PENELITIAN
PASCASARJANA

LAPORAN HASIL

PENELITIAN INTERNAL UNIVERSITAS MATARAM

EVALUASI EFISIENSI SERAPAN UNSUR HARA ESENSIAL MELALUI DAUN DALAM RANGKA PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PEMUPUKAN YANG TEPAT UNTUK USAHA TANI DI LAHAN SUB OPTIMAL

Oleh

Ir. Joko Priyono, M.Sc., Ph.D/000810582 (Ketua)

Prof. Ir. Mansur Ma'shum, Ph.D./0018115101 (Anggota 1)

Prof. Dr. Ir. Baharuddin AB, MS/0017105403 (Anggota 2)

Kontrak Penelitian Nomor: 2746/UN18.L1/PP/2021

Dibiayai dari Sumber Dana BLU (PNBP) Universitas Mataram

Tahun Anggaran 2021

KELOMPOK PENELITIAN BIDANG ILMU

Pengelolaan Sumber Daya Lahan Kering

PROGRAM PASCASARJANA

PRODGRAM STUDI PENGELOLAAN SUMBERDAYA LAHAN KERING
UNIVERSITAS MATARAM

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

UNIVERSITAS MATARAM

TAHUN 2021

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN PASCASARJANA

1	Judul Penelitian	:	EVALUASI EFISIENSI SERAPAN UNSUR HARA ESENSIAL MELALUI DAUN DALAM RANGKA PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PEMUPUKAN YANG TEPAT UNTUK USAHA TANI DI LAHAN SUB OPTIMAL
2	Topik Unggulan	:	Optimalisasi Pengelolaan Sumber Daya Lahan Sub Optimal
3	Kelompok Peneliti Bidang Ilmu	:	Pertanian Lahan Kering
4	Ketua Peneliti a. Nama Lengkap b. NIP/NIDN c. Jabatan fungsional d. Fakultas e. Alamat Institusi f. Telepon/Faks/e-mail	:	Ir. JOKO PRIYONO, M.Sc., Ph.D. 195810081986031003/0008105812 Lektor Kepala Ilmu Tanah / Fakultas Pertanian Jl.Majapahit No 62 Mataram
5	Anggota Peneliti	:	1. Prof. Dr. Ir. Baharuddin, MS. 2. Prof. Ir. Mulyati, SU., Ph. D.
6	Mahasiswa yang terlibat	:	1 Orang
7	Waktu Penelitian	:	6 Bulan
8	Luaran Wajib	:	• Publikasi Ilmiah (Publikasi pada artikel ilmiah yang dimuat dalam jurnal (Accepted pada jurnal nasional ber-ISSN, pengumpulan paling lambat 1 tahun setelah kontrak berakhir), atau Publikasi pada proceding seminar nasional/Internasional)
9	Luaran Tambahan	:	• Naskah Akademik
10	Pembiayaan a. PNBP UNRAM b. Biaya dari Instansi lain c. Biaya dari peneliti sendiri	:	 Rp 20,000,000 Rp 0 Rp 0

Mataram,30-11-2021

Mengetahui
Ketua Kelompok Peneliti Bidang Ilmu

Ir. Joko Priyono, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195810081986031003

Ketua Peneliti

Ir. JOKO PRIYONO, M.Sc., Ph.D.
NIP. 195810081986031003

Menyetujui:
Dekan Fakultas Pertanian / Direktur Program Pascasarjana UNRAM

Prof. Ir. M. Sarjan, M.Agr.CP., Ph.D
NIP. 196204061987031002

Mengetahui:
Ketua BP3F/BP2EB Fakultas Pertanian / Prodi/ Program Studi Magister

Prof. Ir. Taslim Sjah, M.App.Sc., Ph.D.
NIP. 196303121990011002

Mengetahui
Ketua LPPM UNRAM

Muhamad Ali, S.Pt., M.Si., Ph.D.
NIP. 197207271999031002

copyright_simlitabmas_unram@2020

RINGKASAN

Pemupukan melalui daun (*foliar fertilization*) merupakan salah satu cara untuk pemasokan unsur hara yang efektif pada tanaman. Namun saat ini teknologi pemupukan tersebut umumnya hanya untuk pemasokan 1 –3 jenis unsur hara esensial dengan tujuan mengoreksi defisiensi unsur hara tertentu. Dapatkah sebagian besar (> 70 %) kebutuhan semua jenis unsur hara esensial tanaman dipenuhi melalui daun? Pemupukan melalui daun dengan pupuk bernutrisi lengkap potensial sebagai teknologi yang tepat untuk tujuan tersebut.

Penelitian untuk membuktikan hipotesis tersebut telah dilakukan di greenhouse menggunakan tanaman indikator padi dan jagung. Masing-masing tanaman itu ditumbuhkan pada media media tanam berupa gabus steril dalam pot plastic sampai vegetatif maksimum. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap denga perlakuan factorial 2 x 3 denga 3 ulangan. Faktor ke-1 adalah konsentrasi unsur hara pada media tumbuh (50 dan 75 % dari pupuk cair standard). Media tumbuh itu diberi pupuk cair dengan konsentrasi hara 25, 50, dan 75 % dari konsentrasi pada pupuk cair standard. Faktor ke-2 adalah konsentrasi pupuk cair yang disemprotkan melalui daun (10, 15, dan 20 % pupuk cair standard). Kandungan hara pada pupuk cair standar adalah 5 % N, 0,8 % P, 1,25 % K, 0,6 % S, 0,4 % Ca, 0,15 % Mg, 0,01 % Fe, 0,01 % Mn, 15 ppm Zn, 5 ppm Cu, 0,01 % BO_3, 0,5 ppm Mo, dan 0,015 % Cl. Tanaman disemprot pupuk cair pada daunnya secara kuantitatif sebanyak 4 kali dengan interval 7 hari (seminggu sekali). Kadar hara di jaringan dan residu di media tumbuh dianalisis untuk menghitung proporsi unsur hara yang diserap tanaman. Parameter utama yang dikaji adalah komponen vegetatif (bobot brangkasan kering) dan serapan unsur hara makro (N dan P), meso (Ca dan Mg), dan mikro (Zn dan Cu).

Hasil percobaan menunjukan bahwa konsentrasi unsur hara pada media tanam (M-50 % dan M-100 %), konsetrasi unsur hara pada pupuk daun (10, 15, dan 15 %), serta interaksinya nyata mempengaruhi pertumbuhan (biomasa) tanaman. Pada tanaman padi, biomasa pada media M-50 % lebih tinggi daripada M-100 %; dan biomasa padi makin berkurang dengan meningkatnya konsentrasi hara pada pupuk daun jika diaplikasikan pada media M-50 %, tetapi cenderung makin meningkat jika dipalikasikan pada M-100 %. Pada tanaman jagung yang kebutuhan unsur haranya lebih tinggi daripada padi, biomasa tidak terpengaruh nyata oleh konsentrasi hara pada media, tetapi makin meningkat dengan makin tingginya konsentrasi hara pada pupuk daun. Interaksi dari kedua faktor tersebut berpengaruh nyata terhadap biomasa padi maupun jagung, dan pengaruh interaksi tersebut bersifat antagonik - miningkatnya konenstrasi hara pada media tumbuh menunkan pengaruh konsentrasi hara pada pupuk daun dan sebaliknya. Dari serapan masing-masing jenis unsur hara, tanaman padi maupun jagung menunjukan respon yang sama terhadap perlakuan pemupukan. Makin tinggi konsentrasi hara pada media tanam (M-50 % ke M-100 %), serapan unsur hara cenderung makin rendah; makin tinggi konentrasi hara pada pupuk daun (dari 10 ke 20 %), makin meningkat serapan haranya. Hampir semua (> 90 %) unsur hara dari pupuk daun yang diaplikasikan dapat terserap oleh tanaman. Namun kuantitas uansur hara

yang terserap tanaman yang berasal dari pupuk daun tersebut hanya 25 – 30 % dari total serapan. Proporsi pemenuhan kebutuhan hara tanaman dari daun kemungkinan dapat ditingkatkan dengan cara meningkatkan frekuensi pemberian pupuk lewat daun dengan konsentrasi hara ≤ 10 % larutan hara standar untuk padi atau ≤ 20 % larutan hara standar untuk jagung. Disimpulkan bahwa pemupukan melalui daun (*foliar fertilization*) sangat potensial untuk mengatasi masalah media tumbuh tanaman (tanah) yang bermasalah keharaan. Namun pembuktian perlu dilakukan langsung pada tanah bermasalah tersebut (tanah masam, garaman, dan sangat miskin hara) pada kondisi lapang.

