

Perbaikan Tanah untuk Meningkatkan Efektivitas dan Efisiensi Pemupukan Berimbang dan Produktivitas Lahan Kering Masam

Soil Improvement to Increase the Effectiveness and Efficiency of Balanced Fertilization and Productivity of Acid Upland

Antonius Kasno

Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor

E-mail: antkasno@gmail.com

Diterima 9 September 2019, Direview 10 September 2019, Disetujui dimuat 22 Desember 2019, Direview oleh Wiwik Hartatik dan Anny Mulyani

Abstrak. Potensi lahan kering masam tersedia cukup luas untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian, kendala utama tingkat kemasaman yang tinggi, hara makro primer dan sekunder rendah, C-organik rendah, kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa rendah. Kandungan Al dan Fe tinggi, sehingga menghambat ketersediaan hara, dan dapat berkumpul di daerah perakaran serta meracuni tanaman. Tanah masam lahan kering terletak pada kondisi yang berombak sampai bergelombang, sehingga penataan lahan berdasarkan konservasi tanah perlu dilakukan. Perbaikan tanah merupakan tindakan untuk mengurangi pengaruh kemasaman tanah, ketersediaan Al, dan Fe dengan memberikan bahan ameliorant seperti kapur pertanian, dolomit, bahan organik dan biochar. Penataan lahan dapat dilakukan dengan penanaman disesuaikan dengan kemiringan lahan, pembuatan teras, pengaturan saluran pembuangan air, dan perbaikan tanah di daerah perakaran juga perlu dilakukan. Pemupukan berimbang sangat efektif dan efisien dilakukan pada lahan kering masam yang sudah baik, dan kendala kemasaman diminimalis. Pemupukan berimbang dilakukan berdasarkan pada status hara tanah dan kebutuhan hara oleh tanaman.

Kata kunci: Perbaikan / lahan kering masam / efektivitas / pemupukan berimbang/ produktivitas lahan

Abstract. The potential for acid upland is enough available to be developed into agricultural land, the main constraints are high acidity, low primary and secondary macro nutrients, low C-organic, cation exchange capacity and low base saturation. Al and Fe content are high, thus inhibiting nutrient availability, and can gather in rooting and poisoning plants. Upland acid soil is in a choppy to undulating condition, so land management based on soil conservation needs to be done. Soil improvement is an action to reduce the effect of soil acidity, availability of Al, and Fe by providing ameliorant materials such as agricultural lime, dolomite, organic matter and biochar. Land use planning can be done by planting in accordance with the slope of the land, making terraces, regulating the drainage system, and repairing the soil in the root zone. Balanced fertilization is very effective and efficient done on acidic upland that is already good, and minimizing acidity constraints. Balanced fertilization is based on soil nutrient status and nutrient requirements of the plant.

Keywords: Improvement / acid upland / effectiveness / balanced fertilization / land productivity

PENDAHULUAN

Lahan kering masam merupakan salah satu lumbung pangan nasional yang terbentuk di daerah dengan curah hujan tinggi (>2.000 mm/tahun). Pelapukan dan pencucian terjadi sangat intensif, fraksi pasir sukar lapuk didominasi kuarsa, fraksi liat kaolinit dan tanah bersifat masam serta kejenuhan basa rendah. Tanah masam dicirikan oleh pH rendah (<5,5), kejenuhan basa dan kapasitas tukar kation rendah, kandungan hara N, P, dan K rendah, serta kejenuhan Al tinggi. Kejenuhan Al yang tinggi dapat memfiksasi hara P dan tidak tersedia bagi tanaman, dalam kompleks jerapan hara K antagonis

dengan kation lain dan menjadi tidak tersedia. Luas tanah masam di Indonesia 99,56 juta ha, tanah Ultisols seluas 45,09 juta ha dan Oxisols 14,20 juta ha (Hidayat dan Mulyani 2005). Secara alami tanah Ultisol dan Oxisol berbahan induk masam dan miskin termasuk potensi kesuburannya sangat rendah.

Produktivitas tanaman pangan pada lahan kering masam umumnya rendah karena tingkat pengelolaannya tidak berdasarkan pada karakteristik tanah. Pemberian kombinasi 30 ton pupuk kandang/ha, 14 kg hara mikro dan pemberian kapur untuk mencapai kejenuhan Al 10% menghasilkan berat segar dan berat kering trubus jagung tertinggi (Indrasari dan

Syukur 2006). Pemberian kompos tanaman *Gliricidia* dan *Tithonia* 20 ton/ha nyata meningkatkan berat kering tanaman jagung, meningkatkan pH mendekati pH 5,5 (Wahyudi 2009). Pemberian bahan organik dan pupuk anorganik dapat meningkatkan produksi kedelai dan ubi kayu dibandingkan hanya menggunakan pupuk anorganik (Muzaijanah dan Subandi 2016).

Pengelolaan lahan kering masam belum didasarkan pada karakteristik lahan atau faktor pembatas utama pertumbuhan dan produksi tanaman. Pengelolaan keseimbangan hara belum menjadi dasar dalam praktek pemupukan, pemupukan N tinggi tanpa diikuti oleh pengelolaan hara yang lain. Pemupukan anorganik menjadi efektif dan efisien jika dilakukan pada lahan kering masam yang tingkat kesuburan fisik dan biologi sudah baik. Perbaikan tanah sebagai kunci yang perlu dilakukan agar tanah menjadi optimum dalam penyediaan hara tanaman. Masalah utama pada lahan kering masam adalah kemasaman tanah dan kandungan Al tinggi, KTK, kejenuhan basa, dan C-organik rendah. Pengelolaan lahan kering masam yang intensif tanpa mempertimbangkan keseimbangan hara dapat menyebabkan rendahnya kandungan C-organik, hara makro primer dan sekunder, serta meningkatkan kemasaman tanah dan Al dapat dipertukarkan.

Perbaikan tanah ditujukan untuk memperbaiki sifat kimia, fisik dan biologi tanah. Perbaikan sifat fisik tanah dilakukan agar penetrasi dan perkembangan akar lebih baik, serta penyerapan hara oleh akar optimum, kehilangan hara akibat erosi dan aliran permukaan dapat dikurangi. Sedangkan perbaikan biologi tanah dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah untuk mendukung perkembangan mikroorganisme tanah. Perkembangan mikrobiologi yang optimum dapat meningkatkan proses biokimia dalam tanah sehingga hara tanah lebih tersedia. Fiksasi hara N oleh *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan, N organik dalam jaringan makhluk hidup menjadi NH_4^+ dibantu oleh mikroba dekomposer.

Perbaikan sifat fisik dan biologi tanah juga dilakukan dengan pengolahan tanah, penambahan bahan amelioran, seperti bahan organik sisa tanaman, sisa hewan, biochar, kapur, dan dolomit. Pemberian biochar 10 ton/ha dan pemberian pupuk kompos 20 ton/ha meningkatkan berat kering pipilan jagung 35,56% dan 16,58% dibandingkan tanpa biochar dan pupuk kompos (Lelu *et al.* 2018). Pemberian kapur pertanian atau dolomit dapat meningkatkan pH tanah, sehingga kandungan Al dapat dipertukarkan (Al-dd)

yang memfiksasi P dan tidak tersedia bagi tanaman dapat dikurangi.

Makalah bertujuan untuk menelaah peningkatan produktivitas lahan dan tanaman lahan kering masam melalui perbaikan tanah sebelum pemupukan berimbang.

KARAKTERISTIK DAN PRODUKTIVITAS LAHAN KERING MASAM

Karakteristik Lahan Kering Masam

Lahan kering masam didominasi oleh tanah Ultisol, Oxisol dan Inceptisol. Tanah ini umumnya berwarna kuning sampai merah dan telah mengalami pelapukan lanjut dengan kandungan fraksi pasir yang didominasi oleh kuarsa, dan opak, sedangkan fraksi liat didominasi oleh kaolinit, goetit, dan hematit, mempunyai liat aktivitas rendah, bersifat masam, kandungan hara rendah, dan kejenuhan Al tinggi (Tabel 1) (Prasetyo dan Suharta 2004, Prasetyo 2009). Pada kondisi tanah dengan fraksi pasir kuarsa dan opak yang dominan menunjukkan bahwa tanah sudah miskin dan tidak ada lagi yang bisa dilapukan. Tanah merah menunjukkan kandungan Fe yang tinggi, pada kondisi kering Fe bervalensi 3 dan tidak dapat diserap oleh tanaman.

