

PENGELOLAAN UNSUR HARA TERPADU DALAM BUDIDAYA TANAMAN PORANG

Ria Rustiana^{1,2}, Suwardji^{1*}, Ahmad Suriadi²

¹Program Studi Magister Pertanian Lahan Kering, Program Pasca Sarjana, Uiniversitas Mataram, Jalan Pendidikan 37 Mataram NTB 83125

²Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Nusa Tenggara Barat, Jalan Raya Peninjauan Narmada Lombok Barat NTB

*Co-Author: suwardji@unram.ac.

Article Information

History:

Received: 06-09-2021

Accepted: 28-10-2021

Keywords:

Amorphophallus muelleri Blume
Integrated nutrient management
Organic fertilizer
Soil nutrients

Abstrak: Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) adalah tanaman umbi penting yang ditanam di sebagian besar daerah tropika termasuk di Indonesia dan merupakan komoditas ekspor andalan penting di Indonesia. Salah satu faktor yang sangat menentukan produksi tanaman porang adalah ketersediaan unsur hara. Namun demikian, tidak ada sumber unsur hara tunggal, baik itu berasal pupuk anorganik atau pupuk organik maupun pupuk hayati yang mampu memenuhi seluruh kebutuhan hara tanaman porang. Oleh karena itu, pengelolaan hara secara terpadu (PUHT) tanaman porang tampaknya menjadi salah satu cara untuk menjaga keberlanjutan produksi dan meningkatkan keuntungan usahatani. Tulisan ini mereview hasil penelitian tentang berbagai isu manajemen produksi berbasis PUHT untuk tanaman porang dan menganalisis sejauh mana penelitian pemanfaatan unsur hara secara terpadu baik di Indonesia maupun di luar negeri. Manfaat pengelolaan hara terpadu telah terdokumentasi dengan baik untuk tanaman sayuran dan tanaman lainnya, namun masih sangat terbatas untuk tanaman porang terutama di Indonesia. Pengelolaan hara secara terpadu merupakan inovasi teknologi yang sangat penting untuk diterapkan pada budidaya porang. Porang merupakan tanaman yang kebutuhan unsur haranya tinggi sehingga kombinasi pupuk anorganik dan pupuk organik serta teknologi pupuk biologi yang tepat akan menghasilkan sinergisme penggunaan unsur hara secara baik dan berkelanjutan. Oleh karena itu, rekomendasi arah penelitian INM porang perlu dilaksanakan dalam rangka peningkatan produksi tanaman porang secara berkelanjutan.

Abstract: Elephant food yam (*Amorphophallus muelleri* Blume) is an important tuber plant that is grown in most of the tropical countries including Indonesia and is a very profitable export commodity. Soil nutrients availability is one of the most important factors that determine the production of elephant food yam plants. However, there is no single nutrient source, either from inorganic fertilizers or organic fertilizers or biological fertilizers, which is able to meet all the nutrient needs of the plants grown. Therefore, integrated nutrient management (INM) of elephant food yam plants seems to be a way out to maintain sustainable production and increase profitability. This paper reviews the results of research on various issues of INM-based production management for elephant food yam plants and analyzes the extent of research on the use of INM both in Indonesia and abroad. The benefits of integrated nutrient management are well documented for vegetable crops. However, it is still very little available for elephant food yam plants, especially in Indonesia. Integrated nutrient management (INM) is a very important technological innovation to be applied to elephant food yam cultivation. Elephant food yam is a high nutrient consumeplant, so a wise and precise combination of inorganic and organic fertilizers as well as bio-fertilizer will result in sustainable and synergistic use of soil nutrients of elephant foot yams. Therefore, recommendations for research need for INM of elephant food yam should be carried out in order to increase the production of it in a sustainable manner.

A. LATAR BELAKANG

Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) termasuk famili Araceae, merupakan salah satu kekayaan hayati umbi-umbian yang tumbuh di daerah tropis dan sub-tropis (Hetterscheid, 2019; Sugiyama & Santosa, 2008). Tanaman porang sudah lama dimanfaatkan sebagai bahan pangan penghasil karbohidrat, lemak, protein, mineral, vitamin, dan serat pangan, yang diekspor sebagai bahan baku industri. Tanaman porang juga merupakan obat yang baik untuk pasien yang menderita wasir, asma, disentri dan sakit perut (Saleh *et al.*, 2015).

Beberapa tahun terakhir, tanaman porang merupakan komoditas ekspor yang sangat menguntungkan. Berdasarkan data *Indonesia Quarantine Full Automation System* (IQFAST) atau Badan Karantina Pertanian (Barantan), mengemukakan semester pertama 2021, ekspor porang Indonesia mencapai angka 14,8 ribu ton, di mana angka ini melampaui jumlah ekspor semester pertama pada 2019 dengan jumlah 5,7 ribu ton, kenaikan ini menunjukkan aktivitas ekspor sebanyak 160 persen. (Majalah Tempo, 2021; <https://bisnis.tempo.co/read/1452510/porang> diakses tanggal 14 April 2021). Nilai ekspor porang meningkat hingga 160 persen pada semester awal tahun ini (2021) terutama ditujukan untuk negara-negara seperti Cina, Vietnam, hingga Jepang. Selain negara kawasan Asia, Eropa juga menjadi salah satu kawasan tujuan ekspor porang. Biasanya porang diekspor dalam bentuk *chip* atau produk setengah jadi yang kemudian di negara tujuan akan diolah menjadi bahan dasar pangan, kosmetik hingga industri (Sugiyama and Santosa, 2008; Ramadhani, 2020).

Walaupun tanaman porang sudah dikenal sejak lama dimana pada zaman penjajahan Jepang masyarakat dipaksa mengumpulkan umbi untuk keperluan bahan pangan dan industri mereka. Namun demikian sampai saat ini budidaya porang kurang berkembang dan belum banyak dilakukan oleh masyarakat secara intensif. Selama ini, porang hanya dibudidayakan secara liar di dalam kawasan hutan dengan intensitas naungan yang cukup rapat (40%-60%). Tanaman porang mempunyai karakteristik pertumbuhan yang khas, yaitu dapat tumbuh dan berproduksi tinggi pada lahan yang ternaungi (Ravi *et al.*, 2011). Bahkan dapat tumbuh dibawah tegakan pohon dengan intensitas matahari <50% (Sumarwoto, 2008). Kebutuhan akan ekspor saat ini sebagian besar dipenuhi melalui petani yang memanen dan mengumpulkan porang yang tumbuh liar baik di lingkungan perkebunan maupun hutan. Upaya budidaya yang intensif tentu saja harus ditunjang oleh beberapa hal seperti ketersediaan benih/bulbil atau umbi yang unggul dan saprodi lainnya seperti pemupukan (Santosa *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2010)

Salah satu faktor yang sangat menentukan produksi tanaman porang adalah pemupukan. Pemberian pupuk yang tepat waktu, tepat dosis dan tepat cara pemberian akan menentukan keefektifan pupuk yang diberikan (Alley & Vanlauwe, 2009). Namun demikian, tidak ada sumber unsur hara tunggal, baik itu berasal dari pupuk anorganik atau pupuk organik atau pupuk hayati yang mampu memenuhi seluruh kebutuhan unsur hara tanaman yang ditanam. Oleh karena itu, penggunaan gabungan pupuk kimia, pupuk organik, dan pupuk hayati tampaknya menjadi satu-satunya jalan keluar untuk mengisi kembali cadangan hara di dalam tanah. Dalam konteks ini, pengelolaan hara terpadu memegang peran yang besar dalam memenuhi kebutuhan hara yang terus meningkat pada pertanian intensif dan menjaga produktivitas tanaman porang (Chauhan *et al.*, 2014; Sahoo *et al.*, 2019).