Kata kunci: pemupukan melalui daun, serapan hara, serapan hara dari pupuk daun, tanah bermasalah keharaan.

.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	
RINGKASAN	1
DAFTAR ISI	3
DAFTAR TABEL	4
DAFTAR GAMBAR	4
DAFTAR LAMPIRAN	4
BAB I. PENDAHULUAN	5
1.1. Latar Belakang	5
1.2. Tujuan Penelitian	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Unsur Hara Esensial	8
2.2. Lahan Sub Optimal	8
2.3. Teknologi Remediasi	12
2.4. Teknologi Pemupukan	13
BAB III. METODE PENELITIAN	15
3.1. Penyiapan Bahan dan Alat Penelitian	15
3.2. Rancangan Percobaan	15
3.3. Pelaksanaan Penelitian	15
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1. Biomasa Tanaman	18
4.2. Serapan Hara	19
4.3. Efisiensi Serapan Hara dari Pupuk Daun	20
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	26

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.	Jenis, bentuk, proporsi, serta sumber dan fungsi utama unsur hara esensial bagi tanaman	8
Tabel 2.	Rerata serapan hara oleh tanaman padi	20
Tabel 3.	Rerata serapan hara oleh tanaman jagung	20
Tabel 4.	Kuantitas dan persentase unsur hara terserap tanaman padi dari aplikasi pupuk daun	21
Tabel 5.	Kuantitas dan persentase unsur hara terserap tanaman jagung dari aplikasi pupuk daun	21

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.	Hubungan antara rerata bobot biomasa kering tanaman padi (kiri) dan jagung (kanan) dengan konsentrasi unsur hara pada media tanam (M-50 % dan M-100 %) dan konsentrasi pupuk daun (10, 15, dan 20 %). Bar graph yang diikuti dengan notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan nilai BNJα=0.05.	18

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1.	Bobot biomas kering dan hasil analisis sidik ragam tanaman padi	27
Lampiran 2.	Bobot biomas kering dan hasil analisis sidik ragam tanaman jagung	28
Lampiran 3.	Kadar hara jaringan tanaman padi	29
Lampiran 4.	Kadar hara jaringan tanaman jagung	30
Lampiran 5.	Dokumen kontrak penelitian	31

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemupukan merupakan salah satu teknik yang diterapkan dalam usaha tani untuk mememuhi kebutuhan optimal unsur hara esensial tanaman, baik melalui tanah maupun daun. Teknologi pemupukan yang diterapkan oleh petani pada umumnya melalui tanah, sedangkan yang melalui daun (*foliar fertilization*) hanya dilakukan untuk mengoreksi kekahatan tanaman terhadap beberapa jenis unsur hara mikro. Dalam hal sifat tanahnya normal (tidak memerlukan tindakan remediasi), pemberian pupuk melalui tanah cukup efektif. Tetapi, jika tanahnya bermasalah keharaan, misalnya masam atau garaman (*saline*), maka tanah tersebut harus diremediasi atau dinormalkan kondisinya terlebih dahulu sehingga pupuk yang diberikan melalui tanah itu akan efektif. Tindakan remediasi itu dimaksudkan untuk menetralisir anasir tanah (misalnya pH-nya yang terlalu rendah, atau kadar garamnya terlalu tinggi), karena kondisi tanah seperti itu menyebabkan kurang optimalnya fungsi tanah sebagai pemasok unsur hara bagi tanaman yang tumbuh pada tanah tersebut. Sayangnya, meskipun teknologinya sudah tersedia, remediasi tanah tersebut sangat jarang/tidak pernah diterapkan oleh petani karena biaya remediasi yang sangat mahal. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mendapatkan alternatif teknologi pemupukan yang lebih aplikatif *on farm*, khususnya untuk usaha tani tanaman pangan di lahan sub optimal.

Kandidat teknologi alternatif untuk mengatasi permasalahan pemenuhan kebutuhan unsur hara optimal tanaman tersebut di atas adalah pemupukan melalui daun (*foliar fertilization*). Dalam hal ini, karena kebutuhan unsur hara tanaman dipenuhi secara langsung melalui daun, fungsi tanah sebagai pemasok unsur hara tanaman diminimalisir. Secara teoritis, anasir tanah yang kurang optimal itu tidak akan signifikan menggangu mekanisme pemenuhan kebutuhan optimal unsur hara melalui daun, sehingga tidak diperlukan tindakan remediasi tanahnya. Dapatkah *foliar fertilization* diterapkan untuk menenuhi kebutuhan semua jenis unsur hara esensial

tanaman? Atau, seberapa besar proporsi kebutuhan unsur hara optimal itu dapat dipenuhi melalui daun?

Riset ini difukuskan untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut. Jika terbukti bahwa > 70 % dari kebutuhan optimal semua unsur hara esensial dapat dipenuhi dengan pemupukan melalui daun, maka pemupukan melalui daun dengan pupuk yang mengandung unsur hara lengkap dan berimbang dapat dijadikan sebagai teknologi pemupukan yang tepat pada usaha tani di lahan sub optimal yang tanahnya bermasalah keharaan.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk menemukan alternatif teknologi pemupukan yang efektif untuk usaha tani di lahan sub optimal. Tujuan khusus dari tahapan riset ini adalah untuk (1) mengetahui proporsi unsur hara makro, mikro, dan Si yang diserap tanaman dari pupuk yang diberikan melalui daun, (2) mengetahui konsnetrasi dan frekuensi aplikasi pupuk berhara lengkap melalui daun yang optimal pada tanaman padi dan jagung yang ditanam pada media tanam dengan tingkat kekakatan hara yang berbeda.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Unsur Hara Esensial

Bennett (1993) menjelaskan bahwa pada pertengahan abad 19, seorang ilmuwan dari Jerman (von Liebig) menjelaskan bahwa sejumlah unsur hara mutlak dibutuhkan bagi tanaman, dan disebut unsur hara esensial. Artinya, jika suatu unsur hara esensial tidak tersedia optimal bagi tanaman, baik karena kuantitasnya yang kurang ataupun kelebihan, maka pertumbuhan tanaman itu akan terganggu, dan tingkat ketersediaan unsur hara yang tidak optimal itu akan menjadi faktor pembatas pertumbuhan maupun hasil tanaman. Hingga sekarang telah teridentifikasi sebanyak 16 jenis unsur hara esensial seperti ditampilkan pada Tabel 1. Selain itu, pada beberapa dekade terakhir telah terbukti bahwa unsur silikat (Si) berfungsi sangat penting bagi pertumbuhan dan produksi tanaman. Tetapi, hingga sekarang unsur Si belum diakui sebagai unsur hara esensial, meskipun telah diketahui fungsinya yang sangat penting dalam bidang pertanian. Unsur Si diklasifikasikan sebagai unsur fungsional.

