. Tanah gambut bersifat asam karena kandungan bahan organik yang tinggi, yang menghasilkan asam humat dan asam fulvat saat proses dekomposisi. Sumber kemasaman gambut adalah tingginya konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ). Ketika dolomit ditambahkan ke dalam tanah gambut maka kalsium dan magnesium dalam dolomit bertindak

sebagai penyangga basa, menetralkan sebagian ion hidrogen ( $H^+$ ). Pada proses netralisasi asam, ion-ion kalsium ( $Ca^{2+}$ ) dan magnesium ( $Mg^{2+}$ ) menggantikan ion hidrogen ( $H^+$ ) yang ada di dalam tanah, sehingga mengurangi tingkat keasaman tanah dan meningkatkan pH (Zhang et al., 2015; Ilham et al., 2019).

Semakin meningkat pemberian dolomit maka N-total juga semakin meningkat. Meningkatnya N-total terkait dengan peningkatan pH ( $H_2O$ ) gambut. Ketika pH tanah meningkat akibat penambahan dolomit, aktivitas mikroorganisme pengurai menjadi lebih efisien. Mikroorganisme yang bekerja pada pH yang lebih netral dapat lebih aktif dalam memecah bahan organik yang mengandung nitrogen, sehingga lebih

banyak nitrogen akan dilepaskan ke dalam tanah dan tersedia untuk tanaman. Peningkatan dosis dolomit terus mendorong proses netralisasi asam dan memperbaiki lingkungan tanah gambut yang mendukung aktivitas mikroba pengurai, yang berkontribusi pada peningkatan N-total.

Semakin tinggi dosis dolomit yang diberikan, maka kandungan Ca-dd dan Mg-dd dalam tanah gambut juga meningkat. Hal ini karena dolomit mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ). Pada tanah gambut, situs pertukaran kation didominasi oleh ion hydrogen ( $\text{H}^+$ ). Ketika dolomit ditambahkan, maka kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) akan terlarut dalam air tanah. Kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) terlarut ini akan mengganti ion-ion lain yang terikat pada permukaan partikel tanah khususnya menggantikan ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) yang merupakan sumber kemasaman, sehingga Ca-dd dan Mg-dd gambut menjadi meningkat.

Tabel 2 menunjukkan ada interaksi antara pemberian dolomit dan PHM terhadap pH tanah gambut (pH  $\text{H}_2\text{O}$ ) setelah panen. Nilai pH tanah gambut tanpa atau dengan pemberian dolomit pada dosis 5 dan 10 t  $\text{ha}^{-1}$  pada berbagai dosis PHM tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan karena tanah gambut memiliki kapasitas penyangga yang tinggi, karena kandungan bahan organiknya sangat tinggi. Jadi meskipun menambahkan dolomit, tanah gambut masih mempertahankan pH aslinya. Reaksi dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) pada tanah asam berlangsung lambat. Pupuk hayati

majemuk tidak secara langsung menaikkan pH tanah. Pupuk hayati umumnya menstimulasi aktivitas mikroba, membantu pelarutan hara dan memfasilitasi ketersediaan unsur hara mikro dan makro.

Peningkatan dosis dolomit menjadi 15 t  $\text{ha}^{-1}$  bersama pemberian PHM dengan dosis 10 atau 15 g  $\text{kg}^{-1}$  benih mampu memberikan nilai pH tertinggi, yaitu 4,06 – 4,18. Dosis dolomit 5–10 t  $\text{ha}^{-1}$  sebenarnya adalah dosis umum, tapi untuk tanah gambut yang sangat masam (pH 3,5), dibutuhkan dosis yang jauh lebih tinggi untuk menaikkan pH secara signifikan yaitu 15 t  $\text{ha}^{-1}$ . Ini menunjukkan ada efek sinergis dari perlakuan dolomit dan PHM yang cukup kuat untuk mempengaruhi sifat kimia tanah gambut. Artinya penambahan dolomit sebesar 15 t  $\text{ha}^{-1}$  cukup untuk mengatasi kapasitas penyangga gambut, sehingga mampu meningkatkan ketersediaan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ , Kombinasi dolomit dengan PHM mengoptimalkan reaksi kimia dalam tanah. Efek pupuk hayati bisa meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang mendorong dekomposisi bahan organik, mempercepat pelarutan dolomit karena mikroba menghasilkan dalam jumlah yang terkendali sehingga membantu pelarutan dolomit untuk menghasilkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  sehingga cepat tersedia dan menstimulasi perubahan kimia tanah untuk mendukung kenaikan pH secara perlahan (Frasca et al., 2023). Efek sinergis dari dosis dolomit yang optimal dan aktivitas PHM maka dolomit sebagai ameliorant untuk memperbaiki