Manfaat pengelolaan hara terpadu dalam bentuk pupuk organik, anorganik, dan pupuk hayati terdokumentasi dengan baik untuk tanaman sayuran lainnya. Namun informasi yang sama masih sangat kurang untuk tanaman porang terutama di Indonesia. Kajian rekomendasi pemupukan untuk tanaman porang diluar negeri seperti di India sudah cukup banyak dilakukan (Srivastava and Ngullie, 2009; Basu *et al.*, 2014). Lebih lanjut, Byju *et al.*, (2016) telah melakukan penelitian rekomendasi pemupukan berdasarkan lokal spesifik (*site specific nutrients management*; SSNM). Namun demikian, perkembangan pemupukan porang di Indonesia masih belum seintensif di negara India. Tujuan penulisan artikel ini adalah untuk menganalisis secara detail sejauhmana penelitian tentang pengelolaan unsur hara secara terpadu pada tanaman porang, termasuk menyoroti semua informasi pemupukan dalam budidaya porang. Selanjutnya menyampaikan aspek kajian yang perlu dilakukan untuk meningkatkan produksi porang secara berkelanjutan di Indonesia.

B. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penyusunan artikel ini adalah data dari dinas dan instansi terkait antara lain Dinas Pertanian dan perkebunan Provinsi Nusa Tenggara Barat, Badan Pusat Statistik dan instansi relevan lainnya, terutama perkembangan produksi tanaman porang. Beberapa publikasi juga digunakan dalam tulisan ini baik berupa buku maupun artikel ilmiah yang diterbitkan di jurnal internasional maupun nasional dan informasi lainnya yang terkait dengan pemupukan porang. Informasi dari berbagai sumber tersebut kemudian dianalisis secara diskriptif.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kebutuhan unsur hara tanaman porang

Produktivitas tanaman porang selain dipengaruhi oleh ketersediaan hara, juga ditentukan oleh kesuburan

tanah, kondisi iklim (curah hujan, radiasi matahari, kelembaban dan suhu), varietas tanaman, serta pengendalian hama penyakit tanaman (Buresh & Witt, 2007; Nedunchezhiyan et al., 2017; Ravi et al., 2011). Dalam kondisi lingkungan biotik dan abiotik yang optimal, tanaman porang dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal sesuai dengan potensi hasil atau hasil maksimum untuk varietas tertentu. Namun demikian kondisi ideal seperti ini tidak mudah terpenuhi karena banyaknya faktor penghambat pertumbuhan tanaman seperti keterbatasan sumber air, kesuburan tanah, serangan hama dan penyakit (Barzman et al., 2015; Tisdale et al., 1985)

Tanaman memerlukan zat hara yang bersumber dari dalam tanah atau pupuk yang ditambahkan untuk pertumbuhannya. Hara di dalam tanah berada dalam keseimbangan yang dinamis antara satu dengan yang lainnya. Oleh karena itu, apabila suatu hara berada dalam kondisi yang berlebih atau kekurangan, maka akan mempengaruhi ketersediaan bagi tanaman. Produktivitas tanaman mengikuti konsep *law of diminishing return*, dimana tingkat produksi tanaman akan optimum pada kondisi hara tertentu. Apabila hara ditambahkan dalam jumlah berlebihan maka hasil tanaman justru menurun. Hukum minimum Liebig's juga menentukan tingkat produksi tanaman, dimana unsur hara yang berada dalam kondisi kurang merupakan pembatas produksi. Untuk memperbaiki tingkat produksi tanaman dan mempertahankan produktivitas tanah-tanah pertanian, teknologi pengelolaan hara tanaman harus diperbaiki melalui penerapan teknologi ramah lingkungan dengan menerapkan pemupukan berimbang yang dipadukan dengan pupuk organik dan pupuk hayati (Sahoo et al., 2019).

Tanaman porang memerlukan 19 unsur hara esensial untuk pertumbuhan tanaman secara normal dan berproduksi secara optimal dan berkualitas tanpa melihat darimana sumber unsur hara tersebut. Tiga diantaranya C, H dan O disuplai dari air dan udara (CO₂), sementara 16 unsur lainnya dikelompokkan atas dua bagian yaitu enam unsur sebagai unsur hara makro dan sembilan unsur sebagai unsur hara mikro (Hakim et al., 1986). Unsur yang tergolong unsur hara makro adalah nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), belerang (S), sedangkan unsur hara mikro adalah boron (B), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), besi (Fe), molibdenum (Mo), silikon (Si), cobalt (Co), natrium (Na) dan klor (Cl). Unsur hara makro adalah unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah besar sedangkan unsur hara mikro adalah unsur yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah kecil. Sehingga apabila unsur mikro yang diberikan ke dalam tanah melebihi kebutuhan tanaman akan mengakibatkan keracunan tanaman, sebaliknya

kalau kekurangan akan menimbulkan kekahatan (Ellis & Foth, 1997; Tisdale et al., 1985).

Ketersediaan unsur hara merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi tingkat produksi tanaman. Porang membutuhkan sejumlah unsur hara yang cukup besar. Kabeerathumma, Mohankumar and Nair (1987) melaporkan bahwa tanaman porang dengan hasil umbi sebanyak 33 ton/ha membutuhkan sebanyak 128,8 kg N; 23,6 kg P; 239,6 kg K; dan 0,490 kg Zn per ha. Demikian juga Nair, Mohankumar and Saraswathy (1990) melaporkan bahwa tanaman porang dengan hasil sebanyak 43 ton/ha umbi akan mengkonsumsi unsur hara tanah sebanyak 124,8 kg N, 25,1 kg P dan 224,4 kg K per ha. Sehingga tanaman porang sangat tanggap dengan baik terhadap pemberian pupuk kompos dan pupuk kimia.

Kebutuhan unsur hara tanaman porang tidak hanya unsur makro saja, tetapi juga membutuhkan hara mikro yang cukup penting untuk mencapai hasil yang lebih tinggi. Kekurangan unsur hara magnesium (Mg), seng (Zn) dan boron (B) di dalam tanah semakin berbahaya karena penanaman yang terus menerus dan tidak mengembalikan bahan organik ke dalam tanah. Magnesium merupakan penyusun klorofil, penting untuk fotosintesis (Chauhan et al., 2014) dan sebagai aktivator enzim dan berperan penting dalam sintesis protein. Penyerapan dan pemanfaatan Mg meningkat seiring dengan umur tanaman. Namun, pemanfaatan Mg lebih tinggi selama tahap pembentukan umbi (Kabeerathumma et al., 1987).

Nitrogen umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk NO₃ dan NH₄. Penyediaan nitrogen berhubungan dengan penggunaan karbohidrat. Apabila persediaan N sedikit maka hanya sebagian kecil hasil fotosintesis yang dirubah menjadi protein dan sisanya diendapkan. Pengendapan karbohidrat ini menyebabkan sel-sel vegetatif tanaman menebal. Pada saat ketersediaan N dalam tanaman cukup banyak, maka karbohidrat akan disintesis menjadi protein penyusun protoplasma (Leiwakabessy et al., 2003). Semakin tinggi kapasitas fotosintesis, maka tingkat kebutuhan nitrogen juga akan semakin tinggi (Sarief, 1985).

Kadar P total dalam tanah umumnya rendah dan berbeda-beda menurut jenis tanah. Jumlah fosfat yang tersedia di tanah pertanian biasanya lebih tinggi dibandingkan kadarnya dalam tanah yang tidak diusahakan, seperti agroforestry (Leiwakabessy et al., 2003). Fosfor merupakan bagian dari inti sel, bagian penting dalam pembelahan sel dan perkembangan jaringan meristem. Fosfor merangsang pertumbuhan akar dan tanaman muda, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji atau gabah, serta sebagai penyusun lemak dan protein (Sarief, 1985).