Unsur hara mineral dapat dibagi lebih rinci berdasarkan bandingan relatif kuantitasnya yang dibutuhkan oleh tanaman, yaitu (1) unsur hara primer (N, P, dan K), (2) unsur hara sekunder (S, Ca, dan Mg), dan (3) unsur hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, dan Cl). Unsur hara primer dan sekunder sering digabungkan menjadi satu kelompok sebagai unsur hara makro. Welch & Shuman (1995) memasukan unsur kobal (Co) dan natrium (Na) sebagai unsur hara esensial beberapa jenis tanaman tertentu dan dimasukan ke dalam kelompok unsur hara mikro.

Tabel 1. Jenis, bentuk, proporsi, serta sumber dan fungsi utama unsur hara esensial bagi tanaman

No	Jenis dan Simbul Unsur Hara	Bentuk yang Unsur Diserap Tanaman	Proporsi (%) yang Diserap Tanaman *	Sumber dan Fungsi Utama dalam Tanaman
1.	Karbon (C)			Air dan atmosfir: komponen utama
2.	Hidrogen (H)			jaringan tanaman
3.	Oksigen (O)			
4.	Nitrogen (N)	NH_4^+, NO_3^-	100	Udara & BO: protein, asam amino
5.	Fosfat (P)	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}	16	Mineral/batuan, BO: as.nukleat ATP
6.	Kalium (K)	K^+	25	Mineral/batuna: katalis, transf. ion
7.	Sulfur (S)	SO_4^{-2}	12,5	Mineral/batuan: asam amino
8.	Kalsium (Ca)	Ca^{+2}	8	Mineral/batuan: komp. dinding sel
9.	Magnesium (Mg)	Mg^{+2}	3	Mineral/batuan: bagian dari klorofil
10.	Besi (Fe)	$Fe^{+2/+3}$	0,2	Mienral/batuan: sintesa klorofil
11.	Mangan (Mn)	$Mn^{+2/+5}$	0,2	Mineral/batuan: aktivator enzim
12.	Seng (Zn)	Zn^{+2}	0,03	Mineral/batuan: aktivator enzim
13.	Tembaga (Cu)	Cu^{+2}	0,01	Mineral/batuan: komp. enzim
14.	Boron (B)	BO^{-3}	0,2	Mineral/batuan: komp. dinding sel
15.	Molibdenum (Mo)	Mo^{-2}	0,001	Mineral/batuan: fiksasi N
16.	Klor (Cl)	Cl^-	0,3	Mineral/batuan: reaksi fotosintesis

*Dirangkum dari Bennett (1993)

2.2. Lahan Sub Optimal

Lahan sub optimal adalah lahan yang secara alami produktivitasnya kurang optimal (rendah) karena ada faktor pembatas internal maupun eksternal (Las et al.

2012; Haryono, 2013). Lahan sub-optimal, sering juga disebut lahan marginal, sering diabaikan, disingkirkan, atau dimarginalkan. Kurang suburnya lahan tersebut dapat disebabkan oleh faktor inherent (sifat bawaan/genetis), faktor eksternal, atau gabungan dari keduanya. Yang termasuk faktor inherent meliputi sifat/kesuburan tanah bawaan yang ditentukan oleh jenis bahan induknya; sedangkan faktor ekternal antara lain adalah kondisi iklim, drainase (hidrologi), dan pengaruh intrusi air laut. Pengertian lahan sub-optimal tidak selalu identik dengan kondisi aktual tanah yang kurang/tidak subur. Contohnya, suatu lahan yang tanahnya terbentuk dari batuan volkanik basalt, cukup berkembang, kandungan unsur hara makro dan mikronya tinggi. Tetapi, jika tanah itu berada di daerah beriklim sangat kering (arid), produktivitas lahan itu rendah karena terbatasnya sumberdaya air untuk usahatani, maka lahan itu termasuk kategori sub-optimal. Atau, tanah subur itu terkena pengaruh intrusi air laut sehingga kadar garamnya (NaCl) sangat tinggi, maka lahan itu tidak produktif untuk usahatani dan termasuk dalam kategori lahan sub-optimal.

Data yang disajikan oleh Mulyani dan Syarwani (2013) menyebutkan bahwa luas lahan sub-optimal di Indonesia adalah 122.047.924 ha, terdiri atas lahan basah (108.775.830 ha) dan lahan kering (13.272.094 ha) sub-optimal. Lahan sub optimal yang dinilai layak dikembangkan untuk usahatani adalah sekitar 58 % (70.409.742 ha). Data luas lahan suboptimal tersebut tidak termasuk lahan pasang surut (lahan gambut) seluas sekitar 20,6 juta ha (10,8 % wilayah Indonesia), terutama tersebar di P. Sumatera (7,20 juta ha), Kalimantan (5,77 ha), dan Irian Jaya (7,97 juta ha) (Wahyunto et al., 2006). Ditinjau dari segi kesuburan tanahnya, terdapat lahan sub-optimal yang tanahnya bermasalah keharaan dan sebarannya di Indonesia cukup luas, yaitu tanah masam, garaman, dan tanah organik/gambut. Sifat dan pengelolaan dari masing-masing tanah bermasalah keharaan itu diuraikan di bawah ini.

Tanah Masam, yaitu tanah yang pH-nya < 5,5 (Notohadiprawiro, 2006). Tanah masam tersebar cukup luas di Indonesia, terutama di P. Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya, mencapai sekitar 190 juta ha (Muljadi dan Arshad, 1967), dan diperkirakan sekarang telah melebihi 200 juta ha. Pengaruh dari pH tanah (media

tumbuh) yang rendah itu terhadap tanaman terutama adalah (1) terjadinya defisiensi unsur hara Ca, Mg, P, dan Mo, (2) kelebihan/keracunan unsur hara Al, Fe, Mn, dan Cu, (3) efisiensi pemupuk rendah terutama untuk pupuk P, dan (4) terganggunya perkembangan organisme tanah (Bohn et al, 1985; Priyono, 2005b; Notohadiprawiro, 2006). Untuk menetralkan tanah masam itu, umumnya digunakan bahan kapur (*liming materials*). Kebutuhan bahan kapur per hektar berkisar 1 – 5 ton $CaCO_3$, $MgCO_3$, atau $(CaMg)CO_3$, tergantung pada tingkat kemasaman dan kapasitas penyangga (*buffer capacity*) tanah tersebut (Bohn et al, 1985; Priyono, 2005b). Khusus untuk menetralkan tanah sulfat masam yang telah teroksidasi (pH-nya < 2), diperlukan bahan kapur puluhan ton/ha. Selain harganya yang cukup mahal, bahan kapur tersebut umumnya harus didatangkan dari daerah lain yang cukup jauh, sehingga memerlukan biaya transfortasi yang tinggi pula. Bahan alami yang melimpah di Indonesia yang dapat digunakan untuk pengapuran tanah masam adalah batuan silikat atau batuan volkanik dalam bentuk bubuk berukuran micron atau nanometer (Conventry et al., 2001; Gillman et al., 2002; Priyono, 2005a). Selain sebagai bahan pengapuran, bubuk batuan silikat itu juga dapat difungsikan sebagai pupuk majemuk lambat larut (*slow release fertilizer*) untuk meningkatkan kandungan/ cadangan unsur hara makro (Ca, Mg, K) maupun mikro (Fe, Zn, Cu); atau sebagai bahan peremaja (rejuvenating agent) untuk tanah yang telah terdegradasi. Tetapi, dosis bubuk batuan yang diperlukan sangat tinggi (> 10 ton/ha) (Priyono, 2005a). Ringkasnya, biaya pengapuran tersebut cukup tinggi dan umumnya memberatkan petani tanaman pangan yang sebagian besar adalah petani kecil.