secara fisik dan kimia sehingga pH tanah naik dan PHM memperkuat proses tersebut secara biologis. Penelitian Williams et al. (2022) menggunakan pemberian kapur pada media gambut yang diformulasi berdasarkan volume menunjukkan bahwa reaksi perubahan pH terjadi sepenuhnya dalam waktu 14 hari. Lebih lanjut

dikatakan bahwa diperlukan jumlah dolomit yang lebih besar untuk menghasilkan peningkatan pH karena sifat muatan yang bergantung pH pada koloid organik. Saat semakin banyak situs pertukaran menjadi jenuh oleh kalsium dan magnesium maka semakin banyak ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang diperlukan untuk memisah ion  $\text{H}^+$  kedalam larutan media.

Tabel 2. Nilai rata-rata pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) setelah panen akibat pemberian dolomit dan PHM pada tanah gambut pedalaman

| Pemberian Dolomit                     | Pupuk Hayati Majemuk (PHM)                 |  |   |   |
|---------------------------------------|--|--|---|---|
|                                       | $\text{H}_0$ (0 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | $\text{H}_1$ (5 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | $\text{H}_2$ (10 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | $\text{H}_3$ (15 g.kg benih <sup>-1</sup> ) |
| $\text{D}_0$ (0 t ha <sup>-1</sup> )  | 3,073 a<br>A                               | 3,220 a<br>A                               | 3,243 a<br>A                                | 3,523 b<br>A                                |
| $\text{D}_1$ (5 t ha <sup>-1</sup> )  | 3,757 a<br>B                               | 3,850 a<br>B                               | 3,750 a<br>B                                | 3,760 a<br>B                                |
| $\text{D}_2$ (10 t ha <sup>-1</sup> ) | 3,773 a<br>B                               | 3,823 a<br>B                               | 3,853 a<br>B                                | 3,857 a<br>B                                |
| $\text{D}_3$ (15 t ha <sup>-1</sup> ) | 3,940 a<br>B                               | 3,980 a<br>B                               | 4,057 ab<br>C                               | 4,180 b<br>C                                |

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada baris yang sama dan huruf kapital yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Duncan  $\alpha = 0,05$

Sedangkan nilai N-total gambut setelah panen, hanya perlakuan dolomit yang memberikan perbedaan yang nyata terhadap N-total gambut (Tabel 3).

Pemberian dolomit 5 dan 10 t ha<sup>-1</sup> memberikan nilai yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan tanpa dolomit.

Tabel 3. Nilai rata-rata N-total (%) setelah panen akibat pemberian dolomit pada tanah gambut pedalaman

| Pemberian Dolomit                     | Rata-rata N-total |
|---------------------------------------|-------------------|
| $\text{D}_0$ (0 t ha <sup>-1</sup> )  | 0,85 a            |
| $\text{D}_1$ (5 t ha <sup>-1</sup> )  | 1,12 b            |
| $\text{D}_2$ (10 t ha <sup>-1</sup> ) | 1,25 c            |
| $\text{D}_3$ (15 t ha <sup>-1</sup> ) | 1,28 c            |

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Duncan  $\alpha = 0,05$

Hal ini terkait dengan hubungan antara ameliorasi tanah akibat pemberian dolomit dan dinamika nitrogen tanah (N-total). Dampak dari pemberian dolomit adalah meningkatnya pH tanah gambut, secara

langsung mempercepat dekomposisi bahan organik dan hasil akhirnya lebih banyak nitrogen organik terurai menjadi bentuk yang bisa dihitung sebagai N-total. Selain itu, kation dari dolomit ( $\text{Ca}^{2+}$  dan

Mg<sup>2+</sup>) dapat meningkatkan stabilitas dan retensi N. Ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> akan menetralkan koloid tanah sehingga memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation sehingga tanah lebih mampu menahan ion-ion seperti NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan membantu mengikat

nitrogen dalam bentuk yang lebih stabil (Barker & Pilbeam, 2016).