Tanah Oxisol di Panyipatan, Tanah Laut bersifat masam dengan pH berkisar 4,1-4,9, kandungan C-organik 2,36-2,80%, KTK tanah 8,80-11,53 cmol(+)/kg, dan kejenuhan basa 8-46%, serta didominasi liat kaolinit (Yatno dan Prasetyo 2010). Oxisols dari granodiorite bersifat masam, C-organik sedang sampai tinggi, kejenuhan Al tinggi, KTK tanah rendah, dan basa-basa dan P tersedia rendah, serta didominasi fraksi kuarsa (Yatno 2010). Tanah Oxisol termasuk tanah yang kurang subur dengan pembatas utama pertumbuhan dan hasil tanaman antara lain: kemasaman tanah dan kandungan Al tinggi, ketersediaan hara N, P dan K serta C-organik rendah dan mudah tererosi. Tanah Oxisol di Sonay dan Sitiung, Jambi didominasi mineral liat kaolinit, KTK tanah rendah, kejenuhan basa rendah, dan kejenuhan Al tinggi (Anda *et al.* 2001).

Tanah Ultisol merupakan tanah masam yang mempunyai horizon argilik sebagai hasil iluviasi liat dari lapisan di atasnya. Kandungan liat pada horizon argilik nyata lebih tinggi dibandingkan dari lapisan di atasnya. Di Kalimantan Selatan tanah ini berasal dari

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia tanah masam lahan kering beberapa lokasi di Indonesia

Table 1. Physical and chemical properties of acid upland soils in several locations in Indonesia

Sifat tanah	Satuan	Purbolinggo, Lampung Timur ¹	Cigudeg, Bogor ²	Braja Selehah, Lampung Timur ³	Panyipatan, Tanah Laut ⁴	Cikembar, Sukabumi ⁵
Tekstur		Liat	Liat	Liat	Liat	Liat
Pasir	%	41	7	18	7	2
Debu	%	17	9	15	19	13
Liat	%	42	84	67	74	85
pH H ₂ O		5,0	4,3	4,3	4,3	4,2
pH KCl 1N		4,4	4,0	3,9	4,1	3,9
Bahan organik						
C-organik	%	1,00	1,78	1,65	1,57	1,52
N-total	%	0,08	0,20	0,20	0,13	0,13
C/N		13	9	8	12	12
Ekstrak HCl 25%						
P ₂ O ₅	mg 100 g ⁻¹	32	38	36	12	63
K ₂ O	mg 100 g ⁻¹	2	5	8	5	15
P ₂ O ₅ Bray 1	mg kg ⁻¹	25,2	5,7	7,5	5,3	5,4
Ekstrak CH ₃ COONH ₄ 1M pH 7						
Ca	cmol(+) kg ⁻¹	0,64	2,80	1,64	0,79	2,01
Mg	cmol(+) kg ⁻¹	0,17	0,75	1,15	0,30	0,78
K	cmol(+) kg ⁻¹	0,01	0,05	0,13	0,09	0,29
Na	cmol(+) kg ⁻¹	0,11	0,17	0,05	0,06	0,02
KTK	cmol(+) kg ⁻¹	5,4	11,04	14,49	8,3	14,22
KB	%	17	34	20	15	44
Ekstrak KCl 1M						
Al ³⁺	cmol(+) kg ⁻¹	1,74	1,78	7,35	1,66	2,79
H ⁺	cmol(+) kg ⁻¹	0,43	0,26	0,06	0,33	0,38
Kejenuhan Al	%	56	31	71	51	44

Keterangan: ¹) Hartatik dan Purwani (2017), ²) Subiksa dan Sabiham (2009), ³) Kasno dan Suatika (2017), ⁴) Sutriadi *et al.* (2004), ⁵) Purnomo *et al.* (2005)

batuan granit dan sedimen didominasi oleh mineral liat kaolinit dan mineral pasir kuarsa dan opak (Anda *et al.* 2000) yang menunjukkan bahwa tanah sudah mengalami pelapukan lanjut. Tanah bersifat masam (pH 3,8-5,7), kandungan hara N, P, K, Ca dan Mg rendah, serta KTK dan KB rendah.

Lahan kering dari batuan vulkanik di Sukabumi bersifat masam sampai agak masam, kandungan hara N, P, dan K tersedia rendah, kejenuhan Al tinggi sampai sedang, fraksi liat didominasi oleh liat tipe 1:1 (haloisit dan kaolinit) (Subardja 2007). Kandungan C-organik lahan kering masam umumnya rendah, menurut Anda *et al.* (2008) rendahnya C-organik

ditentukan oleh kandungan liat dalam tanah serta tingkat mineralisasi C yang rendah, setiap peningkatan 15% liat dapat mengionservasi 0,3% C-organik dalam waktu 12 bulan. Produksi kacang tanah maksimum dicapai pada tanah dengan kandungan liat 30-45% dan C-organik 1,8-1,9%.

Terdapat hubungan yang erat antara kandungan C-organik dengan N-total, karena sebagian besar N-organik berasal dari dekomposisi bahan organik. Kandungan C-organik pada lahan kering berkorelasi positif dengan N-total (Vityakon *et al.* 2000). Kandungan C-organik yang rendah dapat disebabkan

oleh pengelolaan lahan yang kurang tepat, penggunaan bahan organik tidak pernah dilakukan dan bahan organik sisa hasil tanaman dibuang dari lahan atau dibakar. Selain itu juga disebabkan oleh laju dekomposisi bahan organik yang cepat di daerah tropik karena curah hujan yang tinggi dan suhu yang tinggi.

Pada lahan kering masam, kandungan hara P dan K rendah disebabkan oleh bahan induk yang miskin hara P dan K atau tingkat pelapukan intensif sehingga batuan yang ada tinggal batuan yang sukar lapuk seperti kuarsa dan opak. Pengelolaan lahan yang kurang tepat antara lain pemberian pupuk P dan K kurang sesuai dengan status hara dan kebutuhan tanaman sehingga menguras hara dari dalam tanah. Kandungan Al yang tinggi pada tanah masam, kandungan C-organik yang rendah menyebabkan mikroorganisme tidak berkembang dengan baik, mungkin juga menjadi penyebab ketidaktersediaan hara tanah P dan K.

Kandungan Ca, Mg, dan K dapat dipertukarkan dalam tanah rendah, sehingga kandungan Al yang sedikitpun menyebabkan kejenuhan Al dalam tanah tinggi. Rendahnya kandungan Ca, Mg dan K dapat dipertukarkan karena tingkat pencucian yang tinggi dan batuan sisa pelapukan memang miskin hara. Pemberian kapur pertanian maupun dolomit ditujukan untuk menurunkan kandungan Al dalam tanah dan meningkatkan pH tanah, selain sebagai sumber hara Ca dan Mg. Perbaikan tanah dengan bahan ameliorant bahan organik dan biochar dapat meningkatkan pH tanah (Subiksa *et al.* 2014), bahan organik hasil pangkasan *Flemingia congesta* dalam tanaman lorong dapat meningkatkan hara Ca, Mg dan K (Kasiran 2008).