Tanah Garaman (Salin/Salin-Sodik), yaitu tanah yang berkadar garam tinggi dan mengganggu pertumbuhan sebagian besar jenis tanaman pangan. Dikenal ada 3 jenis tanah garaman, yaitu (1) tanah salin yang dicirikan oleh pH netral, kadar garam NaCl dan daya hantar listrik (DHL) tinggi karena pengaruh langsung (intrusi) air laut, (2) tanah sodik (alkali), kadar Na dan pH tinggi akibat hidrolisis $NaCO_3$ dan Na kompleks, terbentuk di daerah beriklim kering (evaporasi >> curah hujan), dan (3) tanah salin – sodik, mempunyai sifat gabungan dari tanah salin dan tanah sodik (Siyal

et al., 2002). Terbentuknya tanah garaman (salin) di Indonesia umumnya akibat dari intrusi air laut, sehingga sebaran tanah itu terbatas pada bentang lahan (*landform*) fluvial di sekitar kawasan pantai. Belum tersedia data tentang sebaran tanah garaman di Indonesia yang cukup akurat. Tetapi, tanah garaman (salin) banyak dan mudah dijumpai di P. Sumbawa – NTB, dan luasnya mencapai ribuan hektar. Hasil pengamatan lapang menunjukkan bahwa kadar garam atau DHL tanah salin di kawasan itu fluktuatif, dipengaruhi oleh musim. Pada musim hujan, tekanan (intrusi) air laut relatif rendah karena dihambat oleh tekanan balik aliran air dari daratan ke arah laut, dan garam di bagian atas profil tanah terlindih ke bawah zona perakaran, sehingga pertumbuhan tanaman tidak banyak terganggu oleh salinitas tanah. Sebaliknya, pada musim kering, pasokan air irigasi terbatas (bahkan tidak ada) dan laju evaporasi sangat tinggi, menyebabkan terjadinya intrusi air laut ke daratan mencapai beberapa kilometer, sehingga banyak lahan usahatani di kawasan itu tanahnya berubah menjadi tanah salin, kurang/tidak produktif untuk usahatani tanaman pangan. Tanaman pangan yang tumbuh pada tanah garaman umunya sangat menderita, bahkan mati/kering sebelum mencapai fase produksif, karena keracunan Na dan Cl, terjadinya plasmolisis pada sel tanaman. Teknologi remediasi untuk mengurangi atau menghilangkan pengaruh negatif dari kadar garam tanah yang tinggi itu antara lain dengan menggunakan gypsum ($CaSO_4$) 1 – 2 ton/ha, dicuci dengan air irigasi, atau kombinasi keduanya (Bohn et al., 1985; Bauder et al., 2014). Bahan lain, yaitu bubuk batuan silikat berukuran micron - nanometer, juga terbukti dapat digunakan untuk menekan efek garaman, tetapi dosis yang harus diaplikasi sangat tinggi (> 50 ton/ha) (Sumarlin, 2008). Cara lain yang dianggap lebih murah adalah dengan menanam varietas/jenis tanaman yang resisten terhadap salinitas tinggi (Bauder et al., 2014). Masalahnya, tidak banyak jenis/varietas tanaman pangan yang cukup resisten terhadap salinitas tanah. Teknologi remediasi/ pengelolaan tanah garaman tersebut (yang ada saat ini) relatif sulit diterapkan oleh petani kita di tingkat hamparan, karena memerlukan biaya sangat tinggi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif teknologi lain yang lebih aplikatif.

Tanah Organik, yaitu tanah yang terbentuk dari bahan tanah organik (bahan tanah berkadar C-organik total > 12 %), ketebalannya > 10 cm (SSS, 2014). Tanah organik terbentuk melalui proses akumulasi bahan organik selama ribuan – jutaan tahun di lingkungan reduktif (tergenang), umumnya di daerah rawa. Tanah organik atau lahan gambut di Indonesia cukup luas, yaitu sekitar 20,6 juta ha, terutama tersebar di P. Sumatera (7,2 juta ha), Kalimantan (5,77 ha), dan Irian Jaya (7,97 juta ha) atau 10,8 % wilayah Indonesia (Wahyunto et al., 2006).

Permasalahan pada tanah organik atau lahan gambut jauh lebih kompleks dibanding pada tanah mineral masam atau garaman. Masalah kondisi keharaan pada tanah organik hanya merupakan salah satu aspek pada lahan gambut yang perlu diatasi jika lahan itu diusahkan untuk usahatani tanaman pangan. Selain sifat fisik tanah yang perlu penanganan khusus, kadar unsur hara pada tanah organik umumnya rendah dan sering berasosiasi dengan tanah sulfat masam. Tidak semua tanah gambut itu layak untuk dikembangkan sebagai lahan usahatani, baik ditinjau dari aspek teknis, ekonomi, maupun dampak ekologisnya. Pada tanah organik yang dinilai layakpun masih perlu dilakukan pengapuran. Selain itu, untuk mengatasi masalah aerasi tanah (karena hampir selalu reduktif), diperlukan saluran drainase dengan design khusus, perhitungan teknis yang tepat, dan memerlukan biaya kontruksi relatif tinggi. Design khusus saluran drainase itu berkaitan dengan tanah sulfat masam yang biasanya berada di bawah lapisan olah tanah organik. Jika teroksidasi (terbuka), tanah sulfat masam itu akan menjadi sangat masam (pH < 2,5). Oleh sebab itu, tanah organik semacam itu harus selalu digenangi, sehingga tidak direkomendasikan untuk usahatani tanaman palawija.

2.3. Teknologi Remediasi

Teknologi remediasi atau reklamasi untuk mengatasi masalah kesuburan tanah pada lahan sub-optimal seperti dijelaskan di atas, didasarkan pada fungsi tanah. Selain sebagai tempat tegakan (media tumbuh) tanaman, tanah juga berfungsi sebagai penyimpan/penyedia dan pemasok unsur hara esensial bagi tanaman yang tumbuh

pada tanah tersebut. Tanah yang produktif adalah tanah yang optimal untuk kedua fungsinya tersebut. Tanaman dapat tumbuh (tegak) dan mendapatkan pasokan unsur hara esensial yang cukup (tidak kurang/lebih) dan bandingan antar jenis unsur hara itu berimbang (Soepardi, 1980; Marschner, 2012). Tujuan utama dari tindakan remediasi tanah adalah untuk memperbaiki kondisi tanah yang berfungsi tidak optimal menjadi optimal, atau tidak produktif menjadi produktif. Pendekatan tersebut sangat logis dan dapat diterima oleh pakar pertanian. Tetapi, teknologi remediasi yang ada saat ini umumnya kurang aplikatif di tingkat hamparan, karena terlalu mahal bagi petani, terutama petani kecil.

2.4. Teknologi Pemupukan

Pemupukan umumnya difahami sebagai tindakan pemasokan unsur hara pada tanaman agar terpenuhi kebutuhan optimalnya. Pemupukan dapat dilakukan melalui tanah atau daun, atau gabungan dari kedua teknik terebut. Pemupukan melalui tanah sangat umum dilakukan oleh petani dari dulu hingga sekarang. Efisiensi dan efektivitas teknik pemupukan melalui tanah dipengaruhi oleh banyak faktor, terutama faktor sifat tanah (media tumbuh) dimana tanaman ditumbuhkan. Pemupukan melalui tanah yang bermasalah, misalnya masam atau garaman, umumnya tidak efisien.

