

Pengelolaan Kesuburan Lahan Kering Masam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional

Management of Dryland Fertility Support National Food Security

Niluh Putu Sri Ratmini^{1*)}, Yeni Eliza Maryana¹

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Selatan, Palembang, Sumatera Selatan

^{*)}Penulis untuk korespondensi: nps_ratmini@yahoo.com

Sitasi: Ratmini NPS, Maryana YE. 2021. Management of dryland fertility support national food security. *In:* Herlinda S *et al.* (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-9 Tahun 2021, Palembang 20 Oktober 2021*. pp. 80-88. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

The development of dryland as agricultural land is one option that has the potential to increase crop production to meet national food needs. Obstacles encountered in the management include: low soil fertility, low organic matter, deficiency of P, K, Ca and Mg, high solubility of Al, Fe and Mn, high soil acidity which have potentially toxic plants. Potential as agricultural land is quite extensive and is capable of producing if it is managed using effective technology and crop management approaches and integrated land resources. Dryland productivity is still low and the cropping index is mostly still once a year. The purpose of this paper is to provide an overview of the potential of dry land and its development opportunities for agricultural. Efforts should be made to increase the fertility of acid dry land are through the application of appropriate technology.

Keywords: agriculture, dryland, food security, and management

ABSTRAK

Pengembangan lahan kering sebagai lahan pertanian merupakan salah satu pilihan yang berpotensi untuk meningkatkan produksi tanaman guna mencukupi kebutuhan pangan Nasional. Kendala yang dihadapi dalam pengelolaannya diantaranya adalah: kesuburan tanah rendah, bahan organik rendah, kahat P, K, Ca dan Mg, tingginya kemasaman tanah, serta Al, Fe dan Mn yang tinggi yang berpotensi meracuni tanaman. Potensinya sebagai lahan pertanian cukup luas dan mampu menghasilkan apabila dikelola menggunakan teknologi yang efektif dan pendekatan pengelolaan tanaman dan sumberdaya lahan terpadu. Produktivitas lahan kering saat ini masih rendah dan indek pertanamannya Sebagian besar masih satu kali dalam setahun. Tujuan dari penulisan paper ini adalah untuk memberikan gambaran mengenai potensi lahan kering serta peluang pengembangannya sebagai lahan pertanian. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kesuburan lahan kering masam yaitu melalui penerapan teknologi tepat guna.

Kata kunci: ketahanan pangan, lahan kering, pengelolaan, dan pertanian

PENDAHULUAN

Permintaan pangan semakin meningkat dampak dari penambahan penduduk yang masih tinggi. Pertambahan penduduk Indonesia diperkirakan sekitar 1,3% (Sulaiman *et al.*, 2019). Sumber bahan pangan selain padi diantaranya adalah sorgum, jagung, kedelai, kacang hijau, ubi kayu, ubi jalar dan lainnya. Menurut Sukarman dan Suharta (2010), diperkirakan

kebutuhan pangan pada tahun 2050 sebesar. 48,18 juta beras, 14,86 juta ton jagung, 3,88 juta ton kedelai dan 16,24 juta ton ubikayu. Pemenuhan kebutuhan pangan tersebut agar tercukupi, sektor pertanian dituntut untuk meningkatkan produksi pertanian. Peningkatan produksi pertanian dapat ditempuh melalui perluasan areal tanam maupun peningkatan produktivitas tanaman. Pemanfaatan lahan kering merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk dapat meningkatkan produksi pertanian nasional. Produktivitas lahan kering rata rata saat ini mempunyai tingkat produktivitas masih lebih rendah dari agroekosistem lainnya, namun potensi luasannya sangat tinggi. Selain produktivitas yang rendah indeks pertanamannya juga belum maksimal karena ketersediaan air merupakan faktor pembatas dalam usahatani, sehingga tidak dapat dilakukan sepanjang tahun (Abdurachman, 2008).

Menurut Ritung *et al.* (2015), lahan kering dibedakan berdasarkan dengan ketinggian tempat, dan tingkat kemasaman. Luas lahan kering diseluruh Indonesia mencapai 144,47 juta ha yang tersebar di dataran rendah seluas 111,33 juta ha dan dataran tinggi seluas 33,14 juta ha (Ritung *et al.*, 2015). Pengembangan lahan kering sebagai lahan pertanian menghadapi beberapa kendala diantaranya adalah kendala biofisik: sifat kimia, fisika dan biologi tanah. Kendala lainnya adalah sosial ekonomi: kepemilikan lahan yang sempit, keterbatasan pengetahuan dan modal yang dimiliki petani. Lahan yang sesuai untuk lahan pertanian dicirikan dengan kemampuan lahan tersebut untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanamannya secara optimal.