Produktivitas Tanaman Lahan Kering Masam

Pembatas utama pertumbuhan tanaman pangan pada lahan kering masam, antara lain tingkat kemasaman yang tinggi, kandungan C-organik rendah, kandungan hara makro rendah, dan kandungan Al dapat dipertukarkan tinggi. Pengelolaan lahan kering masam ditingkat petani tidak optimal dan belum didasarkan pada karakteristik tanah dan kebutuhan hara tanaman. Produktivitas padi di Bongo, Sarmi, Papua dengan Varietas Situbagendit yang dipupuk 50 kg Urea dan 100 kg Phonska/ha adalah 1,8 ton/ha (Beding *et al.* 2017). Produktivitas padi gogo varietas Towuti dan Situbagendit yang ditanam di Kebun

Percobaan Samboja, BPTP Kaltim, Kutai Kertanegara masing-masing 1,29 dan 1,90 ton/ha (Danial dan Nurbani 2015). Hal yang sama disampaikan oleh Sujitno *et al.* (2011) bahwa hasil padi varietas lokal yang ditanam petani di Desa Jatiwangi, Pakenjeng, Garut masih sangat rendah yaitu 1,8 ton/ha, sementara penggunaan varietas unggul dapat meningkat menjadi 2,8–4,5 ton/ha. Hasil padi gogo di Konawe Varietas Inpago LIPI Go 2, Inpago LIPI Go1 dan Kolono yang dipupuk dengan dosis anjuran masing-masing adalah 3,8; 3,2 dan 3,0 ton/ha (Mulyaningsih *et al.* 2015).

Selain padi yang umum ditanam di lahan kering antara lain, jagung, kedelai, kacang tanah dan singkong. Hasil jagung pada lahan kering tanah Ultisol di Desa Keban, Lahat yang dikelola oleh petani 4,12 ton/ha (Thamrin dan Hutapea 2016). Produksi jagung pada tanah Ultisol dan Oxisol daerah Panyipatan, Tanah Laut yang mempunyai pH 4,4 dan 4,1 serta kandungan C-organik, hara N, P, dan K rendah adalah 3,5 dan 3,6 ton/ha (Suastika *et al.* 2004). Pengelolaan lahan kering untuk jagung di Bagan Pete, Kotabaru, Jambi oleh petani dipupuk dengan 100 kg Urea, 100 kg SP-36 dan 75 kg KCl/ha, hasil yang diperoleh masih cukup rendah, yaitu 4,0 ton/ha (Edi dan Salvia 2009). Total biomasa dan hasil biji kering jagung pada lahan kering di Tamanbogo, Lampung Timur yang dipupuk 5 ton/ha pupuk kandang, 300 kg urea, 187,5 kg SP-36 dan 75 kg KCl/ha belum bisa optimal, masing-masing hanya 4,73 dan 4,21 ton/ha, sementara yang hanya ditambah 5 ton pupuk kandang/ha hanya menghasilkan total biomasa dan berat biji kering 1,42 dan 1,46 ton/ha (Sulaeman *et al.* 2017).

Produktivitas jagung tertinggi dicapai di Jawa dengan produktivitas berkisar antara 5,48-5,93 ton/ha (Tabel 2) (BPS 2018). Trend peningkatan tertinggi terjadi antara tahun 2011 dan 2012, sedangkan pada tahun selanjutnya telah terjadi produksi yang sudah tidak meningkat atau sama dari tahun ke tahun. Sedangkan produksi rendah terjadi di Kalimantan, Papua dan Maluku, rendahnya produktivitas jagung dipengaruhi oleh rendahnya produktivitas tanah, kondisi iklim dan tingkat pengelolaan oleh petani. Perbedaan produktivitas tanah antara Jawa dan luar Jawa disebabkan oleh perbedaan tingkat kesuburan tanah dan tingkat pengelolaan oleh petani.

Ubi kayu termasuk tanaman pangan yang cukup tinggi hasilnya, rata-rata hasil pada tahun 2015 sekitar 22,95 ton/ha (BPS 2018). Produktivitas ubi kayu tertinggi dicapai di Sumatera, disusul Jawa, Sulawesi

Tabel 2. Rata-rata produktivitas jagung per pulau di Indonesia pada 2011 – 2015

Table 2. The average productivity of corn in Indonesia, based on Island in 2011-2015

Pulau	Produktivitas tanaman jagung (ton/ha)				
	2011	2012	2013	2014	2015
Sumatera	4,13	4,16	4,29	4,28	4,38
Jawa	5,48	5,83	5,74	5,62	5,93
NT + Bali	4,53	4,76	4,72	4,75	4,98
Kalimantan	3,51	3,55	3,67	3,71	3,50
Sulawesi	4,79	4,71	4,84	4,87	5,03
Papua + Maluku	3,82	3,86	4,01	4,12	4,42
Indonesia	4,98	5,14	5,15	5,14	5,34

Sumber: BPS (2018)

dan Kalimantan. Ubi kayu merupakan tanaman yang produktivitasnya jauh lebih tinggi dibandingkan yang lain sehingga kebutuhan haranya jauh lebih tinggi. Sementara pemupukan ubi kayu dosisnya relatif sama dengan dosis pemupukan tanaman pangan lainnya. Kekurangan hara yang dibutuhkan ubi kayu akan mengambil hara dalam tanah, dengan demikian akan terjadi pengurasan hara. Kebutuhan hara ubi kayu pada lahan kering masam dengan rata-rata hasil 40 ton/ha adalah 62 kg N, 15 kg P dan 126 kg K/ha (Howeler 2002, Subandi 2011) atau 138 kg Urea, 95 kg SP-36 dan 253 kg KCl/ha. Kebutuhan K untuk ubi kayu jauh lebih tinggi dibandingkan kebutuhan hara N dan P, sementara kandungan hara K pada tanah masam rendah.

Kedelai merupakan tanaman pangan yang biasa ditanam pada musim tanam kedua atau ketiga. Tanaman ini merupakan tanaman yang peka terhadap kemasaman tanah terutama kejenuhan Al. Batas toleransi pH tanah terhadap hasil kedelai untuk tanah Ultisol, Oxisol dan Inceptisol adalah 4,7 sementara batas kejenuhan kemasaman (Al + H) untuk Ultisol adalah 10% dan untuk Oxisol dan Inceptisol 15% (Wade *et al.* 1986). Pemberian kapur dengan takaran $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ kali Al-dd dapat menurunkan Al-dd dan kejenuhan Al pada tanah dengan Al tinggi dan rendah (Amien dan Sudjadi 1985). Hasil kedelai di Tulang Bawang dan Lampung Tengah dari ketiga varietas (Tanggamus, Sibayak dan Willis) rata-rata masih kurang dari 1,0 ton/ha (Taufiq dan Manshuri 2005).

Tanpa pengelolaan yang tepat produksi tanaman pangan pada lahan kering masam masih rendah dan tidak sesuai dengan potensi hasil tanaman.

Faktor pembatas pertumbuhan pada tanah masam antara lain: kemasaman tanah yang tinggi, kandungan C-organik yang rendah, kandungan hara makro N, P, dan K rendah, demikian juga kandungan hara Ca dan Mg rendah, sementara kandungan Al-dd tinggi. Kandungan Al yang tinggi dapat langsung berpengaruh meracuni akar tanaman dan tidak dapat menyerap hara tanah, selain itu berpengaruh terhadap ketersediaan hara P dan K serta tidak tersedia bagi tanaman. Perbaikan tanah masam dengan pemberian ameliorant berupa pengapuran dan penambahan bahan organik baik *in situ* atau kotoran hewan sangat diperlukan agar pemupukan dapat efektif dan efisien.

PERBAIKAN TANAH LAHAN KERING MASAM

Target perbaikan tanah pada lahan kering masam dapat dilakukan dengan pemberian amelioran dengan maksud untuk mereduksi faktor penghambat pertumbuhan tanaman. Faktor penghambat pertumbuhan dan hasil tanaman pangan pada tanah masam terutama kemasaman tanah dan tingginya kandungan Al dalam tanah, serta rendahnya C-organik dan hara makro. Selain itu tanah masam lahan kering seperti Ultisol, Oxisol dan Inceptisol pada umumnya terbentuk pada fisiografi lahan yang berombak sampai bergelombang, sehingga penataan lahan perlu dilakukan agar aliran permukaan dan erosi dapat dikendalikan. Sebagian besar tanah masam mempunyai fraksi liat tipe 1:1 atau kaolinit yang peka terhadap erosi, mempunyai KTK tanah yang rendah dan tidak bisa memegang hara tanah.