Pemupukan melalui daun (*foliar fertilization*/FF) telah lama dikenal, setidaknya sejak dipromosikan oleh banyak peneliti tahun 1940-an (Fritz, 1978; Haq dan Mallorino, 2000; Girma et al., 2007). Perbedaannya, teknik FF dilakukan hanya untuk mengoreksi gejala kekurang (defisiensi) unsur hara tertentu pada tanaman (Fageria et al., 2009), bukan untuk memenuhi kebutuhan keseluruhan/sebagian besar unsur hara esensial bagi tanaman seperti pemupukan melalui tanah. Dalam perkembangannya, FF menjadi bagian sangat penting dalam praktek pengelolaan nutrisi dan produksi tanaman yang berkelanjutan pada sistem usahatani modern. Fermândez dan Brown (2013) menjelaskan bahwa teknik FF efektif diterapkan pada situasi dimana (1) kondisi/sifat tanah menjadi faktor pembatas ketersediaan unsur hara dari pupuk yang diaplikasikan melalui tanah, (2) terjadi banyak kehilangan unsur hara

dari pupuk yang diaplikasikan melalui tanah, dan (3) fase pertumbuhan tanaman, persediaan unsur hara dalam tanaman, atau kondisi lingkungan membatasi transfer unsur hara dari dan ke bagian organ tanaman tertentu. Peneliti tersebut mengkompilasi banyak bukti tentang keuntungan penerapan teknik FF kaitannya dengan perbaikan metabolism serta peningkatan kuantitas dan kualitas produksi tanaman. Berdasarkan uraian itu, pemupukan lewat daun/dan batang (FF) sangat mungkin untuk diterapkan sebagai salah satu solusi efektif untuk mengatasi masalah lahan sub optimal yang tanahnya bermasalah keharaan, tanpa harus merediasi tanahnya terlebih dahulu.

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Penyiapan Bahan dan Alat Penelitian

Penelitian alan dilakukan di laboratorium dan rumah kaca. Bahan dan alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah media tanam, pot percobaan, benih padi dan jagung, alat semprot pupuk daun, pupk daun (berupa larutan berhara esensial lengkap), dan peralatan analisis kadar unsur hara (tersedia di laboratorium Kimia dan Biologi Tanah, Faperta Unram). Sesuai dengan tujuan dari riset ini, media tanam yang digunakan adalah busa yang stiril. Pupuk daun berupa larutan unsur hara dengan proporsi antar unsur hara seperti tertera pada Tabel 1.

3.2. Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan di rumah kaca menggunakan pot percobaan untuk menanam padi dan jagung (dua unit percobaan, satu unit untuk tanaman padi dan satu unit yang lain untuk tanaman jagung). Masing-masing unit percobaan menggunakan acak lengkap ditata secara faktorial (2 x 3) denga 3 ulangan. Faktor pertama (konsentrasi unsur hara pada media tumbuh) terdiri atas 2 aras (50 dan 100 % dari kebutuhan optimum tanaman), sedangkan faktor ke-dua (konsentrasi unsur hara pada pupuk daun) yang terdiri atas 3 aras (10, 15, dan 20 % dari konsetrasi unsur hara pada larutan pupuk tersebut di atas). Frekuensi penyemprotan tanaman dengan pupuk daun adalah empat kali dengan interval 10 hari, dan tanaman dipelihara sampai umur vegetatif maksimum (menjelang berbunga).

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1). Penyiaapan larutan pupuk daun, menggunakan bahan kimia murni (p.a) dengan komposisi unsur hara mengacu pada Tabel 1. Konsentrasi unsur dalam larutan yang digunakan (pupuk cair standar) pada penelitian ini adalah: 5 % N, 0,8 % P,

1,25 % K, 0,6 % S, 0,4 % Ca, 0,15 % Mg, 0,01 % Fe, 0,01 % Mn, 15 ppm Zn, 5 ppm Cu, 0,01 % BO3, 0,5 ppm Mo, dan 0,015 % Cl.

2). Pot (kapasitas 6 L) dengan media tanam dari gabus (volume 5 dm^3) disiapkan sebanyak sesuai dengan jumlah perlakuan (2 unit x 18 pot). Selanjutnya, pot percobaan diberi larutan unsur hara sesuai dengan perlakuan. Pada perlakuan 50 %, media tanah diberi 4,2 L air + 4 mL pupuk cair standar, sedangkan pada perlakuan 100 % diberi 4,2 L + 8 mL pupuk cair standar.

3). Pupuk yang disemprotkan, masing-masing perlakuan disiapkan sejumlah 1L, berisi 10, 15, dan 20 % pupuk cair standar.

3). Benih jagung (BISI II) ditanam langsung pada media tumbuh 3 biji/pot, sedangkan tanaman padi disemaikan terlebih dahulu di pot khusus persemaian padi, kemudian dipindahkan ke media tanam (5 batang/pot).

4). Pemupukan melalui daun. Untuk tanaman padi, pemupukan melalui daun dilakukan setelah tanaman berumur 7, 21, dan 32 hari setelah dipindahkan dari persemaian; sedangkan utuk tanaman jagung pada umur 20, 30, dan 40 hari setelah tanam. Pada saat dilakukan penyemprotan pupuk, batang tanaman di rapatkan (diikat tidak terlalu rapat) dan bagian pot yang terbuka ditutup dengan plastik, dan di bawah pot diberi alat plastik untuk menampung larutan pupuk daun yang tidak menempel pada daun tanaman. Dengan menghitung volume pupuk yang disemprotkan, dikurangi dengan volume larutan pupuk yang tertampung pada alas plastik itu, maka diketahui volume pupuk yang dapat menempel pada tanaman.

5). Panen. Tanaman padi dipanen setelah berumur 40 hari; sedangkan tanaman jagung pada umur 60 hari. Yang dipenen adalah biomasa (akar, batang, dan daun). Biomasa tanaman dikering-kan (oven 40° C), ditimbang, kemudian dihaluskan (< 1 mm).

6). Serapan. Untuk menghitung jumlah unsur hara yang diserap tanaman selama periode tanam, maka dilakukan analisis total unsur hara pada jaringan tanaman. Analisis total unsur hara jaringan menggunakan metode standard destruksi basah,

Unsur hara esensial yang dianalisis adalah total N, P, K (makro), Ca dan Mg (meso), Cu dan Zn (mikro) jaringan.

7). Analisis residu unsur hara pada media tanam. Cairan pada media tanam yang tersisa pada saat panen dihitung volumenya (selisih bobot media tanam awal/tanpa air dengan bobt media tanam pada saat panen/basah). Cairan tersebut diambil sample cairan tersbut, kemudian diukur konsentrasi unsur haranya seperti pada jaringan (N, P, K, Ca, Mg, Cu, dan Zn).

8). Perhitungan proporsi masing-masing unsur hara:

Serapan unsur hara (S) = konsentrasi x bobot biomasa kering.

Residu unsur hara (R) = konsentrasi hara x bobot residu cairan pada media tanam.

Total unsur hara dari pupuk daun (D) = volume yang disemprotkan x konsentrasi (sesuai perlakuan)

Unsur hara yang diserap dari media tanam (SM) = total (sebelum tanam) – residu.