Kalium merupakan unsur hara mineral yang banyak dibutuhkan tanaman setelah nitrogen. Kalium sangat

penting dalam proses metabolisme tanaman, dalam sintesis dari asam amino dan protein dari ion-ion amonium. Kalium mempengaruhi sintesis, lokasi, transformasi dan penyimpanan karbohidrat, kualitas umbi dan pengolahannya karakteristik serta ketahanan tanaman terhadap stres dan penyakit (Ebert, 2009). Kalium berperan dalam pembentukan protein dan karbohidrat, meningkatkan resistensi terhadap penyakit dan penentuan kualitas buah (Sarief, 1985), merangsang pertumbuhan awal perakaran, penentuan kematangan fisiologis tanaman, serta transportasi ion-ion dalam sel (Yulipriyanto, 2010). Jumlah K yang diambil tanaman berkisar antara 50 sampai 200 kg/ha tergantung dari besar produksi. Umbi-umbian seperti ubi kayu dan kentang mengambil banyak unsur K, karena terkait dengan kebutuhan untuk akumulasi karbohidrat. Kadar K dalam tanah biasanya berkisar antara 0,5–2,5 persen dengan rata-rata 1,2 persen (Leiwakabessy et al., 2003). Kalium membantu meningkatkan kandungan karbohidrat secara signifikan yang pada akhirnya membantu meningkatkan ukuran umbi (Al-Moshileh & Errebi, 2004). Kalium berfungsi meningkatkan umur penyimpanan (Martin-Prevel, 1989).

Unsur hara Zn merupakan unsur hara pembatas yang cukup berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman porang sehingga dianggap sebagai input yang penting untuk peningkatan hasil dan menjadi bagian yang diperhitungkan dalam praktik penggunaan pupuk berimbang (Gupta, 1995). Seng merupakan penyusun penting ribosom dan berhubungan dengan aktivitas enzim triptofan (Chauhan et al., 2014). Boron adalah salah satu mikronutrien penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan normal tanaman. Boron dibutuhkan untuk perkembangan dan diferensiasi jaringan khususnya yang sedang tumbuh, floem dan xilem (Sakal & Singh, 1995).

2. Pengelolaan unsur hara terpadu tanaman porang

Pengelolaan hara terpadu (*integrated nutrient management*; INM) adalah suatu pendekatan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi dan melindungi dari kerusakan lingkungan (Srivastava & Ngullie, 2009). INM bergantung pada aplikasi dan konservasi hara, teknologi baru untuk meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman, dan penyebaran pengetahuan antara petani dan peneliti (Palm et al., 2001). Di masa lalu, pengelolaan hara didorong oleh kebutuhan untuk memaksimalkan produksi. Tapi sekarang, pengelolaan hara yang berkelanjutan disamping untuk memaksimalkan produksi juga mencegah degradasi tanah, dan meminimalkan asupan hara yang berasal dari luar lokasi dari nutrisi yang diterapkan. Lebih lanjut, Alley and Vanlauwe (2009) menjelaskan pengelolaan hara

tanaman terpadu merupakan pendekatan holistik untuk mengoptimalkan pasokan hara tanaman.

Pengelolaan hara secara terpadu ini mencakup: (1) menilai kandungan hara tanah, serta keasaman dan salinitasnya; (2) menentukan potensi produktivitas tanah untuk berbagai tanaman melalui penilaian sifat fisik tanah dengan perhatian khusus pada kapasitas menahan air yang tersedia dan kedalaman perakaran; (3) menghitung kebutuhan hara tanaman untuk lokasi tertentu berdasarkan target hasil yang ingin dicapai; (4) menghitung nilai nutrisi sumber daya di pertanian seperti pupuk kandang dan sisa tanaman maupun pupuk hayati; (5) menghitung kebutuhan nutrisi tambahan (total kebutuhan nutrisi dikurangi nutrisi yang tersedia di lahan pertanian atau didalam tanah) yang harus dipenuhi dengan sumber nutrisi dari luar atau “*off farm*”; (6) mengembangkan program untuk mengoptimalkan pemanfaatan unsur hara melalui pemilihan sumber hara yang sesuai, waktu aplikasi dan penempatan (Angers, 1997; Srivastava & Ngullie, 2009). Tujuan keseluruhan dari INM adalah untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman seefisien mungkin, sambil meminimalkan potensi dampak buruk terhadap lingkungan (Alley & Vanlauwe, 2009).

Pengelolaan hara tanaman porang baik secara global maupun lokal masih belum banyak informasi dan laporan hasil penelitian. Hal ini karena tanaman porang bukan merupakan bahan kebutuhan pokok. Akhir-akhir ini tanaman porang telah menjadi perhatian dunia maupun Indonesia karena tanaman ini merupakan tanaman yang bernilai ekspor tinggi sehingga menghasilkan devisa yang cukup tinggi bagi Indonesia. Penelitian yang dilaksanakan berkaitan dengan porang pun masih bersifat lokal dan terbatas. Di Indonesia penelitian porang yang bersifat komprehensif mulai dari hulu sampai hilir masih sangat terbatas. Salah satu negara yang cukup maju dalam budidaya porang adalah India. Hal ini dilihat dari banyaknya publikasi ilmiah yang berkaitan dengan porang sebagian besar dari India.

Salah satu komponen INM adalah pengelolaan pemupukan hara secara biologi (pupuk hayati) (Srivastava & Ngullie, 2009). Pupuk hayati atau inokulan mikroba didefinisikan sebagai bahan yang mengandung sel hidup dari mikroorganisme pengikat N, pelarut fosfat atau selulolitik untuk menambah ketersediaan unsur hara dalam bentuk yang dapat diasimilasikan. Pupuk hayati dan pupuk organik secara bersama-sama dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam menjaga kesehatan tanah dan menyeimbangkan pemupukan melalui penyediaan hara tanaman pada tingkat yang optimal. Penggunaan pupuk hayati sering dianggap sebagai salah satu praktik pertanian yang paling berkelanjutan dan jika digunakan dengan tepat akan menjanjikan keuntungan yang besar dalam jangka panjang walaupun beberapa pendapat sangat beragam tentang penggunaan pupuk hayati

sebagai bagian dari pertanian berkelanjutan (Srivastava & Singh, 2003).

Manfaat dari pupuk hayati mikroba lebih difokuskan sebagai pupuk suplemen dalam menyediakan kebutuhan hara tanaman, memperkaya tanah dengan penambahan 25-40 kg N / ha, dan sebagai pelarutan 30-50 kg P₂O₅, membebaskan zat dan vitamin pemacu pertumbuhan untuk menjaga kegemburan dan kesuburan tanah; menekan serangan patogen tanah. Kondisi tanah yang demikian akan mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil. Walaupun hasil penelitian masih sedikit tentang sejauhmana peran pupuk hayati dalam meningkatkan produksi porang, tetapi pemberian pupuk hayati pada tanaman lain sudah banyak diteliti dan secara umum memberikan pengaruh yang sangat nyata dalam meningkatkan produksi tanaman dan kesuburan tanah (Brundrett, 2009; Lin et al., 2009; Tchabi et al., 2008).