Penataan lahan merupakan upaya pertama yang harus dilakukan agar aliran permukaan dan erosi dapat dikendalikan. Teknik konservasi lahan seperti penanaman sesuai dengan kontur, pembuatan terasering, teras gulud dan penanaman rumput pada bibir teras merupakan upaya untuk menurunkan erosi. Pengaturan saluran pembuangan air alami dengan perbaikan saluran-saluran yang ada dengan pembuatan rorak-rorak dalam saluran dapat menghambat laju pengumpulan air yang dapat merusak lahan. Upaya penutupan lahan dengan pola tanam tumpangsari, penutupan lahan dengan sisa tanaman hasil panen, dengan tanaman penutup tanah juga merupakan upaya untuk melestarikan lahan. Pertanaman lorong pada lahan kering masam dapat membantu dalam mengurangi erosi tanah dengan memperlambat aliran permukaan, atau bahan organik yang dihasilkan dapat membantu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan perkolasi.

Kemasaman tanah yang tinggi merupakan kendala yang harus diperbaiki antara lain meningkatkan pH tanah dan menurunkan kandungan Al yang tinggi dalam tanah. Pemberian kapur pertanian dan dolomit merupakan upaya untuk meningkatkan pH tanah dan menurunkan Al-dd. Pemberian kapur pertanian dapat meningkatkan pH tanah, hara Ca, kapasitas tukar kation dan menurunkan Al-dd (Amien *et al.* 1985, Wade *et al.* 1986, Yunus 2006), selain itu juga dapat meningkatkan hasil kedelai. Batas kritis pH tanah dan Al-dd untuk tanaman gandum pada Ultisol di Qiyang, Hunan 5,29 dan 0,56 cmol(+)/kg, dan di Langxi, Anhuai 4,66 dan 1,72 cmol(+)/kg (Baquy *et al.* 2017). Pemberian dolomit yang mengandung Ca dan Mg dapat meningkatkan N-total, KTK, dan KB serta meningkatkan hasil kedelai (Syahputra *et al.* 2015). Pemberian kapur untuk menurunkan kejenuhan Al menjadi 20% dan pemberian pupuk phonska 300 kg/ha

dapat meningkatkan hasil kedelai dari 0,45 menjadi 0,69 ton/ha (Subandi dan Wijanarko 2013).

Kandungan Al yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan akar tanaman hingga tanaman tidak mampu menyerap hara bagi tanaman. Fiksasi hara P oleh Al terjadi pada lahan kering tanah masam, sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Pemberian kapur dapat menurunkan kandungan Al-dd dalam tanah, dapat melepaskan hara P baik yang ditambahkan maupun yang ada dalam tanah menjadi tersedia bagi tanaman. Pada tanah masam menurunkan kandungan Al-dd dan meningkatkan pH tanah merupakan hal yang harus dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman. Pemberian pupuk P yang mudah larut dalam air seperti SP-36 dan TSP kurang efektif jika lahan kering masam tidak diperbaiki dengan pemberian bahan organik atau pengapuran terlebih dahulu. Perbaikan tanah masam dapat meningkatkan pH dan menurunkan Al-dd, memperbaiki fisik tanah sehingga pupuk P yang diberikan lebih mudah tersedia dan diserap tanaman.

Hara K bersama Al berada dalam kompleks jerapan dan terjadi antagonism yang saling meniadakan. Magdoff dan Bartlett (1980) menyampaikan bahwa pemberian kapur meningkatkan pH dan KTK tanah, namun menurunkan kalium terlarut. Pada awalnya pengapuran mengurangi K larut dalam air dan K dapat dipertukarkan, namun meningkatkan K yang tidak dapat dipertukarkan (Das dan Saha 2014). Pemberian kapur dan pupuk kandang nyata meningkatkan hasil kedelai, pengapuran meningkatkan hasil kedelai dari 1,39 menjadi 1,71 ton/ha, dan pemberian pupuk kandang meningkatkan hasil kedelai dari 0,94 menjadi 2,01 ton/ha (Yunus 2006). Peningkatan hasil kedelai lebih besar dengan pemberian pupuk kandang (1,07 ton/ha) dibandingkan

Tabel 3. Peningkatan hasil ubi kayu dengan pengapuran pada lahan kering masam di Metro dan Tulang Bawang tahun 2003 dan 2004

Table 3. Increased yield of cassava by liming the acid upland soils in Metro and Tulang Bawang in 2003 and 2004

Lokasi	Dosis kapur dan hasil ubi kayu (ton/ha)		
	0 kg/ha	300 kg/ha	600 kg/ha
Metro, Lampung			
2003	32,84	39,56	39,44
2004	15,21	17,68	17,08
Tulangbawang, Lampung			
2003	26,59	30,87	27,85
2004	15,36	17,61	17,20

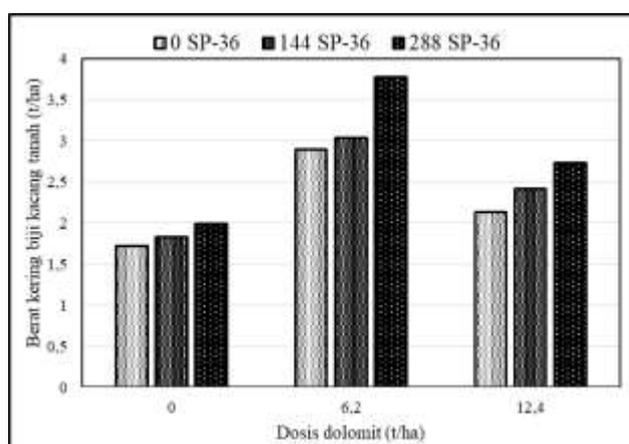
Sumber: Ispandi dan Munip 2005

dengan pemberian kapur (0,32 ton/ha). Pemberian kapur nyata meningkatkan hasil ubi kayu di Metro dan Tulangbawang, Lampung pada tahun 2003 dan 2004 (Tabel 3). Hasil ubi kayu tertinggi pada pemberian 300 kg kapur/ha, dan penambahan menjadi 600 kg kapur/ha tidak meningkatkan yang signifikan. Hasil ubi kayu pada tahun 2004 jauh lebih rendah dibandingkan pada tahun 2003, hal ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan setiap tahun.

Perilaku petani yang tidak menggunakan bahan organik sebagai bahan penyubur tanah merupakan salah satu penyebab rendahnya kandungan C-organik tanah. Pengaruh pupuk anorganik yang lebih cepat dan nyata menyebabkan petani tidak tertarik menggunakan bahan organik sebagai bahan penyubur tanah. Rendahnya kandungan C-organik tanah menyebabkan berkurangnya tingkat kesuburan tanah baik kimia, fisika maupun biologi tanah. Penambahan bahan organik nyata meningkatkan stabilitas agregat tanah Indralaya (Utama *et al.* 2018). Nurida *et al.* (2015) menyampaikan bahwa pembenah tanah Biochar SP50 mampu meningkatkan kualitas sifat fisik tanah masam lahan kering dalam meningkatkan air tersedia tanah hingga mencapai 11,0%. Selanjutnya juga disampaikan bahwa pembenah tanah dapat meningkatkan pH tanah dan kandungan P tanah, serta menurunkan kandungan Al-dd.

Pemberian biochar satu musim tanam belum berpengaruh terhadap sifat fisika tanah, namun mampu meningkatkan K potensial, pemberian dolomit mampu meningkatkan pH tanah dan aktivitas mikroba serta menurunkan Al-dd (Hartatik *et al.* 2015). Biochar limbah pertanian yang diberikan baru satu musim tanam belum berpengaruh terhadap sifat fisik tanah namun mampu meningkatkan pH tanah (Nurida *et al.* 2013). Major *et al.* (2010) aplikasi biochar pada musim pertama tidak meningkatkan hasil jagung namun dapat meningkatkan hasil jagung 28, 30 dan 140% pada tahun ke 2, 3, dan 4 (2004, 2005, dan 2006), aplikasi biochar juga meningkatkan pH tanah, Ca dan Mg serta menurunkan $Al^{3+} + H^+$. Pemberian biochar untuk tanaman jagung di Susut, Bangli pada MH. 2015/2016 nyata meningkatkan hasil jagung, hasil jagung tertinggi dicapai pada dosis 10 ton/ha (Lelu *et al.* 2018). Limbah pertanian berupa sisa hasil panen, maupun gulma dan tanaman liar di lingkungan pertanian belum dimanfaatkan secara optimal oleh petani. Kualitas tanah pada lahan kering masam dapat ditingkatkan antara lain dengan pemberian biochar limbah pertanian.