Pengembangan lahan kering untuk mendukung kebutuhan pangan nasional tidak hanya dibatasi oleh komoditas padi saja, namun juga dapat dikembangkan tanaman pangan lainnya. Lahan kering umumnya memiliki tingkat kesuburan dan kadar bahan organik rendah, kondisi ini akan semakin parah apabila pemanfaatan lahan tidak dibarengi dengan pemberian bahan organik (Abdurachman *et al.*, 2008). Kondisi lahan kering di Indonesia yang sebagian besar merupakan lahan kering basah dengan curah hujan yang tinggi, secara alami mengakibatkan kadar bahan organik akan semakin cepat mengalami penurunan. Penurunan kadar bahan organik bisa mencapai 30-60% dalam kurun waktu 10 tahun (Suriadikarta *et al.*, 2002). Kondisi ini tidak sama untuk seluruh lahan kering karena sangat bervariasi tergantung dari iklim, jenis tanah dan zona agroklimatnya. Solusi pemanfaatan lahan kering dengan mengatasi kendala yang ada diantaranya adalah alternatif sumber mata air, tanaman adaptif, pemanfaatan sistem irigasi efektif dan efisien serta meningkatkan kualitas kesuburan lahan (Lakitan dan Gofar, 2013).

Tujuan dari penulisan paper ini adalah untuk memberikan gambaran mengenai potensi lahan kering yang sesuai untuk tanaman pangan serta peluang pengembangannya sebagai lahan pertanian dengan pengelolaan yang efektif.

SEBARAN DAN KARAKTERISTIK LAHAN KERING

Lahan kering berpotensi untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian produktif mengingat sebarannya yang sangat luas di Indonesia. Sebaran lahan kering di Indonesia cukup luas, tersebar hampir diseluruh pulau. Berdasarkan elevasi (ketinggian tempat), lahan kering dibedakan menjadi dua kategori yaitu lahan kering dataran rendah (elevasi < 700 m dpl) dengan luasan 111,329 juta dan lahan kering dataran tinggi (elevasi > 700 m dpl) dengan luas 33,144 juta ha. Penyebaran lahan kering terluas terdapat di pulau pulau besar yaitu Sumatera (33,3 juta ha), Jawa (10,3 juta ha), Kalimantan (41,6 juta ha), Sulawesi (16,6 juta ha), Bali+NTT (6,7 juta ha), Maluku (1,1 juta ha) dan Papua (28,6 juta ha) dengan total seluruh Indonesia sekitar 144,473 juta ha (Tabel 1).

Berdasarkan iklim dan tingkat kemasaman tanah, lahan kering di Indonesia sebagian besar merupakan lahan kering masam beriklim basah. Luas lahan kering beriklim basah sekitar 133,7 juta ha dan lahan kering beriklim kering sekitar 10,8 juta ha. Luas lahan kering masam di Indonesia sekitar 107,358 juta ha dan lahan kering tidak masam sekitar 37,116 juta ha (Tabel 2). Lahan kering masam Sebagian besar tersebar di pulau Sumatera (30,9 juta ha), Jawa (8,3 juta ha), Kalimantan (39,0 juta ha), dan di Papua (19,3 juta ha). Bali dan NTT (0,169 juta ha), Sulawesi (6,4 juta ha) Maluku (1,9 juta ha) terdapat di bagian barat Indonesia dengan iklim yang lebih basah, sedangkan lahan kering iklim kering sebagian besar berada di bagian Timur Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kemasaman tanah besar dipengaruhi dengan kondisi curah hujan. Curah hujan yang tinggi mengakibatkan tingkat pencucian basa basa dari lapisan atas ke lapisan yang lebih dalam sangat efektif (Chadwick *et al.*, 2003, Subagyo *et al.*, 2004). Kondisi ini akan meninggalkan ion H^+ dan Al^{3+} di lapisan atas (Hong, 2008).