Sebaliknya dari pengaruh dari perlakuan dosis PHM terhadap kandungan N-total tanah gambut setelah panen tidak berbeda nyata antar perlakuan (Tabel 4).

Tabel 4. Nilai rata-rata N-total (%) setelah panen akibat perlakuan PHM pada tanah gambut pedalaman

| Pemberian Pupuk Hayati (PHM)                 | Rata-rata N-total |
|--|-------------------|
| H <sub>0</sub> = 0 g.kg <sup>-1</sup> benih  | 1,096             |
| H <sub>1</sub> = 5 g.kg <sup>-1</sup> benih  | 1,135             |
| H <sub>2</sub> = 10 g.kg <sup>-1</sup> benih | 1,144             |
| H <sub>3</sub> = 15 g.kg <sup>-1</sup> benih | 1,133             |

Hal ini disebabkan karena peran PHM lebih ke perbaikan proses, bukan penambahan langsung unsur hara. Pupuk hayati majemuk tidak secara langsung menambahkan nitrogen ke dalam tanah, melainkan mengandung mikroba yang membantu fiksasi N dari udara atau mikroba yang membantu mineralisasi bahan organik, tapi fiksasi N oleh mikroba membutuhkan waktu kondisi yang ideal dan jumlah N-total yang dihasilkan mikroba dalam waktu yang pendek misalnya satu musim tidak cukup besar untuk perbedaan yang nyata secara statistik. Kandungan N-total adalah parameter yang relatif statis dalam jangka pendek. N-total mencakup N-organik (bahan organik tanah) dan N-anorganik (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Karena sebagian besar N-total berasal dari N-organik yang perubahannya lambat maka peningkatan peningkatan aktivitas mikroba dari pupuk hayati tidak cukup signifikan untuk

menaikkan N-total dalam waktu singkat. Dalam hasil penelitiannya, Sun et al. (2020) mengatakan bahwa penggunaan substitusi 50% urea dengan biofertilizer mengurangi kehilangan nitrogen dari tanah lahan pertanian hingga 54%, meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen hingga 11,2% dan mencapai peningkatan hasil panen sebesar 5,0%. Hal ini menyiratkan penurunan nitrifikasi dan peningkatan denitrifikasi. Dengan demikian, hal ini mengurangi akumulasi NO<sub>3</sub><sup>-</sup> di tanah dan sangat mengurangi limpasan nitrogen dan kehilangan akibat pelindian, biofertilizer mengatur proses transformasi nitrogen mikroba di tanah dan mengurangi hilangnya nitrogen dari agroekosistem. Biofertilizer telah dianggap sebagai alternatif yang efektif untuk pupuk nitrogen sintetis, tetapi efektivitas dan mekanisme untuk mengendalikan polusi masih belum jelas.

Tabel 5 menunjukkan pengaruh interaksi dari pemberian dolomit dan PHM terhadap nilai rata Ca-dd setelah tanaman panen. Pemberian dolomit bersama pemberian PHM pada berbagai dosis memberikan nilai rata-rata Ca-dd yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa

pemberian dolomit dan tanpa pemberian PHM. Nilai rata-rata Ca-dd tertinggi diperoleh pada pemberian 15 t ha<sup>-1</sup> dolomit bersama pemberian PHM dengan dosis 15 g.kg<sup>-1</sup> benih, yaitu 14,897 (gmol(+)/kg).