Bahan organik merupakan bahan yang dapat ditambahkan ke tanah untuk memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah. Lahan kering masam yang dikelola intensif, sisa hasil panen diangkut ke luar, dan pemberian bahan organik tidak dilakukan umumnya kandungan C-organik rendah. Pemberian bahan organik berupa kotoran ayam, kotoran sapi dan kompos nyata meningkatkan pH, kandungan C, N, P, dan K, serta serapan hara N, P, dan K oleh tanaman ubi jalar pada tanah Entisol Kediri (Afandi *et al.* 2015). Bahan organik dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemupukan NPK baik tunggal maupun majemuk. Pemberian pupuk kandang pada pemupukan NPK tunggal dapat meningkatkan hasil jagung di Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat (Sirappa dan Razak 2010).



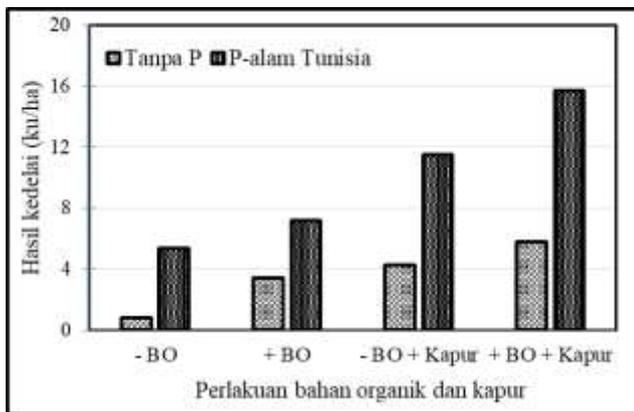
Gambar 1. Pengaruh pemberian dolomit pada pemupukan P terhadap berat kering biji kacang tanah di Tampan, Pekanbaru (Sumber: Simanjuntak *et al.* 2015)

Figure 1. The effect of dolomite application on P fertilization on the dry weight of peanut grain in Tampan, Pekanbaru (Source: Simanjuntak *et al.* 2015)

Bahan amelioran berupa kapur pertanian, dolomit, bahan organik baik sisa hasil tanaman maupun pupuk kandang kotoran ayam, sapi, kambing maupun domba dapat digunakan untuk memperbaiki tanah masam. Pemberian dolomit pada pemupukan hara P dapat meningkatkan berat kering biji kacang tanah 0,88 ton/ha, sedangkan pemberian hara P tanpa dolomit hanya 0,28 ton/ha (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian dolomit dapat meningkatkan efektivitas penggunaan pupuk P pada lahan kering masam.

Sifat Kimia dan Kesuburan Tanah

Pupuk kandang kotoran hewan (kohe) dapat berasal dari kotoran sapi, ayam, kambing, domba, kerbau dan kuda. Kualitas pupuk kandang tergantung dari jenis hewan yang sangat dipengaruhi oleh sumber makanan. Pada umumnya perbaikan tanah dengan pemberian bahan organik dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan pupuk anorganik. Pemberian pupuk kandang ayam pada tanah Oxisol dan Ultisol di Panyipatan, Tanah Laut, Kalsel dapat meningkatkan P tersedia dan hasil tanaman jagung (Suastika *et al.* 2004). Pemupukan P-alam Tunisia (40 kg P/ha) nyata meningkatkan hasil kedelai, demikian juga pemberian 5 t pupuk kandang/ha dan 2 t kapur/ha nyata meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan pupuk P (Gambar 2).



Gambar 2. Peningkatan hasil kedelai pada lahan kering masam di Kubang Ujo dengan pemupukan P, pemberian bahan organik dan kapur (Sumber: Adiningsih *et al.* 1988a)

Figure 2. Increasing soybean yields on acid upland in Kubang Ujo by fertilizing P, applying organic matter and lime (Source: Adiningsih *et al.* 1988a)

Bahan organik sisa panen sebagian besar pada lahan petani tidak dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber bahan organik, sebagian dikumpulkan di satu tempat dan dibakar. Dekomposisi sisa hasil panen mengandung sebagian besar hara yang dibutuhkan tanaman serta memperbaiki tanah. Pengembalian sisa panen pada tanah Podsolik Kubang Ujo dapat meningkatkan hasil kedelai 1,3-1,5 kali hasil kedelai yang dipupuk 160 kg KCl/ha (Adiningsih *et al.* 1988b). Pengembalian sisa hasil tanaman ke dalam tanah selain dapat memperbaiki sifat fisik daerah perakaran juga

dapat mensubstitusi hara K dalam tanah. Hara K pada tanah lahan kering masam merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan.

Pentingnya bahan organik dalam upaya memperbaiki lahan kering masam sudah diketahui secara luas. Masalah yang dihadapi di tingkat petani terutama penyediaan bahan organik yang akan diberikan. Salah satu upaya penyediaan bahan organik antara lain dengan penanaman tanaman lorong (*Alley cropping*). Tanaman lorong merupakan teknologi penanaman tanaman yang termasuk family *Leguminosae* di batas antar petakan, hasil pangkasan dapat digunakan sebagai sumber bahan organik. Pemberian bahan organik *Flemingia congesta* hasil pangkasan tanaman lorong dapat meningkatkan hasil kedelai 15,8% dan hasil jagung 19,5% (Kasiran 2008).

Pemberian bahan pembenah tanah berupa dolomit dengan 0,5 kali Al-dd dapat meningkatkan pH tanah, hara Ca dan Mg-dd dan menurunkan Al-dd menjadi mendekati nol baik di Lampung Tengah maupun Tulang Bawang (Tabel 3). Pemberian pupuk 100 kg SiO₂/ha dapat menurunkan Al-dd dalam tanah dari 4,97 menjadi 4,52 cmol(+)/kg, kombinasi dengan 36 kg P₂O₅/ha menjadi 3,63 cmol(+)/kg (Zulputra dan Nelvia 2018).

Pupuk mikro merupakan pupuk untuk tanaman yang dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit dibandingkan pupuk makro. Pemberian pupuk mikro Boron nyata meningkatkan produksi kacang tanah pada tanah Inceptisol Cibatok, Bogor (Widowati *et al.* 2007), produksi optimum dicapai pada dosis 5,53 kg/ha setara dengan 80% dosis maksimum. Selain itu juga disampaikan bahwa batas kritis Boron tersedia 0,6 mg/kg.

Sifat Fisik Tanah

Target perbaikan lahan antara lain memperbaiki sifat fisik tanah terutama daerah perakaran, memperbaiki keseimbangan hara, dan memperlancar proses biokimia dalam meningkatkan ketersediaan hara. Pemberian bahan organik sampai dosis 15 ton/ha dapat meningkatkan kadar air tanah dari 34,7 menjadi 43,2% (Murniyanto 2007). Strip *Stylosantes goyanensis* dan tanaman pagar *Flemingia congesta* sebagai teknologi konservasi tanah dapat memperbaiki sifat fisik, kimia tanah, meningkatkan hasil jagung dan ubi kayu tanah masam di Tulangbawang, Lampung (Erfandi *et al.* 2005). Pupuk kandang 10 ton/ha pada pemupukan 200

Tabel 4. Perbaikan sifat kimia tanah dengan pemberian dolomit pada tanah masam di Lampung Tengah dan Tulang Bawang

Table 4. Improvement of soil chemical properties by dolomite application in acid soils in Central Lampung and Tulang Bawang

Takaran dolomit (setara Al-dd)	pH H ₂ O	Al-dd	Ca-dd	Mg-dd
Lampung Tengah			cmol(+)/kg	
0	5,3	1,08	5,61	1,00
0,5	5,7	0,02	7,98	2,50
Tulang Bawang				
0	4,7	0,88	6,04	1,09
0,5	5,5	0,00	6,87	2,98

Sumber: Taufiq dan Manshuri, 2005

kg SP-36/ha dapat meningkatkan ruang pori total dan pori air tersedia pada Typic Kanhapludults Tamanbogo, 6 bulan setelah percobaan (Sutono *et al.* 2005). *Flemingia congesta* dan sisa tanaman jagung yang diberikan dengan cara dicampur dengan tanah dapat menurunkan berat isi dan menaikkan ruang pori total (Nurida *et al.* 2007).