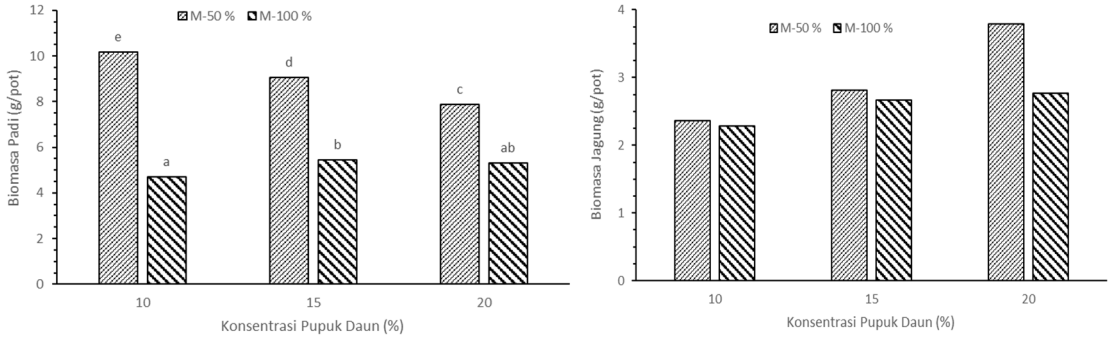
Unsur hara yang diserap dari pupuk melalui daun (SD) = serapan – SM

Efisiensi pupuk daun = SD/D x 100 %.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Biomasa Tanaman

Hubungan antara rerata bobot biomasa tanaman padi dan jagung dengan perlakuan disajikan pada Gambar 1. Data lengkap dan analisis sidik ragam serta BNJ disajikan pada Lampiran 1 dan 2.



Gambar 1. Hubungan antara rerata bobot biomasa kering tanaman padi (kiri) dan jagung (kanan) dengan konsentrasi unsur hara pada media tanam (M-50 % dan M-100 %) dan konsentrasi pupuk daun (10, 15, dan 20 %). Bar graph yang diikuti dengan notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan nilai $BNJ_{\alpha=0.05}$.

Untuk tanaman padi, pada grafik sebelah kiri Gambar 1 dapat dilihat bahwa konsentrasi unsur hara pada media tanam, konsentrasi unsur hara pada pupuk daun yang disemprotkan, serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap bobot biomasa kering tanaman padi. Bobot biomasa padi yang ditanam pada media tanam yang mengandung 50 % cairan unsur hara standar lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditanam pada media tanam 100 %. Pada media tanam 50 %, makin tinggi konsentrasi unsur hara pada pupuk daun, makin rendah bobot biomasanya. Hal itu terjadi diduga karena keracunan oleh pupuk daun berkonsentrasi tinggi (> 10 %). Pada media tumbuh 100 %, biomasa (pertumbuhan) tanaman jauh lebih rendah daripada media tumbuh 50 %, dan makin tinggi konsentrasi unsur hara pada pupuk daun, bobot

biomasanya cenderung makin tinggi pula. Pengaruh interaksi dari kedua perlakuan itu bersifat antagonis.

Untuk tanaman jagung (grafik sebelah kanan pada Gambar 1), konsentrasi unsur hara pada media tanam dan pada pupuk daun serta interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap bobot biomasa kering. Namun berdasarkan nilai nominal reratanya tampak bahwa makin tinggi konsentrasi unsur hara pada pupuk daun, biomasanya cenderung makin meningkat. Dapat diinterpretasikan bahwa konsentrasi pupuk daun sampai dengan 20 % ternyata tidak menyebabkan keracunan pada tanaman jagung. Bahkan secara visual memperlihatkan gejala kekahatan unsur hara tertentu (lihat gambar di lampiran).

4.2. Serapan Hara

Rerata serapan hara (N, P, K, Ca, Mg, Zn dan Cu) oleh tanaman padi dan jagung disajikan pada Tabel 2 dan 3. Data selengkapnya dan analisis sidik ragam disajikan pada Lapiran 2.

Seperti tampak pada Tabel 2 dan 3, pola pengaruh serapan hara N, K, Ca, dan Mg oleh tanamn padi dan oleh tanaman jagung, kaitannya dengan perlakuan M (konsentrasi hara pada media tanam) dan persentase hara pada pupuk yang disemprotkan pada daun serta interaksinya, sangat mirif dengan pola pada bobot biomasa tanaman. Karena serapan hara dihitung dari bobot biomasa kali konsentrasi masing-masing unsur hara pada jaringan, pola respon serapan hara terhadap perlakuan seperti dijelaskan di atas menunjukan bahwa konsentrasi masing-masing jenis unsur hara pada jaringan relatif sama (tidak dipengaruhi oleh perlakuan) (lihat Lampiran 3). Keracunan unsur hara karena konsetrasi yang terlalu tinggi pada pupuk yang diberikan melalui daun menyebabkan biomasa tanaman rendah sehingga total hara terserap juga rendah; tetapi konsentrasi hara itu pada jaringan tidak terpengaruh oleh perlakuan (relatif sama).

Tabel 2. Rerata serapan hara oleh tanaman padi

Media Tanam	Konsentrasi Pupuk Daun	Serapan Unsur Hara (mg/pot)						
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
M-50 %	10 %	158.4	29.4	35.9	3.9	0.3	0.04	0.01
	15 %	223.8	30.0	56.7	5.7	0.4	0.04	0.01
	20 %	269.0	24.7	62.0	5.9	0.4	0.04	0.01
M-100 %	10 %	120.2	14.0	30.0	1.7	0.1	0.04	0.01
	15 %	153.8	15.6	41.2	2.1	0.1	0.04	0.01
	20 %	181.6	17.0	45.4	2.2	0.1	0.04	0.01

Tabel 3. Rerata serapan hara oleh tanaman jagung

Media Tanam	Konsentrasi Pupuk Daun	Serapan Unsur Hara (mg)						
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
M-50 %	10 %	138.2	23.3	34.5	11.1	4.2	0.04	0.01
	15 %	163.7	26.2	40.9	13.1	4.9	0.05	0.02
	20 %	144.1	23.1	36.0	11.5	4.3	0.04	0.01
M-100 %	10 %	98.9	15.8	24.7	7.9	3.0	0.03	0.01
	15 %	159.3	25.5	39.8	12.7	4.8	0.05	0.02
	20 %	162.1	25.9	40.5	13.0	4.9	0.05	0.02

Khusus untuk serapan unsur hara Mg, Zn, dan Cu tidak memperlihatkan pola tertentu terkait dengan perlakuan. Unsur-unsur tersebut jumlah yang dibutuhkan tanaman kecil, konsentrasi di dalam jaringan juga snagat kecil. Keterbatasan alat baca yang digunakan (konentrasi yang dapat terdeteksi akhurat oleh AAS dan spektrofotometry) kemungkinan juga menyebabkan tidak terdeteknya pengaruh perlukan terhadap konsntrasi maupun serapan unsur hara tersebut.

4.3. Efisiensi Serapan Hara dari Pupuk Daun

Rerata kuantitas unsur hara (N, P, K, Ca, Mg, Zn, dan Cu) terserap tanaman dari pupuk daun diringkas pada Tabel 4 dan 5, sedangkan data selengkapnya disajikan pada Lampiran 4.