Tabel 5. Nilai rata-rata Ca-dd (gmol(+)/kg) setelah panen akibat pemberian dolomit dan PHM pada tanah gambut pedalaman

| Pemberian Dolomit                       | Pupuk Hayati Majemuk (PHM)                   |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
|   | H <sub>0</sub> (0 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | H <sub>1</sub> (5 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | H <sub>2</sub> (10 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | H <sub>3</sub> (15 g.kg benih <sup>-1</sup> ) |
| D <sub>0</sub> (0 t ha <sup>-1</sup> )  | 2,040 a<br>A                                 | 2,177 a<br>A                                 | 2,607 a<br>A                                  | 3,420 b<br>A                                  |
| D <sub>1</sub> (5 t ha <sup>-1</sup> )  | 3,250 a<br>B                                 | 4,477 b<br>B                                 | 5,223 c<br>B                                  | 6,470 d<br>B                                  |
| D <sub>2</sub> (10 t ha <sup>-1</sup> ) | 6,733 a<br>C                                 | 7,303 a<br>C                                 | 7,697 a<br>C                                  | 8,520 b<br>C                                  |
| D <sub>3</sub> (15 t ha <sup>-1</sup> ) | 8,663 a<br>D                                 | 9,683 b<br>D                                 | 10,300 b<br>D                                 | 14,897 c<br>D                                 |

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada baris yang sama dan huruf kapital yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Duncan  $\alpha = 0,05$

Hal ini berkaitan dengan mekanisme kimia dan biologis yang terjadi dalam tanah gambut pada saat kedua perlakuan diberikan. Dolomit adalah senyawa CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, ketika diaplikasi ke dalam tanah gambut akan beraksi dengan ion H<sup>+</sup> dan melepaskan ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> ke dalam larutan tanah. Jadi Ca-dd meningkat secara langsung karena dolomit mensuplai kalsium dalam jumlah besar (Mutaqin et al., 2018; Syahminar et al., 2019). Di pihak lain, pemberian PHM meningkatkan kelarutan dolomit lewat mikroorganisme yang ada dalam PHM menghasilkan asam organik yang membantu percepatan pelarutan dolomit (Hapsoh et al., 2022). Jadi ketika PHM diberikan bersamaan dengan dolomit, maka efek dolomit lebih cepat terlihat dan Ca-dd meningkat lebih banyak jika dibandingkan dengan dolomit

saja. Pada tanah gambut yang sangat asam, Ca bisa tersisih oleh H<sup>+</sup> yang dominan, maka ketika dolomit dan PHM diberikan maka pH naik dan ion H<sup>+</sup> ditekan, koloid menjadi lebih stabil dan mampu menahan Ca<sup>2+</sup> lebih lama. Dengan demikian retensi kalsium meningkat, sehingga Ca-dd tetap tinggi dan tidak mudah tercuci (Harsono et al., 2021). Sinergi dolomit dan PHM lebih efektif dibuktikan dengan nilai rata-rata Ca-dd tertinggi diperoleh pada pemberian 15 t ha<sup>-1</sup> dolomit bersama pemberian PHM dengan dosis 15 g.kg<sup>-1</sup> benih, yaitu 14,897 (gmol(+)/kg). Ketika dikombinasikan dolomit dan PHM maka sumber Ca tersedia dan proses pelepasan dan pemanfaatan menjadi lebih optimal oleh PHM.

Tabel 6 menunjukkan adanya interaksi antara dolomit dan PHM terhadap nilai



Mg-dd pada tanah gambut setelah tanaman dipanen. Nilai rata-rata Mg-dd yang tidak diberi dolomit dan tidak diberi atau diberi PHM dengan dosis 5 g.kg<sup>-1</sup> benih lebih kecil dibandingkan dengan yang diberi PHM dengan dosis 10 atau 15 g.kg<sup>-1</sup> benih. Pemberian dolomit dengan dosis 5-15 t ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> pada berbagai dosis PHM diikuti oleh meningkatnya nilai Mg-dd. Nilai Mg-dd tertinggi diperoleh pada pemberian dolomit dengan dosis 15 ton.ha<sup>-1</sup> bersama pemberian PHM dengan dosis 15 g.kg<sup>-1</sup> benih, yaitu 36,680 (gmol(+)/kg).