Lahan kering masam terbentuk pada tanah berombak sampai bergelombang, dengan kemiringan datar sampai 8% atau bahkan bisa 40% masih diusahakan untuk tanaman pangan. Pada kondisi demikian penataan lahan berupa penataan saluran pembuangan air dan penggunaan teknik konservasi perlu dilakukan. Kesesuaian tanaman pangan pada kemiringan lahan berlereng curam harus dievaluasi, baik aspek produktivitas maupun aspek lingkungan. Seberapa besar erosi yang ditimbulkan akibat pemanfaatan lahan berlereng yang kurang tepat..

Bahan organik berupa sisa tanaman *in situ* atau dari luar, biochar, maupun kotoran hewan merupakan bahan untuk memperbaiki sifat fisik tanah. Sumber bahan organik juga dapat dari hasil pangkasan yang ditanam secara pagar, atau tanaman yang sengaja ditanam sebagai sumber bahan organik. Pemberian bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan kadar air tanah, pemberian bahan organik lambat lapuk dari daun *S. officinarum* 15 ton/ha dapat meningkatkan kadar air tanah dari 34,7% menjadi 43,2% (Murniyanto 2007). Pemberian 10 ton biochar dan 10 ton pupuk kandang/ha di Kota Jantho, Aceh Besar pada musim pertama belum berpengaruh terhadap berat volume tanah, porositas tanah, kadar air tanah, permeabilitas tanah serta indeks stabilitas agregat tanah (Muhidin *et al.* 2017).

PEMUPUKAN BERIMBANG LAHAN KERING MASAM

Pemupukan merupakan faktor produksi yang berperan penting dalam pengelolaan lahan kering masam. Pemupukan berimbang dilakukan berdasarkan karakteristik lahan, dan kebutuhan hara tanaman yang akan dikembangkan. Tanaman padi dan singkong kurang respon terhadap kemasaman tanah, namun demikian kemasaman tanah sangat mempengaruhi tingkat ketersediaan hara bagi tanaman. Tanaman jagung, kedelai, kacang tanah dan kacang hijau sangat responsif terhadap kemasaman tanah dan kandungan Al⁺ yang tinggi. Oleh karena itu pengelolaan lahan kering masam dengan ameliorasi kapur/dolomit untuk mengurangi kemasaman tanah dan kandungan Al sangat penting dilakukan sebelum pemupukan.

Pemupukan berimbang dilakukan setelah perbaikan tanah dilakukan terlebih dahulu, sehingga pupuk yang ditambahkan tidak banyak yang hilang. Pemberian kompos dengan dosis 15 ton/ha dapat meningkatkan serapan hara N tanaman padi gogo dari 0,63 menjadi 0,98%, dengan pemberian 90 kg N/ha meningkatkan serapan N menjadi 1,47% (Putri *et al.* 2013). Pada kondisi tanah yang baik dan subur pupuk yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan dengan lahan yang kurang baik dan tingkat kesuburannya rendah.

Hara N merupakan hara yang sangat dibutuhkan tanaman, tanpa pemupukan N produksi tanaman sangat rendah dan hampir sama dengan hasil tanaman yang tidak dipupuk. Sebagian besar lahan kering masam memiliki kandungan hara N yang rendah, hal ini terkait dengan pencucian dan penguapan intesif

karena curah hujan dan suhu yang tinggi. Pemberian hara N sesuai fase pertumbuhan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N. Perbaikan tanah dengan pemberian bahan ameliorant dapat mengurangi tingkat kehilangan hara N dari daerah perakaran. Demikian juga cara pemupukan yang tepat dengan cara mendekatkan pupuk dengan daerah perakaran yang diberikan dengan cara ditugal atau larikan dekat tanaman serta menutup pupuk dengan tanah dapat mengurangi kehilangan pupuk N melalui volatilisasi.

Hara P merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan tanaman pada lahan kering masam selain karena bahan induk tanah yang rendah P juga ada faktor yang menghambat ketersediaannya. Perbaikan tanah sebelum pemupukan P baik secara fisik, kimia maupun biologi perlu dilakukan. Secara fisik, perbaikan fisik tanah daerah perakaran dengan pemberian bahan ameliorant dan pengolahan tanah membuat kondisi akar tanaman dapat berkembang dengan baik. Perbaikan secara biologi dilakukan agar proses biokimia hara P dalam tanah dapat berjalan dengan optimal sehingga hara P dapat tersedia optimum. Tabel 5 terlihat bahwa pemupukan P nyata meningkatkan hasil kedelai dan jagung pada lahan kering masam, peningkatan hasil jagung berkisar antara 111-822%. Peningkatan hasil tersebut menunjukkan bahwa pemupukan fosfat menjadi kunci peningkatan hasil

tanaman lahan kering masam.

Hara K merupakan salah satu kation yang menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman pada lahan kering masam. Pada kondisi curah hujan tinggi, menyebabkan kation bersifat basa seperti K mengalami pencucian yang tinggi. Pemupukan K terlihat nyata meningkatkan hasil jagung yang bervariasi dari 16-103%, dan meningkatkan hasil kedelai 146% pada tanah masam (Tabel 6). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pemupukan K sangat dibutuhkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pada tanah masam.

Pemupukan tanaman jagung pada lahan kering masam dengan 200 kg Urea, 100 kg SP-36, 100 kg KCl dan bahan organik 1 ton/ha dapat meningkatkan hasil jagung 1,32 ton/ha (31,73%) dibandingkan praktek petani yang dipupuk dengan 100 kg Urea, 100 kg SP-36 dan 75 kg KCl/ha (Edi dan Salvia 2009). Pemupukan 50% NPK pada pemberian 5 ton/ha pupuk kandung nyata meningkatkan hasil biji kering jagung dari 1,46 menjadi 4,01 ton/ha atau meningkat 175% (Sulaeman *et al.* 2017). Pemupukan P pada tanah masam yang diberikan kapur 518 kg/ha (0,5 x Al-dd) nyata meningkatkan efektivitas pemupukan P dari 94 menjadi 110% (Taufiq dan Manshuri 2005).

Tabel 5. Pengaruh pemupukan P terhadap hasil tanaman kedelai dan jagung di lahan kering masam

Table 5. Effect of P fertilization on soybean and maize yields in upland acid soil

Lokasi	Tanaman	Hasil tanpa P	Hasil maksimal Pupuk P	Peningkatan
	ton/ha		%
Deli Serdang	Kedelai	0,86	1,89	120 ¹⁾
Tanah Laut	Jagung	2,94	6,21	111 ²⁾
Bogor	Jagung	0,60	5,53	822 ³⁾
Lampung	Jagung	0,60	2,14	257 ³⁾

Keterangan: ¹⁾ = Nursyamsi dan Sutriadi (2002), ²⁾ = Sutriadi *et al.* (2004), ³⁾ = Suastika *et al.* (2007)

Tabel 6. Pengaruh pemupukan K terhadap hasil tanaman kedelai dan jagung di lahan kering masam

Table 6. The effect of K fertilization on soybean and maize yield in acid upland

Lokasi	Tanaman	Hasil tanpa K	Hasil maksimal Pupuk K	Peningkatan
	ton/ha		%
Deli Serdang	Kedelai	0,81	1,99	146 ¹⁾
Tanah Laut	Jagung	5,10	5,89	16 ²⁾
Bogor	Jagung	0,92	1,87	103 ³⁾