Pupuk hayati seperti inokulan mikroba tanah merupakan produk alami. Sejumlah kecil inokulan atau pupuk hayati mampu meningkatkan kualitas tanah dan tanaman dan peningkatan aktivitas organisme tanah dalam jumlah yang cukup besar. Pupuk hayati mampu memberikan peran yang sangat penting seperti melepaskan hara anorganik tanaman dari mineral tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan penetrasi air ke dalam tanah, meningkatkan kualitas tanaman yang tumbuh, membuat tanaman tahan terhadap berbagai serangan organisme hama dan penyakit tanaman, mengembalikan keseimbangan hara dalam tanah (Srivastava & Ngullie, 2009). Berkenaan dengan inokulan mikroba, untuk diketahui bahwa tanah penuh dengan jutaan mikroba yang tak terhitung jumlahnya. Mikroba tersebut mampu bertahan hidup karena mereka sudah mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan. Ketika inokulan mikroba diaplikasikan ke tanah, mungkin jumlah yang hidup akan berkurang dengan cepat dan mati karena tidak mampu beradaptasi dengan lingkungannya seperti kondisi iklim (Insam, 1990), kelembaban tanah (Villar et al., 2004), temperature tanah (Waldrop & Firestone, 2004), tekstur dan struktur tanah (Amato & Ladd, 1992), pH tanah (Roper & Gupta, 1995), system tanam (Moore et al., 2000) ataupun pengelolaan tanah dan tanaman (Gil-stores et al., 2005) atau tidak mampu bersaing dengan mikroba yang lain (Marschner et al., 2004). Jika mikroba dari pupuk hayati memang bertahan hidup maka sangat mungkin bahwa jenis mikroba tersebut sudah ada didalam tanah dan sesuai dengan lingkungan pertumbuhannya. Pemberian nutrisi ke dalam tanah diperlukan dalam rangka meningkatkan populasnya (Hazarika & Ansari, 2007).

Pengaruh pupuk hayati terhadap produksi tanaman sudah banyak dilaporkan (Basu et al., 2014; Scheludko et al., 2009; Siason et al., 2009). Namun seberapa besar pengaruhnya pada tanaman porang masih belum

banyak diteliti. Hal ini merupakan peluang penelitian untuk mengetahui sejauhmana pengaruh pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman porang baik secara kuantitas maupun kualitas di Indonesia. Suja, Sundaresan and John (2012) melaporkan bahwa pertanian organik mendukung pertumbuhan tajuk, biomassa umbi dan menurunkan penyakit busuk leher. Kandungan bahan kering dan pati umbi organik secara signifikan lebih tinggi dibandingkan umbi konvensional masing-masing sebesar 7% dan 13%. Umbi organik memiliki protein kasar 12% lebih tinggi dan kandungan oksalat 21% lebih rendah secara signifikan. Kandungan K, Ca dan Mg pada umbi sedikit lebih tinggi, yaitu sebesar 3-7% pada usahatani organik. Sifat tanah setelah 5 tahun percobaan menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik mampu meningkatkan kesuburan tanah dan peningkatan keuntungan petani. Komponen manajemen pemupukan secara terpadu yang lain adalah penggunaan pupuk anorganik. Penggunaan pupuk anorganik merupakan komponen fundamental dari INM, namun sering kali tidak digunakan secara tepat (kekurangan atau berlebihan) jika tidak ada informasi tentang tingkat kesuburan tanah. Chattopadhyay and Nath (2007) melakukan percobaan untuk mengetahui pertumbuhan dan hasil tanaman porang pada berbagai dosis pupuk NPK di India dan melaporkan bahwa pertumbuhan dan hasil tanaman porang lebih tinggi pada pemupukan NPK (175:125:175 per ha) dibandingkan dengan pemupukan NPK (150:100:150 kg per ha). Di Indonesia, Susanto et al. (2013) telah melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk KNO₃ terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman porang dan mereka mendapatkan bahwa pemberian KNO₃ sebanyak 4% secara signifikan meningkatkan jumlah daun dan memperpanjang masa vegetatif. Santosa et al. (2015) juga melaporkan bahwa pemberian pupuk NPK dosis 100 N, 60 P₂O₅ and 80 K₂O kg ha⁻¹ memperpanjang masa pertumbuhan dan bobot segar umbi lebih besar dibandingkan kontrol.

Beberapa hasil penelitian telah melaporkan bahwa pertumbuhan dan hasil porang meningkat akibat pemberian pupuk anorganik NPK baik secara tunggal maupun majemuk (Ravi et al., 2009; Santosa et al., 2011; Sugiyama & Santosa, 2008). Ravi, Ravindran and Suja (2009) merekomendasikan pemupukan N dengan dosis 50 sampai 200 kg ha⁻¹ dan K₂O pada dosis 75 sampai 150 kg ha⁻¹ tergantung pada jenis tanah.

Penggunaan pupuk anorganik bersama dengan pupuk organik sangat penting untuk mendapatkan hasil porang secara berkelanjutan dan menguntungkan. Karena penerapan pupuk anorganik saja tidak dapat menopang kesuburan dan produktivitas tanah, terutama pada sistem tanam, maka satu-satunya cara untuk meningkatkan dan mempertahankan potensi hasil tanaman adalah dengan memanfaatkan berbagai

sumber hara secara terintegrasi sehingga menjadikan sistem produktif dan menguntungkan (Sahoo et al., 2019). Meskipun penggunaan pupuk kimia tidak bisa sama sekali dihindari, namun penggunaannya harus dikurangi. Proporsi yang tepat dari pupuk anorganik dan pupuk organik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan hara selama pertumbuhan tanaman. Jenis integrasi sumber organik dan anorganik ini membantu keseimbangan nutrisi dan ketersediaan nutrisi untuk tanaman. Proporsi yang sama ini juga mendukung mineralisasi pupuk organik pada tingkat yang cukup untuk menjaga pasokan nutrisi selama pertumbuhan porang (Chauhan et al., 2014). Beberapa hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan efisiensi pemupukan secara nyata dengan penggunaan terpadu pupuk organik dan anorganik pada tanaman porang. Beberapa hasil penelitian pengelolaan hara terpadu tanaman porang pada beberapa negara dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.
Beberapa Hasil Penelitian INM Porang yang Dilakukan di Indonesia dan di India

No	Paket Dosis	Negara	Referensi
1	pupuk kandang (5 t/ha) N: P ₂ O ₅ : K ₂ O sebesar 80:90:130 kg/ha	Indonesia	(Saleh et al., 2015)
2	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O: 80-60-100 kg/ha.+pukan 10 t FYM + 5 t ash, 5 kg Azospirillum and 5 kg PSB /ha	India	(Nedunchezhiyan et al., 2017)
3	pukan 10 t ha ⁻¹ +N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 100-60-100 kg ha ⁻¹ atau pukan 25 t h	India	(Sahoo et al., 2015)
4	NPK : 100:60:80 kg/ha+4 t/ha pupuk kandang kambing	Indonesia	(Sapitri, 2012)
5	pukan @ 10 t ha ⁻¹ + N-P ₂ O ₅ -K ₂ O @ 100-60-100 kg ha ⁻¹ + MgSO ₄ (20 kg -1ha ⁻¹) + ZnSO ₄ (10 kg ha ⁻¹) + Boron (10 kg ha ⁻¹)	India	(Sahoo et al., 2019)
6	10 tons pukan, 50 kg N, 60 kg P ₂ O ₅ and 100 kg K ₂ O ha ⁻¹	Indonesia	(Santosa et al., 2011)

Jenis pupuk organik juga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil porang. Sumarwoto and Maryana (2011) melaporkan bahwa pertumbuhan porang lebih baik pada media tanah dengan diberikan pupuk kandang ayam daripada pupuk kandang sapi. Sahoo et al. (2019) telah melakukan penelitian di Dumuduma, Bhubaneswar, terletak di Zona Dataran Pesisir Tengah Timur dan Tenggara di Odisha, India dengan menggunakan tanah alfisols yang kurang subur. Mereka merekomendasikan untuk menggunakan pupuk terpadu dengan pupuk kandang @ 10 t ha⁻¹ + N-P₂O₅-K₂O @ 100-60-100 kg ha⁻¹ + MgSO₄ (20 kg-1ha⁻¹) + ZnSO₄ (10 kg ha⁻¹) + Boron (10 kg ha⁻¹). Sahoo, Nedunchezhiyan and Acharyya (2015) melaporkan

bahwa pemupukan terpadu dengan kombinasi pupuk kandang @ 10 t / ha + N-P₂O₅-K₂O @ 100-60-100 kg / ha optimal untuk umbi porang pada tanah alfisol.