Tabel 1. Sebaran dan luas lahan kering (hektar) di Indonesia berdasarkan elevasi

Pulau	Dataran Rendah	Dataran Tinggi	Total
Sumatera	22.828.228	10.426.569	33.254.797
Jawa	7.311.010	2.963.598	10.274.608
Bali dan NTT	5.635.490	1.068.921	6.704.411
Kalimantan	40.038.174	1.576.445	41.614.519
Sulawesi	10.198.379	6.376.246	16.574.625
Maluku	6.287.056	1.162.130	1.162.136
Papua	19.030.995	9.569.970	28.600.965
Indonesia	111.329.332	33.143.879	144.473.211

Sumber: Ritung *et al.* (2015)

Tabel 2. Luas lahan kering (hektar) di Indonesia berdasarkan iklim dan kemasaman tanah

Pulau	Iklim Basah (IB)			Iklim Kering (IK)			Subtotal DR
	MA	TM	Subtotal IB	MA	TM	Subtotal IK	
Sumatera	30.781.437	2.044.325	32.825.762	153.353	275.682	429.035	33.254.797
Jawa	7.294.213	1.297.896	8.592.109	1.046.314	636.184	1.682.498	10.274.607
Bali dan NTT	82.904	1.543.770	1.626.674	85.888	4.991.850	5.077.738	6.704.412
Kalimantan	39.094.313	2.520.306	41.614.619	0	0	0	41.614.619
Sulawesi	7.187.383	7.004.688	14.192.071	279.096	2.103.460	2.382.556	16.574.627
Maluku	1.999.401	5.449.785	7.449.186	0	0	0	7.449.186
Papua	18.174.276	9.247.634	27.421.910	1.179.055	0	1.179.055	28.600.965
Indonesia	104.613.927	29.108.403	133.722.331	2.743.705	8.007.176	10.750.881	144.473.211

Keterangan: MA= Masam; TM = Tidak masam

Sumber: Ritung *et al.* (2015)

Permasalahan yang dihadapi pada tanah masam bagi pertumbuhan tanaman adalah keracunan aluminium. Keracunan aluminium berdampak terhadap kerusakan pada akar tanaman, sehingga akan mengganggu pertumbuhan tanaman dan transportasi dari kalsium dan forfor. Rendahnya pH tanah juga mengakibatkan menurunnya ketersediaan hara bagi tanaman. Hasil penelitian (Rout *et al.*, 2001), menyatakan bahwa ada korelasi yang positif antara phytotoxic Al dengan pH yang rendah dan berkaitan dengan keberadaan kation kation basa dalam larutan tanah. Kondisi ini akan menghambat pertumbuhan yang optimum. Nilai kisaran rasio hara kalium, kalsium, dan magnesium yang seimbang pada tanah untuk budidaya kelapa sawit adalah 10:60:30 (Corley & Tinker, 2003). Selanjutnya Ginting dkk. (2013), menyatakan bahwa nilai keseimbangan Ca/K: Ca/Mg dan Mg/K masing masing adalah sebagai 5,6-10,1; 2,1-2,5 dan 2,1-4,5. Untuk meningkatkan ketersediaan hara pada tanah masam dapat dilakukan dengan aplikasi kapur maupun bahan

organik. Penambahan bahan organik dapat menaikkan pH tanah dan juga mengurangi konsentrasi aluminium dan besi yang dapat dipertukarkan (Ch'Ng *et al.*, 2014). Bahan organik akan berperan sebagai donor elektron sehingga dapat menurunkan reaksi logam-logam (Olafisoye *et al.*, 2016).

POTENSI LAHAN KERING UNTUK PERTANIAN

Lahan kering di Indonesia merupakan salah satu agroekosistem yang mempunyai potensi besar untuk usaha pertanian, baik tanaman pangan, hortikultura (sayuran dan buah-buahan) maupun tanaman tahunan dan peternakan. Potensinya yang luas dan hampir tersebar di seluruh Indonesia. Dari luas lahan kering di Indonesia yang mencapai 144,47 juta ha, potensi untuk pertanian sekitar 99,65 juta ha (68,98%) (Tabel 3). Dari potensi tersebut yang potensi untuk tanaman pangan sekitar 29,39 juta ha (29,50%), potensi untuk sayuran dataran tinggi sekitar 1,12 juta ha (1,13%), potensi untuk tanaman tahunan termasuk buah-buahan sekitar 66,72 juta ha (66,95%), dan sisanya potensi dimanfaatkan untuk penggembalaan ternak sekitar 2,42 juta ha (2,43%).