Tabel 6. Nilai rata-rata Mg-dd (gmol(+)/kg) setelah panen akibat pemberian dolomit dan PHM pada tanah gambut pedalaman

| Pemberian<br>Dolomit                    | Pupuk Hayati Majemuk                         |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
|   | H <sub>0</sub> (0 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | H <sub>1</sub> (5 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | H <sub>2</sub> (10 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | H <sub>3</sub> (15 g.kg benih <sup>-1</sup> ) |
| D <sub>0</sub> (0 t ha <sup>-1</sup> )  | 7,830 a<br>A                                 | 7,823 a<br>A                                 | 14,400 b<br>A                                 | 15,820 c<br>A                                 |
| D <sub>1</sub> (5 t ha <sup>-1</sup> )  | 16,810 a<br>B                                | 19,070 b<br>B                                | 21,300 c<br>B                                 | 23,187 d<br>B                                 |
| D <sub>2</sub> (10 t ha <sup>-1</sup> ) | 23,097 a<br>C                                | 23,630 a<br>C                                | 24,710 b<br>C                                 | 25,463 b<br>C                                 |
| D <sub>3</sub> (15 t ha <sup>-1</sup> ) | 26,120 a<br>D                                | 26,900 b<br>D                                | 31,153 c<br>D                                 | 36,680 d<br>B                                 |

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada baris yang sama dan huruf kapital yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Duncan  $\alpha = 0,05$

Tanah gambut banyak mengandung bahan organik dan sebagian besar Mg terikat dalam bentuk organik. Dalam hal ini, PHM dengan dosis 5 g.kg benih<sup>-1</sup> belum cukup meningkatkan populasi mikroba aktif karena mikroba masih terbatas jumlahnya, aktivitas enzimatik dan produksi asam organik belum optimal serta efek terhadap pelarutan asam pelepasan Mg masih rendah. Sementara PHM dengan dosis tinggi (10 – 15 g.kg benih<sup>-1</sup>) menghasilkan lebih banyak asam organik yang melarutkan bahan organik yang mengandung Mg dan membantu melepaskan Mg dari kompleks organik atau koloid tanah. Tanpa pemberian dolomit, sumber Mg sangat terbatas tetapi PHM bisa membebaskan Mg yang terikat karena PHM yang aktif bisa mengoptimalkan pemanfaatan Mg yang

sudah ada di tanah gambut, kemudian dosis tinggi PHM bisa menggali potensi tersembunyi dari Mg yang sebelumnya tidak tersedia.

Pemberian dolomit dengan dosis 5-15 t ha<sup>-1</sup> pada berbagai dosis PHM diikuti oleh meningkatnya nilai Mg-dd. Nilai Mg-dd tertinggi diperoleh pada pemberian dolomit dengan dosis 15 t ha<sup>-1</sup> bersama pemberian PHM dengan dosis 15 g.kg benih<sup>-1</sup>, yaitu 36,680 (gmol(+)/kg). Karakteristik gambut adalah sangat asam, kaya bahan organik namun miskin unsur hara mineral termasuk Mg (Zeit & Märten, 2017; Syaufina et al., 2022). Kapasitas Tukar Kation tanah gambut sebenarnya tinggi namun ketersediaan kation basa seperti Mg sangat rendah. Dolomit (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) adalah sumber ion Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>. Ketika dolomit diberikan

maka pH gambut meningkat dan Mg-dd meningkat. Di lain pihak, PHM mengandung mikroorganisme yang dapat mempercepat pelarutan dolomit sehingga melepas  $Mg^{+}$  dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme (Aryanti et al., 2017). Sinergi dari dolomit dan PHM memberi hasil yang terbaik karena dolomit

menyuplai Mg dan PHM membantu Mg menjadi lebih tersedia.

Nilai rata-rata jumlah polong dan berat polong tanaman edamame akibat pemberian dolomit disajikan pada Tabel 7. Jumlah polong terbanyak (25,00 polong) dan berat polong tertinggi (11,12 g) diperoleh pada pemberian dolomit  $10 \text{ t ha}^{-1}$ .