Keterangan: ¹⁾ = Nursyamsi dan Sutriadi (2002), ²⁾ = Sudriatna *et al.* (2004), ³⁾ = Subiksa *et al.* (2007)

KESIMPULAN

Potensi lahan kering masam cukup luas, umumnya terdiri dari tanah Ultisols, Oxisols dan Inceptisols, dengan kemasaman tanah tinggi, kandungan Al dan Fe tinggi yang dapat mengganggu ketersediaan hara dan dapat meracuni tanaman. Perbaikan tanah lahan kering masam dilakukan untuk mengurangi faktor yang berpengaruh terhadap ketersediaan hara dan perkembangan akar tanaman, mengurangi kehilangan hara melalui erosi dan aliran permukaan, serta mendukung proses biokimia dalam tanah. Perbaikan tanah lahan kering masam berlereng curam dapat dilakukan dengan penataan lahan dan penerapan teknologi konservasi. Pemberian bahan amelioran seperti kapur pertanian/dolomit, bahan organik, biochar merupakan perbaikan tanah untuk meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Pemupukan berimbang efektif dan efisien dilakukan pada lahan kering masam yang faktor pembatasnya telah diminimalis. Pemupukan dilakukan berdasarkan status hara tanah dan kebutuhan hara oleh tanaman yang diusahakan, serta karakteristik tanah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih JS, Sukristiyonubowo, Rochayati S, Desire S. 1988a. Pengaruh pemberian kapur, bahan organik, dan P-alam terhadap hasil kedelai pada tanah Podsolik Kubang Ujo, Jambi. Hasil Penelitian Pola Usahatani Terpadu, di Daerah Transmigrasi Kubang Ujo, Jambi. Puslittanak, Hlm. 19-22.
- Adiningsih JS, Sukristiyonubowo, Rochayati S, Setyorini D. 1988b. Penelitian untuk meningkatkan efisiensi pupuk kalium di daerah transmigrasi Kubang Ujo, Jambi. Hasil Penelitian Pola Usahatani Terpadu, di Daerah Transmigrasi Kubang Ujo, Jambi. Puslittanak, Hlm. 23-30
- Afandi FN, Siswanto AB, Nuraini Y. 2015. Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di Entisol, Ngrangkah Pawon, Kediri. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. Vol. 2(2):237-244
- Amien S, Sudjadi M. 1985. Pengaruh pengapuran terhadap beberapa sifat kimia tanah Ultisol Banten, Jawa Barat. Pemb. Penelitian Tanah dan Pupuk. No. 4: 6-10.
- Anda M, Suharta N, Ritung S. 2000. Development of soils derived from weathered sedimentary, granitic and ultrabasic rocks in South Kalimantan: I. mineralogical and chemical properties. Jurnal Tanah dan Iklim. No. 18:1-12.
- Anda M, Kasno A, Hartatik W, Adiningsih JS. 2001. Penetapan nilai muatan nol dan pengaruh pemberian P, terak baja, bahan organik dan kapur terhadap muatan koloid dan kualitas Oxisols. Jurnal Tanah dan Iklim, No. 19:1-14.
- Anda M, Suryani E, Kurnia U. 2008. Preservation of organic matter as affected by various clay contents in an acid soil: beneficial impact on groundnut yield. Jurnal Tanah dan Iklim, No. 27:75-86.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2018. Statistik Indonesia. CV. Dharmaputra. Hlm. 719.
- Baqy MA, Jiu-Yu L, Chen-Yang X, Mehmood K, Ren-Kou X. 2017. Determination of critical pH and Al concentration of acidic Ultisols for wheat and canola crops. Solid Earth, No. 8:149-159.
- Beding PA, Rohimah SHL, Firdaus. 2017. Peningkatan produktivitas padi gogo di lahan kering melalui penerapan pengelolaan tanaman terpadu di Kabupaten Sarmi, Papua.
- Danial D, Nurbani. 2015. Kajian galur harapan padi gogo di Kalimantan Timur. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversity Indonesia, Vol. 1, No. 4:910-913.
- Das R, Saha D. 2014. Effect of liming on the changes of different forms of potassium in an acid soil treated with N and K fertilizers. J. Indian Chem. Soc. Vol. 91:1-7.
- Edi S, Salvia E. 2009. Kajian paket teknologi budi daya jagung pada lahan kering di Provinsi Jambi. Prosiding Seminar Nasional Serealia. Hlm. 132-137.
- Erfandi D, Kusnadi H, Djunaedi MS, Kurnia U. 2005. Perbaikan produktivitas tanah masam dengan Teknik konservasi tanah pada Typic Paleudults di Kabupaten Tulangbawang, Lampung. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 83-95.
- Hartatik W, Wibowo H, Purwani J. 2015. Aplikasi biochar dan tithoganic dalam peningkatan produktivitas kedelai (*Glycine max.* L.) pada Typic Kanhapludults di Lampung Timur. Jurnal Tanah dan Iklim. Vol. 39(1):51-62.
- Hartatik W, Purwani J. 2017. Peningkatan produktivitas kedelai (*Glycine max.* L.) pada Typic Kanhapludults dengan aplikasi pembenah tanah dan pupuk NPK. Jurnal Tanah dan Iklim, Vol. 41(2):123-134.

- Hidayat A, Mulyani A. 2005. Lahan kering untuk pertanian. *Dalam*. Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan, Puslittanah: 7-37.
- Howeler RH. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization. P. 115-147. *In*: R.J. Hilloks *et al.* (Eds.). Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publ. CAB Internat. Wallingford, New York.
- Indrasari A, Syukur A. 2006. Pengaruh pemberian pupuk kandang dan unsur hara mikro terhadap pertumbuhan jagung pada Ultisol yang dikapur. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, Vol. 6(2):116-123.
- Isbandi A, Munip A. 2005. Efektivitas pengapuran terhadap serapan hara dan produksi beberapa klon ubikayu di lahan kering masam. *Ilmu Pertanian* Vol. 12(2):125-139.
- Kasiran. 2008. Konservasi lahan melalui penerapan teknologi budidaya Lorong (*Alley Cropping*) di Daerah Transmigrasi Kuro Tidur, Bengkulu. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol. 9(2):205-210.
- Kasno A, Suastika IW. 2017. Pengekstrak, status dan dosis pupuk kalium untuk padi gogo pada Hapludults, Braja Selehah, Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Vol. 41(1):61-68.
- Lelu PK, Situmeang YP, Suarta M. 2018. Aplikasi biochar dan kompos terhadap peningkatan hasil tanaman jagung (*Zea Mays* L.). *Gema Agro*, Vol. 23(1):24-32.
- Magdoff FR, Bartlett RJ. 1980. Effect of liming acid soil on potassium availability. *Soil Science*. Vol. 29(1):12-14.
- Major J, Rondon M, Molina D, Riha SJ, Lehmann J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna Oxisol. *Plant Soil*, 333:117-128.
- Muhidin AA, Daruman, Manfarizah. 2017. Perubahan sifat fisika Ultisol akibat pembenah tanah dan pola tanam. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Unsyiah*. Banda Aceh, 13 April 2017, Hlm. 120-130.
- Mulyaningsih ES, Sukiman H, Ermayanti TM, Lekatompessy S, Indrayani S, Seri AR, Adi EBM. 2015. Respon padi gogo terhadap pupuk hayati di lahan kering Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. Vol. 18(3):251-261.
- Murniyanto E. 2007. Pengaruh bahan organik terhadap kadar air tanah dan pertumbuhan tanaman jagung di lahan kering. *Buana Sains*, Vol. 7(1):51-60.
- Muzaiyanah S, Subandi. 2016. Peranan bahan organik dalam peningkatan produksi kedelai dan ubi kayu pada lahan kering masam. *Iptek Tanaman Pangan*, Vol. 11(2):149-157.
- Nurida NL, Kurnia U, Haridjaja O. 2007. Pengaruh cara pemberian dan kualitas bahan organik terhadap sifat fisik tanah pada Ultisol Jasinga terdegradasi. *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya lahan pertanian*. Bogor, 14-15 September 2006. Hlm. 159-174.
- Nurida NL, Dariah A, Rachman A. 2013. Peningkatan kualitas tanah dengan pembenah tanah biochar limbah pertanian. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Vol. 37(2):69-78.
- Nurida NL, Dariah A, Sutono S. 2015. Pembenah tanah alternative untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman kedelai di lahan kering masam. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Vol 39(2):99-108.
- Nursyamsi D, Sutriadi MT. 2002. Pemilihan metode ekstraksi fosfor pada Inceptisols, Ultisols, dan Vertisols untuk kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan*, Cisarua, Bogor, 6-7 Agustus 2002. Hlm. 265-281.
- Prasetyo BH, Suharta N. 2004. Properties of low activity clay soils from South Kalimantan. *Jurnal Tanah dan Iklim*, No. 22:26-39.
- Prasetyo BH. 2009. Tanah merah dari berbagai bahan induk di Indonesia: prospek dan strategi pengelolaannya. *Jur. Sumberdaya Lahan*. Vol. 3(1):47-63.
- Purnomo J, Maryam, Tuherkih E, Santoso D. 2005. Evaluasi kekahatan hara untuk tanaman jagung pada empat jenis tanah masam yang berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumber Daya Tanah dan Iklim*. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 317-329.
- Putri RY, Yafirzham, Hermanus, Sunyoto. 2013. Respon padi gogo varietas Dodokan terhadap pemberian pupuk kompos dan nitrogen pada tanah Ultisol di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan. *J. Agrotek Tropika*, Vol: 1(1):166-171.
- Simanjuntak W, Hapsah, Tabrani G. 2015. Pemberian dolomit dengan pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah. *JOM Faperta* Vol. 2(2):1-14.
- Sirappa MP, Razak N. 2010. Peningkatan produktivitas jagung melalui pemberian pupuk N, P, K dan pupuk kandang pada lahan kering di Maluku. *Prosiding Pekan Serealia Nasional*. Hlm. 277-286.