Potensi lahan kering yang bisa dimanfaatkan untuk pertanian terluas berada di Pulau Kalimantan sekitar 30,48 juta ha, disusul Sumatera sekitar 28,56 juta ha, Papua 13,35 juta ha, Sulawesi 9,12 juta ha, Jawa 8,79 juta ha, Maluku 5,08 juta ha dan Bali & Nusa Tenggara seluas 4,29 juta ha. Dari potensi tanaman pangan terluas berada di pulau Sumatera yaitu sekitar 10,8 juta ha, potensi tanaman sayuran terluas berada di Pulau Jawa yaitu sekitar 1 juta ha, sedangkan potensi untuk tanaman tahunan terluas ada di pulau Kalimantan dengan luasan 22,9 juta ha disusul Sumatera dengan luasan 17,7 juta ha.

Tabel 3. Potensi lahan kering (hektar) untuk pertanian tanaman pangan, tanaman sayuran dataran tinggi, tanaman tahunan, dan penggembalaan ternak

PULAU	Potensi Lahan				TOTAL
	Tanaman Pangan (TP)	Tanaman Sayuran (TS)	Tanaman Tahunan (TT)	Penggembalaan Ternak (PT)	
Sumatera	10.812.354	40.203	17.703.303	-	28.555.860
Jawa	1.909.124	1.008.677	5.868.687	-	8.786.487
Bali dan NTT	1.139.258	44.449	2.515.790	586.335	4.285.831
Kalimantan	7.333.249	-	22.940.823	206.452	30.480.524
Sulawesi	1.905.998	26.974	6.190.556	996.285	9.119.813
Maluku	824.533	5.194	3.689.136	560.256	5.079.119
Papua	5.468.840	-	7.808.768	67.434	13.345.042
Indonesia	29.393.356	1.125.497	66.717.062	2.416.761	99.652.676
%	29,50	1,13	66,95	2,43	100,00

Sumber: Ritung *et al.* (2015)

Dari data tersebut terlihat bahwa potensi untuk tanaman pangan cukup luas, walaupun masih lebih rendah dibandingkan dengan potensi untuk tanaman tahunan. Hal ini karena tanaman pangan yang umumnya mempunyai struktur perakaran pendek sehingga ketersediaan air merupakan faktor kendala yang sangat utama. Tanaman tahunan yang umumnya mempunyai perakaran panjang mengakibatkan kemampuan akar dalam menjangkau ketersediaan air dalam tanah lebih luas.

Potensi luasan tersebut apabila dimanfaatkan dengan optimal dengan pemakaian teknologi yang tepat, maka produksi pangan nasional akan meningkat walaupun sebagian besar menerapkan IP 100. Peningkatan Indeks pertanaman dapat ditingkatkan dengan mengusahakan berbagai komoditas dengan mengatur pola tanam yang sesuai dengan wilayah dan potensi sumberdaya lahan setempat.

TINGKAT PRODUKTIVITAS LAHAN KERING

Sistem usahatani di lahan kering mempunyai tantangan yang sangat kompleks. Tantangan utamanya adalah cuaca khususnya curah hujan dan suhu. Air merupakan hal yang menjadi faktor utama, sehingga jika terjadi kekeringan atau perubahan iklim yang ekstrim maka sektor pertanian akan sangat berdampak (Ngigi, 2009, Mimura *et al.*, 2007). Dampak negatif yang ditimbulkan dengan adanya perubahan iklim diantaranya peningkatan suhu, panjangnya musim kemarau, intensitas curah hujan (Cruz *et al.*, 2007). Peningkatan suhu sebesar 3°C dapat menurunkan hasil sebesar 33,7% (Tao dan Zhang, 2011). Selain faktor iklim dan sumber air, kendala lainnya seperti ketersediaan hara rendah utamanya unsur hara P. Kelembaban tanah lebih berpengaruh terhadap produksi jagung dibandingkan dengan pemberian bentuk P (Eissa *et al.*, 2013).