Tabel 7. Nilai rata-rata jumlah polong (polong) dan berat polong (g) setelah panen akibat pemberian dolomit pada tanah gambut pedalaman

| Pemberian Dolomit                         | Jumlah Polong | Berat Polong |
|---|---------------|--------------|
| D <sub>0</sub> ( $0 \text{ t ha}^{-1}$ )  | 3,90 a        | 2,25 a       |
| D <sub>1</sub> ( $5 \text{ t ha}^{-1}$ )  | 17,30 b       | 6,56 b       |
| D <sub>2</sub> ( $10 \text{ t ha}^{-1}$ ) | 25,00 c       | 11,12 c      |
| D <sub>3</sub> ( $15 \text{ t ha}^{-1}$ ) | 23,50 c       | 10,85 c      |

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan  $\alpha = 0,05$

Dolomit mengandung  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{MgCO}_3$  yang menaikkan pH sekaligus meningkatkan ketersediaan unsur hara terutama Mg yang sangat diperlukan dalam proses fotosintesis terutama Mg sebagai struktur dasar pembentukan klorofil yang berfungsi dalam proses fotosintesis, menghasilkan fotosintat untuk proses pengisian biji atau polong. Pada dosis dolomit  $10 \text{ t ha}^{-1}$ , dolomit sudah cukup efektif meningkatkan pH gambut dari pH awal 3,43 menjadi 4,18. Pada pH 4,18 ketersediaan hara Mg sudah maksimal untuk proses pembungaan dan pembentukan polong serta pengisian biji. Setelah titik optimal pada dolomit  $10 \text{ t ha}^{-1}$ , efek tambahan dari peningkatan dolomit menjadi  $15 \text{ t ha}^{-1}$  tidak memberikan peningkatan yang signifikan karena tanaman sudah mencapai kapasitas fisiologis maksimal sehingga tidak bisa

membentuk lebih banyak polong meskipun unsur hara lebih banyak. Hasil penelitian Takamoto et al. (2023) bahwa pemberian Ca pada tanaman kedele berkontribusi secara signifikan terhadap jumlah polong, berat biji dan berat kering total. Ratio antara Ca dan Mg yang rendah dapat membatasi pertumbuhan kedelai hingga tingkat yang lebih besar dari pada pengaruh pH.

Sedangkan nilai rata-rata jumlah polong dan berat polong tanaman edamame akibat pemberian PHM disajikan pada Tabel 8. Semakin tinggi dosis PHM maka jumlah polong semakin meningkat. Jumlah polong terbanyak terjadi pada pemberian PHM  $15 \text{ g.kg benih}^{-1}$  (21,70 polong). Sedang pada parameter berat polong, antara perlakuan pemberian PHM tidak terjadi perbedaan yang nyata dan perlakuan PHM hanya

berbeda nyata dibandingkan perlakuan tanpa PHM.

Tabel 8. Nilai rata-rata Jumlah polong (polong) dan berat polong (g) setelah panen akibat pemberian PHM pada tanah gambut pedalaman

| Pemberian Dolomit                             | Jumlah Polong | Berat Polong |
|---|---------------|--------------|
| H <sub>0</sub> (0 g.kg benih <sup>-1</sup> )  | 13,40 a       | 5,45 a       |
| H <sub>1</sub> (5 g.kg benih <sup>-1</sup> )  | 16,80 b       | 7,58 b       |
| H <sub>2</sub> (10 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | 17,80 b       | 8,07 b       |
| H <sub>3</sub> (15 g.kg benih <sup>-1</sup> ) | 21,70 c       | 9,70 b       |

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan  $\alpha = 0,05$

Pupuk hayati majemuk yang mengandung mikroorganisme dengan yang fungsi utamanya adalah meningkatkan ketersediaan unsur hara, merangsang pertumbuhan akar sehingga serapan hara lebih efisien, menghasilkan hormon pertumbuhan alami seperti auksin dan sitokinin yang merangsang pembentukan bunga dan polong serta memperbaiki struktur dan kehidupan mikrobiologi tanah. Pemberian PHM membantu memperkaya populasi mikroba fungsional sehingga meningkatkan ketersediaan dan penyerapan hara oleh tanaman. Semakin tinggi dosis PHM maka semakin banyak mikroorganisme masuk ke ekosistem tanah, sehingga meningkatkan kolonisasi di sekitar akar tanaman. Dengan demikian mempercepat pelarutan dan ketersediaan unsur hara yang penting untuk pembentukan bunga dan polong. Dosis PHM 15 g.benih kg<sup>-1</sup> memberikan jumlah mikroba yang paling optimal untuk mendukung pertumbuhan akar, serapan hara, produksi hormon dan ketahanan terhadap stress lingkungan tanah gambut. Namun pengaruh faktor lingkungan tidak bisa diabaikan pengaruhnya terhadap hasil tanaman.