Pemberian pupuk kimia secara berlebihan karena tidak adanya sistem pengujian dan pemantauan yang teratur untuk menyusun rekomendasi pemupukan. Hal ini disamping menyebabkan pengurasan unsur hara tanah yang lain, juga berakibat kepada pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi hal tersebut, strategi pemupukan berbasis presisi seperti PUTS (perangkat uji tanah sawah) (Al-jabri, 2007) dan SSNM (*site specific nutrients management*) (Buresh & Witt, 2007) terbukti sangat efektif dalam merasionalisasi penggunaan pupuk padatanaman padi, sayuran dan buah-buahan. SSNM bertujuan untuk menerapkan unsur hara pada tingkat dan dosis yang optimal untuk mencapai hasil yang tinggi dan efisiensi penggunaan unsur hara yang mengarah pada keuntungan ekonomi yang tinggi per unit pupuk yang diinvestasikan. Byju et al. (2016) telah membuat memvalidasi model QUEFTS (*Quantitative Evaluation of Fertility of Tropical Soils*) untuk tanaman porang dalam menentukan pengelolaan hara spesifik lokasi (SSNM) berdasarkan kebutuhan tanah dan tanaman, hasil yang ditargetkan di India. Hasil model tersebut digunakan untuk merekomendasikan pemupukan secara terpadu sebagaimana contoh yang ditampilkan pada Tabel 2. Di Indonesia rekomendasi pemupukan berdasarkan SSNM untuk tanaman porang belum pernah dilakukan. Tetapi untuk tanaman pangan sudah banyak penelitian tentang SSNM (Witt et al., 1999). Pengembangan penelitian kearah pengelolaan hara secara terpadu dan spesifik lokasi merupakan bidang kajian yang cukup menarik dan sangat penting. Hal ini terutama untuk mengefisienkan sumber pupuk anorganik yang ke depan akan semakin mahal dan langka.

Tabel 2.
Rekomendasi Pemupukan Berbasis SSNM untuk Tanaman Porang di India Berdasarkan Hasil dari model QUEFTS

OC (%)	Yield target (ha)				Available P (kg/ha)	Yield target (ha)				Available K (kg/ha)	Yield target (ha)			
	30	40	50	60		30	40	50	60		30	40	50	60
	N rate (kg/ha)					P ₂ O ₅ rate (kg/ha)					K ₂ O rate (kg/ha)			
Below 0.5	80	100	120		Below 10	50	75	100		Below 180	120	180	240	
0.5-0.8	50	80	100	120	10-20	30	50	75	100	180-280	80	120	180	240
0.8-1.2	25	50	80	100	20-30	20	30	50	75	280-360	40	80	120	180
above 1.2	20	25	50	80	above 30	10	20	30	50	above 360	30	40	80	120

2. Rekomendasi arah penelitian INM untuk tanaman porang ke depan

Penelitian pengelolaan unsur hara tanaman porang secara terpadu masih sangat terbatas dilakukan di Indonesia sehingga peluang yang cukup besar untuk mengkaji dan membuat rekomendasi pemupukan yang bisa di terapkan secara spesifik lokasi. Beberapa hal penting yang dapat dijadikan topik penelitian sebagai berikut:

1. Meskipun banyak teknologi mutakhir mengenai berbagai masalah inti dalam pengelolaan hara, masih banyak masalah yang belum dicoba sehubungan dengan produksi porang berbasis INM. Dinamika hara merupakan permasalahan lahan yang masih sangat sedikit diteliti, yang mana upaya terbatas telah dilakukan dengan menggunakan porang sebagai tanaman uji. Penelitian efisiensi NPK dan unsur hara mikro dengan teknologi tracer (radioisotop) dapat menilai secara persis kebutuhan unsur hara riil tanaman porang dari sumber pupuk anorganik maupun dari sumber bahan organik.
2. Peta zona agroekologi tanaman porang yang menyangkut kesesuaian lahan tanaman porang masih terbatas di Indonesia maupun di NTB. Oleh karena itu perlu penelitian kesesuaian lahan tanaman porang sehingga kita mengetahui berapa luas lahan di Indonesia maupun di NTB yang cocok untuk tanaman porang untuk perencanaan pengembangan ke depan.
3. Tanaman porang merupakan tanaman umbi berumur panjang sehingga aplikasi pemupukan sebanyak 3-4 kali perlu dipelajari lebih detail.
4. Pengelolaan hara spesifik lokasi tanaman porang menjadi sangat perlu untuk menghasilkan rekomendasi pemupukan secara terpadu pada lokasi tertentu. Hal ini menjadi penting karena perbedaan agroekologi lahan tentu akan mempunyai unsur hara yang berbeda.
5. Analisis ekonomi pada berbagai kombinasi pemupukan hara secara terpadu untuk tanaman porang masih belum ada.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Pengelolaan hara secara terpadu (INM) merupakan inovasi teknologi yang sangat penting untuk diterapkan pada budidaya porang. Pengelolaan hara terpadu telah direkomendasikan dengan baik untuk tanaman sayuran dan tanaman yang lain, namun masih sangat terbatas untuk tanaman porang di Indonesia. Porang merupakan tanaman yang membutuhkan unsur hara dalam jumlah yang besar sehingga kombinasi pupuk anorganik dan pupuk organik serta pupuk hayati yang tepat akan menghasilkan sinergisme penggunaan unsur hara secara baik. Disarankan rekomendasi arah penelitian INM tanaman porang untuk bisa dilaksanakan dalam

rangka peningkatan produksi tanaman porang secara berkelanjutan.

DAFTAR RUJUKAN

- Al-jabri, M. (2007). Perkembangan uji tanah dan strategi Program uji tanah masa depan Di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 26(2), 54–66.
- Al-Moshileh, A. M., & Errebi, M. . (2004). Effect of Various Potassium Sulphate Rates on Growth, Yield and Quality of Potato Grown under Sandy Soil and Arid Conditions. In *Potassium and Fertigation development in West Asia and North Africa* (pp. 24–28). IPI Regional Workshop.
- Alley, M. M., & Vanlauwe, B. (2009). *The Role of Fertilizers in Integrated Plant management*. International Fertilizer Industry Association (IFA).
- Amato, M., & Ladd, J. . (1992). Decomposition of ¹⁴C-labelled glucose and legume material in soil: properties influencing the accumulation of organic residue C and microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*., 24, 455–464.
- Angers, D. A. (1997). Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in humic soil of Eastern Canada. *Soil Tillage Research*., 41, 191–201.
- Barzman, M., Bärberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J. E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J. R., Messéan, A., Moonen, A.-C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.-L., & Sattin, M. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1199–1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>
- Basu, S., Das, M., Sen, A., Choudhury, U., & Datta, A. (2014). Analysis of complete nutritional profile of amorphophallus campanulatus tuber cultivated in Howrah District of West Bengal, India. *Asian J Pharm Clin Res*., 7(2), 25–29.
- Brundrett, M. C. (2009). Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plant resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and Soil*., 320, 37–44.
- Buresh, R. J., & Witt, C. (2007). Site Specific Nutrients Management. In IFA (Ed.), *Fertilizer Best Management Practices: General Principles, Strategy for their Adoption and Voluntary Initiatives vs Regulations*. (pp. 47–56). IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices.
- Byju, G., Mamatha, K., Nedunchezhiyan., M., George, J., Sunitha, S., Kamalkumaran, R., Singh, P. P., Mitra, S., Soman, S., Tarafdar, T., Desai, K., Ravi, V., Vani, M., & Remesh, K. R. R. (2016). Fertilizer best management practices by SSNM and customized fertilizers for elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) cultivation in India. *Indian Journal of Agricultural Sciences*., 86(4), 485–493.
- Chattopadhyay, A., & Nath, R. (2007). Medicinal importance of some well known and unexploited roots and tubers: Agriculture update. *Hindian. Agri-Horticulture Society*, 2, 80–82.
- Chauhan, T. M., Ali, J., Singh, H., Singh, N., & Singh, S. P. (2014). Effect of Zinc and magnesium nutrition on yield, quality and removal of nutrients in wheat drip irrigation and fertigation levels. *Journal of Root Crops*, 42(1), 22–32.