Lahan kering di Indonesia Sebagian besar berada di luar pulau Jawa. Lahan kering masam umumnya tergolong ke dalam ordo Entisols, Inceptisols, Ultisols, dan Oxisols. Ultisol (Podsolik Merah Kuning) (Hidayat dan Mulyani 2005; Rochayati dan Dariah 2012; Hakim 2012). Tingkat kesuburan dan produktivitas lahan rendah, sehingga memerlukan input cukup tinggi (Murtalaksono dan Anwar 2014)

umumnya jenis tanah yang dominan adalah Ultisols dan Oxisols. Tanah Ultisols dan Oxisols merupakan jenis tanah tua yang telah mengalami pelapukan lanjut, basa biasanya tercuci sehingga umumnya didominasi oleh Al, Fe dan Mn oksida. Tingginya unsur tersebut dalam tanah dapat meracuni tanaman disamping itu oksida besi, aluminium dan mangan yang tinggi mengakibatkan ketersediaan P dalam tanah akan rendah. Peningkatan ketersediaan P dapat dilakukan dengan penambahan kapur atau pemberian bahan organik

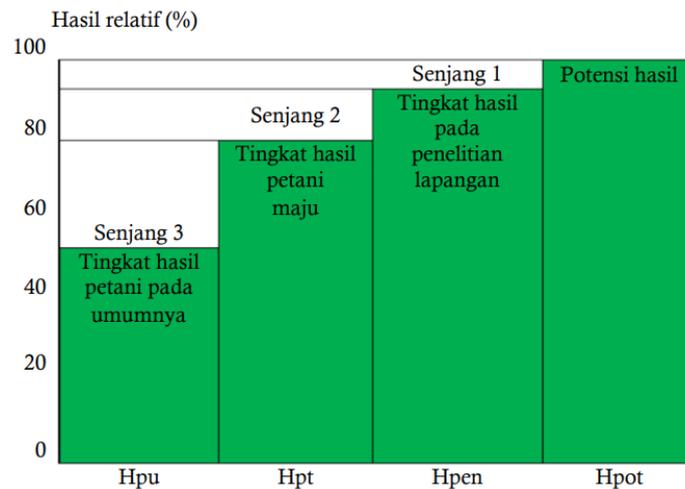
Hasil penelitian Hartono (2000) menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang dan kapur dapat meningkatkan kadar Pi dalam tanah. Penambahan kompos juga dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara N, P, K dan Mg serta hasil jagung (Golabi *et al.*, 2004). Pemberian pupuk P pada tanah Ultisol mampu meningkatkan ketersediaan P dalam tanah dan produksi jagung (Kasno *et al.*, 2006). Pemupukan P dengan dosis 100 kg/ha memberikan hasil jagung sebesar 8,95 t/ha, dengan penambahan dosis P menjadi 150 kg/ha produksi jagung meningkat menjadi 9,37 ton/ha (Puspitasari *et al.*, 2018). Hasil penelitian Ademba *et al.* (2015), menunjukkan bahwa pemberian pupuk P setengah dosis ditambah pemberian pupuk kandang setengah dosis lebih baik dibandingkan dengan pemberian P secara tunggal dari berbagai sumber, berkisar antara 1-2,4 t/ha ataupun jika dibandingkan dengan pengapuran saja mampu meningkatkan produksi jagung sampai 4,5 ton/ha. Efisiensi P dengan penambahan pupuk kandang disebabkan karena fiksasi P oleh Al atau besi dapat digantikan dengan gugus hidroksil dari pupuk kandang sehingga P akan dapat tersedia.

Ketersediaan P dapat ditingkatkan dengan pemberian pupuk P yang sesuai dengan lahan masam. Pemanfaatan fosfat alam diklaim lebih efektif dibandingkan dengan P anorganik yang biasa digunakan untuk lahan masam. Bantuan fosfat (fosfat alam) dapat menjadi salah satu sumber P pada tanah masam. Kombinasi pupuk alam dengan bahan organik tidak hanya meningkatkan hasil padi tetapi juga dapat meningkatkan pH tanah, P-tersedia tanah, jumlah anakan, tinggi tanaman dan juga menurunkan kolarutan Fe²⁺ di akhir fase vegetatif (Batubara *et al.*, 2014). Kombinasi pupuk kandang, kapur dan fosfat alam di lahan pasang surut tipe C mampu meningkatkan produksi jagung mencapai 8,25 t/ha (Adha *et al.*, 2021). Efektivitas bantuan fosfat akan lebih baik jika dikombinasikan dengan pemberian pupuk kandang 1-2 t/ha. Residu pemberian batuan fosfat mampu memberikan hasil yang lebih tinggi sampai pada musim tanam ke empat terhadap hasil jagung

(Husnain *et al.*, 2013). Kemampuan fosfat alam dalam merilis P secara perlahan adalah satu yang menyebabkan sehingga akan lebih efektif sampai beberapa musim tanam dibandingkan dengan pupuk sumber lainnya.