Seperti hasil penelitian Domingos et al. (2021) bahwa pemupukan kalsium dan boron lewat daun dapat meningkatkan hasil dan jumlah polong kedele namun juga dipengaruhi tingkat kesuburan tanah karakteristik iklim.

Pada parameter berat polong, antara perlakuan pemberian PHM tidak terjadi perbedaan yang nyata dan perlakuan PHM hanya berbeda nyata dibandingkan perlakuan tanpa PHM. Pupuk hayati majemuk bekerja secara tidak langsung terhadap berat polong dengan cara meningkatkan penyerapan unsur hara, merangsang pertumbuhan akar dan efisiensi metabolisme tanaman, serta meningkatkan kesehatan dan produktivitas tanaman termasuk pengisian polong. Namun pengaruhnya terhadap berat polong bersifat akumulatif dan terbatas oleh genetik tanaman terutama potensi maksimal pengisian biji, ketersediaan air dan faktor lingkungan lainnya serta jumlah polong yang terbentuk lebih dulu. Tidak ada perbedaan yang nyata antara perlakuan 5, 10 dan 15 g.kg benih<sup>-1</sup> disebabkan karena semua dosis tersebut sudah mencukupi untuk meningkatkan aktivitas mikroba, akibatnya peningkatan

dosis pupuk hayati tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap berat polong secara statistik.

### KESIMPULAN

Terdapat interaksi antara dolomit dan PHM terhadap perubahan sifat kimia gambut. Penambahan dolomit sebanyak 15 t ha<sup>-1</sup> yang diikuti dengan penambahan PHM sebanyak 10 – 15 kg<sup>-1</sup> benih mampu menaikkan pH tanah gambut (pH H<sub>2</sub>O), Ca-dd dan Mg-dd. Penambahan dolomit dan penambahan PHM secara terpisah berpengaruh terhadap jumlah polong dan berat polong tanaman edamame.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aryanti, E., Yulita, Y., & Annisava, A. R. (2017). Pemberian Beberapa Amelioran Terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah Gambut. *Jurnal Agroteknologi*, 7(1). <https://doi.org/10.24014/ja.v7i1.2245>
- Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2016). Handbook of plant nutrition. In *Handbook of Plant Nutrition* (Vol. 42, Issue 2). <https://doi.org/10.21273/hortsci.42.2.422b>
- Chotimah, H. E. N. C., Zubaidah, S., Syahrudin, Darung, U., Asie, K. V., Purba, B. S., & Ichriani, G. I. (2024). Growth, Yield and Seed Nutrient Quality of Soybean Grown in Inland Peatland as Affected by Cow Manure Application. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 19(1), 221–228. <https://doi.org/10.18280/ijdne.190124>
- Domingos, C. da S., Besen, M. R., Esper Neto, M., Costa, E. J. O., Scapim, C. A., Inoue, T. T., Batista, M. A., & Braccini, A. L. (2021). Can calcium and boron leaf application increase soybean yield and seed quality? *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 71(3). <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1869818>
- Frasca, L. L. de M., Nascente, A. S., Rezende, C. C., Silva, M. A., Lanna, A. C., Ferreira, E. P. de B., & Duarte, J. R. de M. (2023). Consortium of multifunctional microorganisms in soybean culture. *Colloquium Agrariae*, 18(4), 61–67. <https://doi.org/10.5747/ca.2022.v18.n4.a508>
- Hapsoh, Dini, I. R., Wawan, & Wulandari, M. (2022). Application of *Bacillus cereus* Biofertilizer Formulation of Soybean (*Glycine max* L. Merrill) Growth and Yield Support Sustainable Agriculture on Peatlands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 977(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/977/1/012022>
- Harsono, A., Elisabeth, D. A. A., Indiaty, S., Rozi, F., Harnowo, D., Sundari, T., Widodo, Y., Krisdiana, R., & Mejaya, M. J. (2021). Soybean Cultivation Technology Package on Tidal Swamp Lands in Indonesia. *Annual Research & Review in Biology*, 47–57. <https://doi.org/10.9734/arrb/2021/v36i730398>
- Ilham, F., Prasetyo, T. B., & Prima, S. (2019). Pengaruh Pemberian Dolomit Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Gambut dan Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L). *Jurnal Solum*, 16(1). <https://doi.org/10.25077/jsolum.16.1.29-39.2019>
- Iswiyanto, A., Radian, R., & Abdurrahman, T. (2022). Pengaruh Nitrogen dan Fosfor Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Edamame Pada Tanah Gambut. *Jurnal*