- Ebert, G. (2009). Potassium nutrition and its effect on quality and post-harvest properties of potato. In *Proceedings of the International Symposium on Potassium Role and Benefits in Improving Nutrient Management for Food Production, Quality and Reduced Environmental Damages*, (p. : 637-638).
- Ellis, B., & Foth, H. (1997). *Soil Fertility* (2nd ed.). CRC Boca Raton., <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9780203739341>
- Fang, W., & Wu, P. (2004). Variations of konjac glucomannan (KGM) from *Amorphophallus konjac* and its refined powder in China. *Food Hydrocolloids*, *18*, 167–170.
- Gil-stores, F., Trasar-Ceped, C., Leiros, M. C., & Seoane, S. (2005). Different approach to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry*, *37*, 877–887.
- Gupta, V. K. (1995). Zinc research and agricultural production. In H. L. S. Tandon (Ed.), *Micronutrient Research and Agricultural Production*, (pp. 132–164). IBH & Oxford Publishing Company, New Delhi.
- Hakim, N., Soepardi, G., & Tan, K. H. (1986). *Pengantar ilmu tanah*. Fakultas Petanian Unvrsitas Sriwijaya.
- Hazarika, B. N., & Ansari, S. (2007). Biofertilizers in fruit crops. A review. *Agricultural Review.*, *28* ., 69–74.
- Hettterscheid, W. (2019). *Amorphophallus Introduction and Taxonomic Description*. International Aroid Society.
- Insam, H. (1990). Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climate regime? *Soil Biology and Biochemistry*, *22*, 525–532.
- Kabeerathumma, S., Mohankumar, B., & Nair, P. G. (1987). Nutrient Uptake and Their Utilization by Yams, Aroides and Coleus. *Technical Bulletin Series No.1*, 34.
- Leiwakabessy, F. M., Wahjudin, U. M., & Suwarno. (2003). *Kesuburan Tanah*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian, IPB.
- Lin, S. Y., Young, C. C., Hupfer, H., Slering, C., Arun, A. B., Chen, W. M., Lai, W. A., Shen, F. T., Rekha, P. D., & Yassin, A. F. (2009). Azospirillum picis sp., isolated form discarded tar. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *59*, 761–765.
- Marschner, P., Crowley, D., & Yang, C. H. (2004). Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plants species, nutrition and soil type. *Plant and Soil*, *261*, 199–208.
- Martin-Prevel, P. J. (1989). Physiological processes related to handling and storage quality of crops. In *Proceedings of the 21st IPI Colloquium on: Methods of K Research in Plants. held at Louvain-la-Neuve, Belgium, 19-21 June 1989* (pp. 219–248). International Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Misra, R. S., Nedunchezhiyan, M., Shivalingaswamy, T. M., & Edison, S. (2002). Mass multiplication techniques for producing quality planting of *Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson (Araceae). *Aroideana*, *25*, 78–87.
- Moore, J. M., Klose, S., & Tabatabai, M. A. (2000). Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems. *Biology and Fertility of Soils*, *31*, 200–210.
- Nair, P. G., Mohankumar, C. R., & Saraswathy, P. (1990). Effect of different levels of NPK on the growth and yield of *Amorphophallus* under upland condition in acid ultisol. In *National Symposium on Recent Advances in Tropical Tuber Crops*. 7-9 November,1990, Thiruvananthapuram, Kerala.
- Nedunchezhiyan, M., Ravi, V., Byju, G., & George, J. (2017). Organic source of nutrients effect on growth, yield and quality of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*). *Indian Journal of Agricultural Sciences.*, *88*(8), 1018–1023.
- Palm, C. A., Gachengo, C. N., Deive, R. J., Cadisch, G., & Giller, K. E. (2001). Organic input for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystem and Environment.*, *83*, 27–42.
- Ramadhani, Y. (2020). Keuntungan Bisnis Tanaman Porang: Potensi Ekspor Hingga Rp11,31 M. *Tirto.Id*. <https://tirto.id/ew4b>
- Ravi, V., Ravindran, C. S., & Suja, G. (2009). Growth and productivity of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst. Nicolson): an overview. *Journal of Root Crops*, *35*, 131–142.
- Ravi, V., Ravindran, C. S., Suja, G., George, J., Nedunchezhiyan, M., Byju, G., & Naskar, S. K. (2011). Crop physiology of elephant foot yam [*Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst. Nicolson)]. *Adv. Hort. Sci.*, *25*(1), 51–63.
- Roper, M. M., & Gupta, V. S. R. (1995). Management practices and soil biota. *Australian Journal of Soil Research.*, *33*, 321–329.
- Roy, R. N., Finck, A., Blair, G. J., & Tandon, H. L. S. (2006). *Plant nutrition for food security, a guide for integrated nutrient management*.
- Sahoo, B., Nedunchezhiyan, M., & Acharyya, P. (2015). Growth and Yield of Elephant Foot Yam under Integrated Nutrient Management (INM) in Alfisols. *Journal of Root Crops*, *41*(1), 59–64.
- Sahoo, B., Nedunchezhiyan, M., Acharyya, P., Munshi, R., Sahu, D., & Pradhan, R. (2019). Effect of Secondary and Micronutrients on Growth Attributes and Yield of Elephant Foot Yam (*Amorphophallus paeoniifolius*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.*, *8*(5), 323–330.
- Sakal, R., & Singh, A. P. (1995). Boron research and agricultural production. In H. L. . Tandon (Ed.), *Micronutrients Research and Agricultural Production.*, IBH & Oxford Publishing Company.
- Saleh, N., Rahayuningsih, S. A., Radjit, B. S., Ginting, E., Harnowo, D., & Mejaya, I. M. J. (2015). *Tanaman Porang. Pengenalan, Budidaya, dan Pemanfaatannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Santosa, E., Halimah, S., Susila, A. D., Lontoh, A. P., Noguchi, A., Takahata, K., & Sugiyama, N. (2015). NPK Fertilizers for Elephant Foot Yam (*Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson) Intercropped with Coffee Trees. *Jurnal Agronomi Indonesia* ., *43*(3), 257–263.
- Santosa, E., Setiasih, I., Mine, Y., & Sugiyama, N. (2011). Nitrogen and potassium applications on the growth of *Amorphophallus muelleri* Blume. *Jurnal Agronomi Indonesia*, *39*, 118–124.
- Sapitri, L. D. (2012). *Pemupukan Tanaman Suweg (Amorphophallus Paeoniifolius (Dennst.) Nicolson) Dan Iles-Iles (Amorphophallus Muelleri Blume.) Pada Sistem Tumpangsari*. Institute pertanian Bogor.
- Sarief, S. (1985). *Kesuburan dan pemupukan tanah pertanian*.

Pustaka Buana.