Komoditas dan varietas yang diusahakan juga merupakan factor penentu keberhasilan pengembangan lahan kering. Hasil penelitian Sija dan Syafruddin (2010) menunjukkan bahwa dari 5 varietas jagung yang di Uji, varietas Bima 5 memberikan hasil tertinggi yaitu 11,71 t/ha. Hasil penelitian Amir dan Nappu (2013) terhadap beberapa varietas jagung menunjukkan bahwa jagung varietas Bisi 2 memberikan hasil lebih tinggi daripada varietas Bima 5 yaitu sebesar 16,66 t/ha. Pengujian padi varietas Inpago 8 di lahan kering hasilnya sebesar 6 t/ha dan Inpago 10 hasilnya 6,8 t/ha (Widodo dan Sutaryo, 2021)

Terdapat kesenjangan hasil antara hasil penelitian dengan hasil di petani, hal ini karena tingkat adopsi teknologi oleh petani yang masih berdasarkan pada orientasi kebutuhan petani. Kesenjangan adopsi teknologi oleh petani akan berpengaruh terhadap senjang hasil yang dicapai petani antara potensi hasil. Irawan *et al.* (2015), senjang hasil di lahan kering dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu antara potensi hasil dengan hasil penelitian di lapang, antara hasil penelitian lapang dengan hasil yang dicapai petani maju dan antara hasil yang dicapa petani maju dengan petani secara umum (Gambar 1)



Gambar 1. Ilustrasi senjang hasil pertanian lahan kering antara tingkat potensi, penelitian, petani maju, dan petani pada umumnya (Sumsber: Irawan *et al.*, 2015)

KESIMPULAN

Potensi lahan kering di Indosnesia cukup luas yaitu mendekati 144,5 juta hektar dan tersebar di Sumatera, Jawa, Bali, NTT, Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Papua. Terlulus berada di pulau Kalimantan. Lahan kering di Indonesia berpotensi untuk pertanian seperti tanaman pangan, sayuran, perkebunan dan penggembalaan seluas 99,6 juta hektar. Kendala utama lahan kering sebagai lahan pertanian adalah iklim dan kesuburan tanah. Pemanfaatan sebagai lahan pertanian dapat ditingkatkan dengan pemanfaatan teknologi tepat guna. Pemberian pupuk P mampu meningkatkan produksi tanaman dan ketersediaan hara dalam tanah. Sumber P lainnya yang bisa digunakan adalah Fosfat alam dan akan lebih efektif pemupukan P apabila dibarengi dengan pemberian bahan organik. Komoditas jagung Bisi 2 mampu memberikan hasil sebesar 16,66 t/ha. Komoditas padi varietas Inpago 8 dan 10 mampu menghasilkan berturut turut sebesar 6 t/ha dan 6,8 t/ha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada pihak yang memberikan dukungan dalam penulisan makalah, baik sebagai mitra konsultasi dan/atau penyandang dana.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman A, Dariah A, Mulyani A. 2008. Strategi dan teknologi pengelolaan lahan kering mendukung pengadaan pangan Nasional. *J. Litbang Pertanian*. 27(2): 43-49.
- Ademba JS, Kwach JK, Esilaba AO, Ngari SM. 2015. The effects of phosphate fertilizers and manure on maize yields in South Western Kenya. *East African Agricultural and Forestry Journal*. 81(1): 1-11.
- Amir dan Nappu MB. 2013. Uji adaptasi beberapa varietas jagung hibrida pada lahan sawah tadah hujan di Kabupaten Takalar. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*. p. 49-56.
- Batubara IS, Fauzi, Lubis KS. 2014. Pengaruh pemberian fosfat alam dan bahan organik terhadap sifat kimia tanah, pertumbuhan dan produksi padi (*oryza sativa* l.) padatanah sulfat masam potensial. *Jurnal Online Agroekoteknologi* . 2(3) :1251- 1259
- Eissa MA, Nafady M, Ragheb H, Attia K. 2013. Effect of soil moisture and forms of phosphorus fertilizers on corn production under sandy calcareous soil. *World Applied Sciences Journal*. 26 (4): 540-547.
- Ch'Ng HY, Ahmed OH, Majid NMA. 2014. Improving phosphorus availability in an acid soil using organic amendments produced from agroindustrial wastes. *Sci. World J*. DOI:10.1155/2014/506356.
- Corley RHV, Tinker PB. 2003. The oil palm, Fourth Ed. Blackwell Publishing Company. Iowa.
- Cruz RV, Harasawa H, Lal M, Wu S, Anokhin Y, Punsalma B, Honda Y, Jafari M, Li C, Ninh NH. 2007: Asia. In Parry ML. (Eds) Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK. (pp. 469-506).
- Hakim I. 2012. Kebijakan agroforestry sebagai solusi atas permasalahan pertanian dan kehutanan di Indonesia. *Dalam* Prospek Pertanian Lahan Kering dalam Mendukung Ketahanan Pangan. Badan Litbang Pertanian. LITBANGPRESS.
- Hidayat A, Mulyani A. 2005. Lahan kering untuk pertanian. *Dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Ginting EN, Sutandi A, Nugroho B, Indriyati T. 2013. Rasio dan kejenuhan hara K, Ca, Mg di dalam tanah untuk tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *J. Tanah dan Lingkungan*. 15(2): 60-65.
- Golabi MH, Denney MJ, Iyekar C. 2004. Use of composted organic wastes as alternative to synthetic fertilizers for enhancing crop productivity and agricultural sustainability on the tropical island of guam. ISCO 2004 - 13th International Soil Conservation Organisation Conference – Brisbane, July 2004. Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions
- Hartono A, Vlek PLG, Moaward A, Rachim A. 2000. Changes in phosphorus fractions on an acidic soil induced by phosphorus fertilizers, organic matter and lime. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 3(2): 1-7.
- Hong, TK. 2008. Principles of soil chemistry. 2nd Ed. Marse, Dekker Inc. New York.