- Sains Pertanian Equator*, 12(1), 95.  
<https://doi.org/10.26418/jspe.v12i1.60354>
- Mutaqin, I. R., Tobing, O. L., & Rochman, N. (2018). Fertilizer Giving Effect of Biological and Calcium on the Growth and Production Plant Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Jurnal Agronida*, 3(2).  
<https://doi.org/10.30997/jag.v3i2.1052>
- Neneng, L. (2020). Formulation of Liquid Biofertilizer for Enhance of Soil Nutrients in Peatland. *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, 2(3).
- Saputra, R. A., Ramadani, Q., & Jumar, J. (2024). Kompos Limbah Baglog Jamur Tiram sebagai Alternatif Budidaya Edamame di Tanah Gambut. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1).  
<https://doi.org/10.55981/jtl.2024.3562>
- Sari, W. P., Adriani, D. E., & Nisa, C. (2021). Growth Response of Edamame Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) with Application of Urea and Rhizobium Biofertilizer on Peat Soil Media. *Tropical Wetland Journal*, 7(1).  
<https://doi.org/10.20527/twj.v7i1.100>
- Sun, B., Gu, L., Bao, L., Zhang, S., Wei, Y., Bai, Z., Zhuang, G., & Zhuang, X. (2020). Application of biofertilizer containing *Bacillus subtilis* reduced the nitrogen loss in agricultural soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 148.  
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.107911>
- Syahminar, S., Harahap, E. M., Rauf, A., & Jamil, A. (2019). Effect of Amelioran Material on Soil Chemical Properties of Incubated Peat Planting Media in Polybag. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(7).  
<https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i7.1082-1087.2539>
- Syaufina, L., Saharjo, B. H., Nurhayati, A. D., & Putra, E. I. (2022). Soil Responses on Peatland Fire: Case Studies in Jambi and Central Kalimantan. In *Journal of Tropical Silviculture* (Vol. 13, Issue 1).
- Tabrani, G., Dini, I. R., & Purnomo, H. S. (2023). Effectiveness of indigenous Rhizobium sp. isolates from peatland soils on soybean (*Glycine max* L. Merrill) growth and production. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 20(2).  
<https://doi.org/10.31849/jip.v20i2.10909>
- Takamoto, A., Takahashi, T., Togami, K., & Hishinuma, A. (2023). Responses of soybean, *Glycine max* (L.) Merr. to dolomite and calcite fertilization in an upland field converted from a paddy field. *Plant Production Science*, 26(3).  
<https://doi.org/10.1080/1343943X.2023.2231560>
- Wilkes, J. E., & Kirkpatrick, T. L. (2020). The effects of Meloidogyne incognita and Heterodera glycines on the yield and quality of edamame (*Glycine max* L.) in Arkansas. *Journal of Nematology*, 52(1).  
<https://doi.org/10.21307/jofnem-2020-012>
- Williams, B. J., Peterson, J. C., & Utzinger, J. D. (2022). Liming Reactions in Sphagnum Peat-based Growing Media. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113(2).  
<https://doi.org/10.21273/jashs.113.2.210>
- Zeitz, J., & Märten, K. (2017). Assessing physical and chemical properties of peat soil in Central Kalimantan, Indonesia. *Researchgate.Net*.
- Zhang, S., Su, X., Lin, X., Zhang, Y., & Zhang, Y. (2015). Experimental study on the multi-media PRB reactor for the remediation of petroleum-contaminated groundwater. *Environmental Earth Sciences*, 73(9), 5611–5618.  
<https://doi.org/10.1007/s12665-014-3815-3>