Tabel 4. Kuantitas dan persentase unsur hara terserap tanaman padi dari aplikasi pupuk daun

Media Tanam	Kons. Pupuk Daun	Unsur dari Pupuk Daun	Unsur Hara						
			N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
M-50 %	10 %	mg	38.1	6.2	9.5	3.1	1.2	0.0015	0.00048
		%	95	97	95	97	97	99	96
	15 %	mg	58.3	8.8	14.2	4.5	1.7	0.0022	0.00071
		%	97	92	94	95	96	96	94
	20 %	mg	71.3	11.8	19.2	6.0	2.3	0.0029	0.00095
		%	89	92	96	94	96	95	95
M-100 %	10 %	mg	37.9	6.2	9.5	3.0	1.1	0.0014	0.00048
		%	95	92	95	95	95	96	95
	15 %	mg	55.3	9.1	14.6	4.6	1.7	0.0022	0.00074
		%	92	94	97	96	95	98	99
	20 %	mg	72.0	12.0	19.3	6.0	2.3	0.0029	0.00097
		%	90	94	96	94	97	97	97

Tabel 5. Kuantitas dan persentase unsur hara terserap tanaman jagung dari aplikasi pupuk daun

Media Tanam	Kons. Pupuk Daun	Unsur dari Pupuk Daun	Unsur Hara						
			N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
M-50 %	10 %	mg	38.8	6.2	9.0	3.11	1.12	0.00134	0.00146
		%	97	97	90	97	93	90	97
	15 %	mg	56.5	9.0	14.6	4.54	1.74	0.00218	0.00210
		%	94	93	97	95	96	97	93
	20 %	mg	75.8	12.0	19.0	6.04	2.24	0.00284	0.00281
		%	95	94	95	94	93	95	94
M-100 %	10 %	mg	38.1	6.0	9.5	3.03	1.14	0.00143	0.00140
		%	95	93	95	95	95	95	93
	15 %	mg	54.6	9.1	14.5	4.59	1.68	0.00218	0.00214
		%	91	95	97	96	93	97	95
	20 %	Mg	76.3	12.4	19.0	6.01	2.32	0.00284	0.00291
		%	95	97	95	94	96	95	97

Tabel 4 dan 5 menunjukan bahwa hampir keseluruhan (> 90 %) unsur hara dari pupuk daun yang disemprotkan dan menempel pada daun dan batang tanaman dapat terserap oleh tanaman. Namun demikian, kuantitas unsur hara dari pupuk daun tersebut sangat kecil (25 – 30 %) dibanding total terserap tanaman. Artinya, sumbangan unsur hara dari pupuk daun tersebut relatif kecil dibanding dengan kebutuhan unsur hara tanaman. Berdasarkan kenyataan itu, pertanyaan apakah sebagian besar kebutuhan hara tanaman dapat dipenuhi melalui daun, belum sepenuhnya dapat terjawab dari penelitian ini. Tetapi defisiensi unsur hara dapat dikoreksi melalui pemupukan lewat daun (*foliar application*).

Pemenuhan kebutuhan unsur hara dari daun kemungkinan tetap dapat dilakuan dan efektif jika frekuensi aplikasi pupuk daun ditingkatkan dengan kosentrasi rendah (< 10 % untuk tanaman padi, < 20 % untuk jagung).

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Meningkatnya konsentrasi unsur hara pada media tumbuh (dari 50 ke 100 % larutan unsur hara standar), menurunkan pertumbuhan (biomasa) tanaman padi maupun jagung akibat keracunan; makin tinggi konsentrasi unsur hara pada pupuk daun yang diaplikasikan pada tanaman di media tumbuh yang mengandung unsur hara 50 % cenderung menurunkan pertumbuhan, sebaliknya cenderung meningkatkan pertumbuhan tanaman padi maupun jagung pada media tanam dengan kadar unsur hara 100 % (optimal). Ada pengaruh interaksi dari kedua faktor tersebut yang signifikan terhadap biomasa tanaman padi maupun jagung, dan pengaruh tersebut bersifat antagonis.

Makin tinggi konsentrasi unsur hara pada media tanam maupun pupuk daun meningkatkan total serapan semua jenis unsur hara esensial. Sebagian besar (> 90 %) unsur hara yang diaplikasikan melalui daun dan batang (*foliar application*) pada tanaman padi dan jagung dapat serap oleh tanaman, meskipun kuantitas unsur hara yang diserap dari aplikasi tersebut realtif kecil dibandingkan dengan total serapan unsur hara (kebutuhan) tanaman.

Meskipun foliar fertilization dinilai sangat potensial untuk mengoreksi masalah keharaan pada tanah di lahan sub optimal, pengujian di lapang pada tanah-tanah bermasalah keharaan tersebut (tanah masam, garaman, atau yang sangat kahat hara) perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Bauder, T.A., J.G. Davis, and R.M. Maskom. 2014. Managing saline soils. Fact Sheet No.0.503. Corp Series/Soil. CSU. Ext.

Bennett, W.F. 1993. Plant Nutrient Utilization and Diagnostic Plant Symptoms. In: Benett, W.F. (ed.). Nutrient Deficiencies & Toxicities in Crop Plants. APS Press, The American Phytopathological Society, St Paul Minnesota. pp. 1 – 7.

Bohn, H., B. McNeal and G. O'Cornnor. 1985. Soil chemistry. 2nd Ed. Wiley-Intersciences, Chichester.

Conventry, R.J., G.P. Gillman, M.E. Burton, D. McSkimming, D.C. Burkett, and N.L.R Horner. 2001. Rejuveniting soils with MinplusTM, a rock dust and soil conditioner to improve the productivity of acidic, hightly weathered soils. A Report for RIRDC. Publ. No 01/173. Townsville, Qld.

Fageria, N.K., M.P. B. Filho, A.Moreira, C.M. Guimarães. 2009. Filiar fertilization of crop plants. J. Plant. Nutr. 32: 1044 -1064.

Fermândez, V. and F.H. Brown. 2013. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. Frotiers in Plant Science 4: 1 – 5.

Firtz, A. 1978. Foliar fertilization – a techniques for improved crop production. Acta Horticulture 84: 43 – 56

Gillman, G.P., D.C. Burkett, and R.J. Conventry. 2002. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. Applied Geochem. 17: 987 – 1001.

Girma, K., K.L. Martin., K.W. Freeman, J. Mosali, R.K. Teal, W.R. Raun, S.M. Moges, D.B. Arnall. 2007. Determiantion of optimum rate and growth for foliar applied phosphorus in corn. Comm. Soil Sci. and Plant Anal. 38: 1137 – 1154.

Haq, M.U., A.P. Mallarino. 2000. Soybean yield and nutrient composition as affected by early season foliar fertilization. Agron. J. 92: 16 – 24

Haryono, 2013. Strategi kebijakan Kementrian Pertanian dalam optimalisasi lahan suboptimal mendukung ketahanan pangan nasional. Dalam: Proseding Seminar Nasional Lahan Suboptimal "Intensifikasi Pengelolaan Lahan Suboptimal dalam Rangka Mendukung Kemandirian Pangan Nasional", Palembang 20-21 September 2013

Las, I., M. Sarwani dan A. Mulyani 2012. Laporan Akhir Kunjungan Kerja Tematik dan Penyusunan Model Percepatan Pembangunan Pertanian Berbasis Inovasi Wilayah Pengembangan Khusus Lahan Sub Optimal. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

Marschner, H. 2012. Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. Academic Press, San Diego, CA. Muljadi, D dan S. Arsyad. 1976. Peranan faktor tanah dalam perentjanaan landuse. Seminar Tata Guna Sumber-sumber Alam Pertama. Dit. Landuse, Ditjen Agraria. h. 147-161. Jakarta.