- Scheludko, A. V., Krill, V. M., Tugarova, A. V., Krestinenko, V. A., Panasenko, V. I., Antonyuk, L. P., & Katsy, E. I. (2009). Change in motility of the Rhizobacterium *Azospirillum brasilense* in the presence of plant lectins. *Microbiological Research.*, *164*, 149–156.
- Siason, E., Standing, D., Kilham, E., & Johnson, D. (2009). Mycorrhizal fungi increase biocontrol potential of *Pseudomonas fluorescens*. *Soil Biology and Biochemistry.*, *41*, 1341–1343.
- Srivastava, A. K., & Ngullie, E. (2009). Integrated Nutrient Management: Theory and Practice. *Dynamic Soil, Dynamic Plant.*, *3*(1), 1–30.
- Srivastava, A. K., & Singh, S. (2003). Biofertilizers, an upcoming alternative to chemical fertilizers for better soil fertility and citrus nutrition. *Indian Fertilizers.*, *16*, 42–53.
- Sugiyama, N., & Santosa, E. (2008). *Edible Amorphophallus in Indonesia-Potential Crops in Agroforestry*. Gajah Mada Press.
- Suja, G., Sundaresan, S., & John, K. S. (2012). Higher yield, profit and soil quality from organic farming of elephant foot yam. *Agronomy Sustainability Development*, *32*, 755–764. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13593-011-0058-5>
- Sumarwoto, & Maryana. (2011). Pertumbuhan bulil iles-iles berbagai ukuran pada beberapa jenis media Tanam. *Jurnal Ilmu Kehutanan.*, *IV*(2), 91–98.
- Sumarwoto, W. W. (2008). Growth and yield of food yam (*Amorphophallus muelleri* Blume) at first growing period at different N and K fertilizers. *Agrivita*, *30*, 67–74.
- Tchabi, A., Coyne, D., Hountondji, F., Lawvui, L., Wiemken, A., & Oehl, T. (2008). Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-Saharan savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. *Mycorrhiza.*, *18*, 181–195.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (1985). *Soil Fertility and Fertilizer*. Collar Macmillan.
- Villar, M. C., Petrikova, V., Diaz Ravina, M., & Carballas, T. (2004). Change in soil microbial biomass and aggregate stability following burning and soil rehabilitation. *Geoderma*, *122*, 73–82.
- Waldrop, M. P., & Firestone, M. K. (2004). Altered utilization patterns of young and old soil C by microorganisms caused by temperature shift and N additions. *Biogeochemistry.*, *67*, 235–248.
- Witt, C., Dobermann, A., Abdulrachman, S., Gines, H. C., Guanghuo, W., Nagarajan, R., Satawatananot, S., Son, T. T., Tan, P. S., Tiem, L. Van, Simbahan, G. C., & Olk, D. C. (1999). Internal nutrient efficiencies of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. *Field Crops Research*, *63*, 113–38.
- Yulipriyanto, H. (2010). *Biologi tanah dan strategi pengelolaannya*. Graha Ilmu.
- Zhang, D., Wang, Q., & George, S. S. (2010). Mechanism of staggered multiple seedling production from *Amorphophallus bulbifer* and *Amorphophallus muelleri* and its application to cultivation in South Asia. *Trop. Agric. Develop.*, *54*, 84–90.
- Al-jabri, M. (2007). Perkembangan uji tanah dan strategi Program uji tanah masa depan Di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, *26*(2), 54–66.
- Al-Moshileh, A. M., & Errebi, M. . (2004). Effect of Various Potassium Sulphate Rates on Growth, Yield and Quality of Potato Grown under Sandy Soil and Arid Conditions. In *Potassium and Fertigation development in West Asia and North Africa* (pp. 24–28). IPI Regional Workshop.
- Alley, M. M., & Vanlauwe, B. (2009). *The Role of Fertilizers in Integrated Plant management*. International Fertilizer Industry Association (IFA).
- Amato, M., & Ladd, J. . (1992). Decomposition of ¹⁴C-labelled glucose and legume material in soil: properties influencing the accumulation of organic residue C and microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry.*, *24*, 455–464.
- Angers, D. A. (1997). Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in humic soil of Eastern Canada. *Soil Tillage Research.*, *41*, 191–201.
- Barzman, M., Bärberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J. E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J. R., Messéan, A., Moonen, A.-C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.-L., & Sattin, M. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*(4), 1199–1215. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0327-9>
- Basu, S., Das, M., Sen, A., Choudhury, U., & Datta, A. (2014). Analysis of complete nutritional profile of *amorphophallus campanulatus* tuber cultivated in Howrah District of West Bengal, India. *Asian J Pharm Clin Res.*, *7*(2), 25–29.
- Brundrett, M. C. (2009). Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plant resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and Soil.*, *320*, 37–44.
- Buresh, R. J., & Witt, C. (2007). Site Specific Nutrients Management. In IFA (Ed.), *Fertilizer Best Management Practices: General Principles, Strategy for their Adoption and Voluntary Initiatives vs Regulations*. (pp. 47–56). IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices.
- Byju, G., Mamatha, K., Nedunchezhiyan., M., George, J., Sunitha, S., Kamalkumaran, R., Singh, P. P., Mitra, S., Soman, S., Tarafdar, T., Desai, K., Ravi, V., Vani, M., & Remesh, K. R. R. (2016). Fertilizer best management practices by SSNM and customized fertilizers for elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) cultivation in India. *Indian Journal of Agricultural Sciences.*, *86*(4), 485–493.
- Chattopadhyay, A., & Nath, R. (2007). Medicinal importance of some well known and unexploited roots and tubers: Agriculture update. *Hindian. Agri-Horticulture Society*, *2*, 80–82.
- Chauhan, T. M., Ali, J., Singh, H., Singh, N., & Singh, S. P. (2014). Effect of Zinc and magnesium nutrition on yield, quality and removal of nutrients in wheat drip irrigation and fertigation levels. *Journal of Root Crops*, *42*(1), 22–32.
- Ebert, G. (2009). Potassium nutrition and its effect on quality and post-harvest properties of potato. In *Proceedings of the International Symposium on Potassium Role and Benefits in Improving Nutrient Management for Food Production, Quality and Reduced Environmental Damages*, (p. : 637-638).