- Suastika IW, Sutriadi MT, Kasno A. 2004. Pengaruh pupuk kandang dan fosfat alam terhadap produktivitas jagung di Typic Hapludox dan Plinthic Kandiuults Kalimantan Selatan. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 191-201.
- Suastika IW, Setyorini D, Hidayat E. 2007. Efektivitas fosfat alam Ikan Paus terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung pada Inceptisols dan Ultisols. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor, 14-15 September 2006. Hlm. 111-124.
- Subandi. 2011. Pengelolaan hara kalium untuk ubikayu pada lahan kering masam. Bul. Palawija No. 22: 86-95.
- Subandi, Wijanarko A. 2013. Pengaruh teknik pemberian kapur terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada lahan kering masam. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. Vol. 32(3):171-178.
- Subardja, D. 2007. Karakteristik dan pengelolaan tanah masam dari batuan vulkanik untuk pengembangan jagung di Sukabumi, Jawa Barat. Jurnal Tanah dan Iklim, No. 25:59-69.
- Subiksa IGM, Sudarsono, Sabiham S. 2007. Kalibrasi nilai parameter hubungan kuantitas-intensitas (Q-I) kalium pada lahan kering masam. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor, 14-15 September 2006. Hlm. 355-364.
- Subiksa IGM, Sabiham S. 2009. Kalibrasi nilai uji tanah kalium untuk tanaman jagung pada Typic Hapludox Cigudeg. Jurnal Tanah dan Iklim, No. 30:17-25.
- Subiksa IGM, Dariah A, Rochayati S. 2014. Development of non-lime ameliorant to improve productivity of acid upland. 11th International Conference The East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies. Bogor, 21-24 October. Indonesian Society of Soil Science.
- Sudriatna U, Sutriadi MT, Rahmat H, Adiningsih JS. Tanggap pupuk kalium dan bahan organik terhadap pertumbuhan dan hasil jagung di tanah Oxisol Kalimantan Selatan. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Bogor, 14-15 September 2004: 123-141.
- Sujitno E, Fahmi T, Teddy S. 2011. Kajian adaptasi beberapa varietas unggul padi gogo pada lahan kering dataran rendah di Kabupaten Garut. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Vol. 14(1):62-69.
- Sulaeman Y, Maswar, Erfandi D. 2017. Pengaruh kombinasi pupuk organik dan anorganik terhadap sifat kimia tanah, dan hasil tanaman jagung di lahan kering masam. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. Vol. 20(1):1-12.
- Sutono S, Djunaedi MS, Erfandi D, Kurnia U. 2005. Pengangkutan hara oleh erosi, aliran permukaan, perkolasi dan tanaman cabai rawit pada tanah Typic Kanhapludox di Tamanbogo. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 97-121.
- Sutriadi MT, Hidayat R, Rochayati S, Setyorini D. 2004. Ameliorasi lahan dengan fosfat alam untuk perbaikan kesuburan tanah kering masam Typic Hapludox di Kalimantan Selatan. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumberdaya Tanah dan Iklim. Bogor, 14-15 September 2004. Hlm. 143-155.
- Syahputra D, Alibasyah MR, Arabia T. 2015. Pengaruh kompos dan dolomit terhadap beberapa sifat kimia Ultisol dan hasil kedelai (*Glycine max* L. Merrill) pada lahan berteras. Jur. Manajemen Sumberdaya Lahan. Vol. 4(1):535-542.
- Taufiq A, Manshuri AG. 2005. Pemupukan dan pengapuran pada varietas kedelai toleran lahan masam di Lampung. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. Vol. 24(3): 147-158.
- Thamrin T, Hutapea Y. 2016. Pengkajian paket teknologi budidaya jagung pada lahan kering masam (studi kasus di Desa Keban, Kecamatan Lahat, Kabupaten Lahat) Provinsi Sumatera Selatan. Prosiding Seminar Nasional Lahan Supotimal, Palembang 20-21 Oktober 2016:680-687.
- Utama D, Gofar N, Napoleon A. 2018. Perbaikan stabilitas agregat tanah pasir berlempung menggunakan bakteri pemantap agregat dan bahan organik. Jurnal Tanah dan Iklim. Vol. 42(2):161-167.
- Vityakon P, Meepech S, Cadisch G, Toomsan B. 2000. Soil organic matter and nitrogen transformation mediated by plant residues of different qualities in sandy acid upland and paddy soils. Netherlands Journal of Agriculture Science 48:75-90.
- Wade MK, Al-Jabri M, Sudjadi M. 1986. The effect of liming on soybean yield and soil acidity parameters of three Red-Yellow Podzolic Soils of West Sumatra. Pemb. Penelitian Tanah dan Pupuk. No. 6: 1-8.

- Wahyudi I. 2009. Perubahan konsentrasi Aluminium dan serapan fosfor oleh tanaman pada Ultisol akibat pemberian kompos. *Busana Sains*, Vol. 9(1):1-10.
- Widowati LR, Djuanda T, Setyorini D. 2007. Jumlah kebutuhan unsur hara mikro Boron (B) pada tanah Inceptisols Cibatok untuk kacang tanah (*Arachis hypogea*). *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian*. Bogor, 14-15 September 2006. Hlm. 343-354.
- Yatno E. 2010. Oxisols terbentuk dari granodiorite di Daerah Sintang dan Melawi, Kalimantan Barat: sifat dan potensinya bagi pengembangan pertanian. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan*. Bogor, 24-25 November 2009. Hlm. 117-127.
- Yatno E, Prasetyo BH. 2010. Soils developed on serpentinite in Panyipatan District, South Kalimantan: characteristics and their suitability for maize. *Jur. Tanah dan Iklim*, No. 32: 1-11.
- Yunus. 2006. Efek residu pengapuran dan pupuk kandang terhadap basa-basa dapat ditukarkan pada Ultisol dan hasil kedelai. *J. Solum*, Vol. 3(1):27-33.
- Zulputra, Nelvia. 2018. Ketersediaan P, serapan P dan Si oleh tanaman padi gogo (*Oryza sativa*. L) pada lahan Ultisol yang diaplikasikan silikat dan pupuk fosfat. *Jurnal Agroteknologi*, Vol. 8(2):9-14.