Muljadi, D dan S. Arsyad. 1976. Peranan faktor tanah dalam perentjanaan landuse. Seminar Tata Guna Sumber-sumber Alam Pertama. Dit. Landuse, Ditjen Agraria. h. 147-161. Jakarta

Mulyani A, Syarwani M. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Sub Optimal untuk Pengem-bangan Pertanian di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Lahan Sub-optimal "Inten-sifikasi Pengelolaan Lahan Sub-optimal dalam Rangka Mendukung Kemandirian Pangan Nasional", Palembang 20-21 September 2013.

Notohadiprawiro, T. 2006. Persoalan tanah masam danam pembangunan pertanian di Indonesia. Makalah pendukung pada seminar dies natalis ke 34.

Priyono, J. 2005a. Effect of high-energy milling the performance of silicate rock fertilizers. PhD Theses. The University of Western Australia.

Priyono, J. 2005b. Kimia Tanah. Mataram University Press. Mataram.

SSS. 2014. Keys to soil taxonomy. 12th Ed. US Depatment of Agriculture. Wisconsin. USA.

Sumarlin. 2008. Pengaruh bubuk batuan basalt terhadap pertumbuhan jagung pada tanah garaman. Skripsi S1. Faperta Unram. Mataram

Siyal, A.A., A.G. Siyat, Z.A. Abro. 2002. Salt affected soils, their identification and reclamation. Pakistan J. Appl.Sci. 2(5): 537-540.

Soepardi, G. 1980. Sifat dan ciri tanah. Faperta IPB. Bogor Soil Survey Staff. 2014. The key to soil taxonomy. USDA, NRCS. 12th Edition.

Wahyunto, B. Heryanto, H. Bekti dan F. Widiastuti. 2006. Peta-peta sebaran lahan gambut, luas dan kandungan karbon di Papua. Wetlands International – Indonesia Programme &

Ross M. Welch, R.M. & L. Shuman. 1995. Micronutrient nutrition of plants, Critical Reviews in Plant Sciences, 14:1, 49-82

Lampiran 1. Bobot biomas kering dan hasil analisis sidik ragam tanaman padi

Media	Ulangan	Konsentrasi Pupuk Daun (%)			Jumlah	Rerata
(%)		10	15	20	(g)	(g)
	1	9.54	8.20	8.28	26.01	8.67
50	2	10.42	9.50	8.33	28.24	9.41
	3	10.51	9.47	6.99	26.97	8.99
	Jumlah	30.47	27.17	23.59	81.23	
	Rerata	10.16	9.06	7.86		
	1	4.32	5.64	5.46	15.41	5.14
100	2	4.73	5.01	5.46	15.20	5.07
	3	5.04	5.70	5.02	15.76	5.25
	Jumlah	14.08	16.36	15.93	46.37	
	Rerata	4.69	5.45	5.31		

ANOVA						
Sumber	DB	JK	RJK	F-hitung	F-0.05	F 0.01
Media (M)	1	67.51	67.51	231.29	4.84	9.33
Kons.(K)	2	2.35	1.17	4.02	3.89	6.93
M x K	2	6.51	3.26	11.15	3.89	6.93
Galat	12	3.50	0.29			
Total	17	79.87				
$BNJ0_{\alpha = 0.05}$				0.628538		

Lampiran 2. Bobot biomas kering dan hasil analisis sidik ragam tanaman jagung

Media	Ulangan	Konsentrasi Pupuk Daun (%)			Jumlah	Rerata
(%)		10	15	20	(g)	(g)
	1	2.25	2.47	4.31	9.03	3.01
50	2	3.05	3.56	3.31	9.93	3.31
	3	1.80	2.42	3.75	7.97	2.66
	Jumlah	7.11	8.45	11.36	26.92	
	Rerata	2.37	2.82	3.79		
	1	1.48	2.17	1.71	5.36	1.79
100	2	3.01	2.42	2.66	8.09	2.70
	3	2.35	3.43	2.92	8.69	2.90
	Jumlah	6.84	8.01	7.29	22.14	
	Rerata	2.28	2.67	2.43		

ANOVA						
Sumber	DB	JK	RJK	F-hitung	F-0.05	F 0.01
Media (M)	1	1.27	1.27	3.04	4.84	9.33
Kons.(K)	2	1.85	0.92	2.21	3.89	6.93
M x K	2	1.54	0.77	1.85	3.89	6.93
Galat	12	5.00	0.42			
Total	17	9.65				

Lampiran 3. Kadar hara jaringan tanaman padi

Perlakuan	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
	%	%	%	%	%	ppm	ppm
M1K1-1	1.56	0.32	0.36	0.043	0.0144	172	57
M1K1-2	1.56	0.29	0.39	0.041	0.0137	182	61
M1K1-3	1.56	0.26	0.31	0.031	0.0103	200	67
M1K2-1	2.82	0.31	0.57	0.057	0.0190	324	108
M1K2-2	1.82	0.33	0.55	0.055	0.0183	262	87
M1K2-3	2.82	0.35	0.75	0.075	0.0250	236	79
M1K3-1	3.42	0.32	0.68	0.068	0.0227	381	127
M1K3-2	3.42	0.32	0.84	0.084	0.0280	388	129
M1K3-3	3.42	0.3	0.86	0.092	0.0307	424	141
M2K1-1	2.56	0.27	0.64	0.035	0.0232	381	127
M2K1-2	2.56	0.24	0.64	0.031	0.0312	383	128
M2K1-3	2.56	0.38	0.64	0.042	0.0280	372	124
M2K2-1	2.82	0.31	0.76	0.035	0.0348	435	145
M2K2-2	2.82	0.29	0.72	0.038	0.0384	478	159
M2K2-3	2.82	0.26	0.78	0.042	0.0420	468	156
M2K3-1	3.42	0.35	0.86	0.044	0.0440	570	190
M2K3-2	3.42	0.29	0.86	0.038	0.0490	574	191
M2K3-3	3.42	0.32	0.86	0.040	0.0510	682	227

Lampiran 4. Kadar hara jaringan tanaman jagung

Perlakuan	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu
	%	%	%	%	%	ppm	ppm
M1K1-1	4.55	0.89	1.14	0.364	0.137	13.65	4.55
M1K1-2	4.65	0.74	1.16	0.372	0.140	13.95	4.65
M1K1-3	4.58	0.73	1.15	0.366	0.137	13.74	4.58
M1K2-1	4.82	0.77	1.21	0.386	0.145	14.46	4.82
M1K2-2	4.98	0.80	1.25	0.398	0.149	14.94	4.98
M1K2-3	5.03	0.80	1.26	0.402	0.151	15.09	5.03
M1K3-1	5.24	0.84	1.31	0.419	0.157	15.72	5.24
M1K3-2	5.48	0.88	1.37	0.438	0.164	16.44	5.48
M1K3-3	5.48	0.88	1.37	0.438	0.164	16.44	5.48
M2K1-1	5.52	0.88	1.38	0.442	0.166	16.56	5.52
M2K1-2	5.32	0.85	1.33	0.426	0.160	15.96	5.32
M2K1-3	5.82	0.93	1.46	0.466	0.175	17.46	5.82
M2K2-1	5.84	0.93	1.46	0.467	0.175	17.52	5.84
M2K2-2	5.92	0.95	1.48	0.474	0.178	17.76	5.92
M2K2-3	5.98	0.96	1.50	0.478	0.179	17.94	5.98
M2K3-1	5.08	0.81	1.27	0.406	0.152	15.24	5.08
M2K3-2	5.75	0.92	1.44	0.460	0.173	17.25	5.75
M2K3-3	5.82	0.93	1.46	0.466	0.175	17.46	5.82