- Ellis, B., & Foth, H. (1997). *Soil Fertility* (2nd ed.). CRC Boca Raton.,
<https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9780203739341>
- Fang, W., & Wu, P. (2004). Variations of konjac glucomannan (KGM) from *Amorphophallus konjac* and its refined powder in China. *Food Hydrocolloids*, 18, 167–170.
- Gil-stores, F., Trasar-Ceped, C., Leiros, M. C., & Seoane, S. (2005). Different approach to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 877–887.
- Gupta, V. K. (1995). Zinc research and agricultural production. In H. L. S. Tandon (Ed.), *Micronutrient Research and Agricultural Production*, (pp. 132–164). IBH & Oxford Publishing Company, New Delhi.
- Hakim, N., Soepardi, G., & Tan, K. H. (1986). *Pengantar ilmu tanah*. Fakultas Petanian Unvrstias Sriwijaya.
- Hazarika, B. N., & Ansari, S. (2007). Biofertilizers in fruit crops. A review. *Agricultural Review.*, 28., 69–74.
- Hettterscheid, W. (2019). *Amorphophallus Introduction and Taxonomic Description*. International Aroid Society.
- Insam, H. (1990). Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climate regime? *Soil Biology and Biochemistry*, 22, 525–532.
- Kabeerathumma, S., Mohankumar, B., & Nair, P. G. (1987). Nutrient Uptake and Their Utilization by Yams, Aroides and Coleus. *Technical Bulletin Series No.1*, 34.
- Leiwakabessy, F. M., Wahjudin, U. M., & Suwarno. (2003). *Kesuburan Tanah*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian, IPB.
- Lin, S. Y., Young, C. C., Hupfer, H., Slering, C., Arun, A. B., Chen, W. M., Lai, W. A., Shen, F. T., Rekha, P. D., & Yassin, A. F. (2009). *Azospirillum picis* sp., isolated form discarded tar. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 59, 761–765.
- Marschner, P., Crowley, D., & Yang, C. H. (2004). Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plants species, nutrition and soil type. *Plant and Soil*, 261, 199–208.
- Martin-Prevel, P. J. (1989). Physiological processes related to handling and storage quality of crops. In *Proceedings of the 21st IPI Colloquium on: Methods of K Research in Plants. held at Louvain-la-Neuve, Belgium, 19-21 June 1989* (pp. 219–248). International Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Misra, R. S., Nedunchezhiyan, M., Shivalingaswamy, T. M., & Edison, S. (2002). Mass multiplication techniques for producing quality planting of *Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson (Araceae). *Aroideana*, 25, 78–87.
- Moore, J. M., Klose, S., & Tabatabai, M. A. (2000). Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems. *Biology and Fertility of Soils*, 31, 200–210.
- Nair, P. G., Mohankumar, C. R., & Saraswathy, P. (1990). Effect of different levels of NPK on the growth and yield of *Amorphophallus* under upland condition in acid ultisol. In *National Symposium on Recent Advances in Tropical Tuber Crops*. 7-9 November, 1990, Thiruvananthapuram, Kerala.
- Nedunchezhiyan, M., Ravi, V., Byju, G., & George, J. (2017). Organic source of nutrients effect on growth, yield and quality of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*). *Indian Journal of Agricultural Sciences.*, 887(8), 1018–1023.
- Palm, C. A., Gachengo, C. N., Deive, R. J., Cadisch, G., & Giller, K. E. (2001). Organic input for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystem and Environment.*, 83, 27–42.
- Ramadhani, Y. (2020). Keuntungan Bisnis Tanaman Porang: Potensi Ekspor Hingga Rp11,31 M. *Tirto.Id*.
<https://tirto.id/ew4b>
- Ravi, V., Ravindran, C. S., & Suja, G. (2009). Growth and productivity of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst. Nicolson): an overview. *Journal of Root Crops*, 35, 131–142.
- Ravi, V., Ravindran, C. S., Suja, G., George, J., Nedunchezhiyan, M., Byju, G., & Naskar, S. K. (2011). Crop physiology of elephant foot yam [*Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst. Nicolson)]. *Adv. Hort. Sci.*, 25(1), 51–63.
- Roper, M. M., & Gupta, V. S. R. (1995). Management practices and soil biota. *Australian Journal of Soil Research.*, 33, 321–329.
- Roy, R. N., Finck, A., Blair, G. J., & Tandon, H. L. S. (2006). *Plant nutrition for food security, a guide for integrated nutrient management*.
- Sahoo, B., Nedunchezhiyan, M., & Acharyya, P. (2015). Growth and Yield of Elephant Foot Yam under Integrated Nutrient Management (INM) in Alfisols. *Journal of Root Crops*, 41(1), 59–64.
- Sahoo, B., Nedunchezhiyan, M., Acharyya, P., Munshi, R., Sahu, D., & Pradhan, R. (2019). Effect of Secondary and Micronutrients on Growth Attributes and Yield of Elephant Foot Yam (*Amorphophallus paeoniifolius*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.*, 8(5), 323–330.
- Sakal, R., & Singh, A. P. (1995). Boron research and agricultural production. In H. L. . Tandon (Ed.), *Micronutrients Research and Agricultural Production.* IBH & Oxford Publishing Company.
- Saleh, N., Rahayuningsih, S. A., Radjit, B. S., Ginting, E., Harnowo, D., & Mejaya, I. M. J. (2015). *Tanaman Porang. Pengenalan, Budidaya, dan Pemanfaatannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Santosa, E., Halimah, S., Susila, A. D., Lontoh, A. P., Noguchi, A., Takahata, K., & Sugiyama, N. (2015). NPK Fertilizers for Elephant Foot Yam (*Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson) Intercropped with Coffee Trees. *Jurnal Agronomi Indonesia* ., 43(3), 257–263.
- Santosa, E., Setiasih, I., Mine, Y., & Sugiyama, N. (2011). Nitrogen and potassium applications on the growth of *Amorphophallus muelleri* Blume. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 39, 118–124.
- Sapitri, L. D. (2012). *Pemupukan Tanaman Suweg (Amorphophallus Paeoniifolius (Dennst.) Nicolson) Dan Iles-Iles (Amorphophallus Muelleri Blume.) Pada Sistem Tumpangsari*. Institute pertanian Bogor.
- Sarief, S. (1985). *Kesuburan dan pemupukan tanah pertanian*. Pustaka Buana.
- Scheludko, A. V., Krill, V. M., Tugarova, A. V., Krestinenko, V. A., Panasenko, V. I., Antonyuk, L. P., & Katsy, E. I. (2009). Change in motility of the Rhizobacterium *Azospirillum brasilense* in the presence of plant lectins. *Microbiological Research.*, 164, 149–156.

- Siason, E., Standing, D., Kilham, E., & Johnson, D. (2009). Mycorrhizal fungi increase biocontrol potential of *Pseudomonas fluorescense*. *Soil Biology and Biochemistry*, *41*, 1341–1343.
- Srivastava, A. K., & Ngunie, E. (2009). Integrated Nutrient Management: Theory and Practice. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, *3*(1), 1–30.
- Srivastava, A. K., & Singh, S. (2003). Biofertilizers, an upcoming alternative to chemical fertilizers for better soil fertility and citrus nutrition. *Indian Fertilizers*, *16*, 42–53.
- Sugiyama, N., & Santosa, E. (2008). *Edible Amorphophallus in Indonesia-Potential Crops in Agroforestry*. Gajah Mada Press.
- Suja, G., Sundaresan, S., & John, K. S. (2012). Higher yield, profit and soil quality from organic farming of elephant foot yam. *Agronomy Sustainability Development*, *32*, 755–764.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13593-011-0058-5>
- Sumarwoto, & Maryana. (2011). Pertumbuhan bulil iles-iles berbagai ukuran pada beberapa jenis media Tanam. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, *IV*(2), 91–98.
- Sumarwoto, W. W. (2008). Growth and yield of food yam (*Amorphophallus muelleri* Blume) at first growing period at different N and K fertilizers. *Agrivita*, *30*, 67–74.
- Tchabi, A., Coyne, D., Hountondji, F., Lawvui, L., Wiemken, A., & Oehl, T. (2008). Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-Saharan savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. *Mycorrhiza*, *18*, 181–195.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (1985). *Soil Fertility and Fertilizer*. Collar Macmillan.
- Villar, M. C., Petrikova, V., Diaz Ravina, M., & Carballas, T. (2004). Change in soil microbial biomass and aggregate stability following burning and soil rehabilitation. *Geoderma*, *122*, 73–82.
- Waldrop, M. P., & Firestone, M. K. (2004). Altered utilization patterns of young and old soil C by microorganisms caused by temperature shift and N additions. *Biogeochemistry*, *67*, 235–248.
- Witt, C., Dobermann, A., Abdulrachman, S., Gines, H. C., Guanghuo, W., Nagarajan, R., Satawatananot, S., Son, T. T., Tan, P. S., Tiem, L. Van, Simbahan, G. C., & Olk, D. C. (1999). Internal nutrient efficiencies of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. *Field Crops Research*, *63*, 113–38.
- Yulipriyanto, H. (2010). *Biologi tanah dan strategi pengelolaannya*. Graha Ilmu.
- Zhang, D., Wang, Q., & George, S. S. (2010). Mechanism of staggered multiple seedling production from *Amorphophallus bulbifer* and *Amorphophallus muelleri* and its application to cultivation in South Asia. *Trop. Agric. Develop.*, *54*, 84–90.