- Husnain, Rochayati S, Sutriadia T, Nassir A, Sarwani M. 2013. Improvement of soil fertility and crop production through direct application of phosphate rock on maize in Indonesia. "SYMPHOS 2013", 2nd International Symposium on Innovation and Technology in the Phosphate Industry.
- Murtalaksono K, Anwar S. 2014. Potensi, kendala, dan strategi pemanfaatan lahan kering dan kering masam untuk pertanian (padi, jagung, kedele), peternakan, dan perkebunan dengan menggunakan teknologi tepat guna dan spesifik lokasi. Disampaikan pada seminar nasional lahan suboptimal. Pusat Unggulan Riset Pengembangan Lahan Suboptimal (PUR-PLSO) Universitas Sriwijaya, Palembang, 26-27 September 2014.
- Irawan, Ai Dariah, Rachman A. 2015. Pengembangan dan diseminasi inovasi teknologi pertanian mendukung optimalisasi pengelolaan lahan kering masam. *J. Sumberdaya Lahan*. 9(1): 37-50.
- Kasno A, Setyorini D, Tuberkih E. 2006. Pengaruh pemupukan fosfat terhadap produktivitas tanah Inceptisol dan Ultisol. *J. Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 8(2): 91 - 98.
- Lakitan B, Gofar N. 2013. Kebijakan inovasi teknologi untuk pengelolaan lahan suboptimal berkelanjutan. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Nasional Intensifikasi Pengelolaan Lahan Suboptimal dalam Rangka Mendukung Kemandirian Pangan Nasional*. p.5-14.
- Mimura N, Nurse L, McLean, Agard RF, Briguglio J, Lefale L, Payet PR, Sean G. 2007. Small Islands. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, J. P. van der Linden and C. E. Hanson (Eds) (pp. 687-716). Cambridge University Press, Cambridge UK.
- Ngigi SN. 2009. *Climate Change Adaptation Strategies: Water Resource Management Options for Smallholder Farming Systems in Sub-Saharan Africa*. The MDG Centre for East and South Africa, The Earth Institute at Columbia University, New York 189 pp
- Olafisoye BO, Oguntibeju OO, Osibote OA. 2016. An assessment of the bioavailability of metals in soils on oil palm plantations in Nigeria. *Pol. J. Environ. Stud*. 25(3): 1125-1140.
- Puspitasari HM, Yunus A, Harjoko D. 2018. Dosis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa jagung hibrida. *Agrosains*. 20(2): 34-39.
- Ritung S, Suryani E, Subardja D, Sukarman, Nugroho K, Suparto, Hikmatullah, Mulyani A, Tafakresnanto C, Sulaeman Y, Subandiono RE, Wahyunto, Ponidi, Prasojo N, Suryana U, Hidayat H, Priyono A, Supriatna W. 2015. Husen et al. (Eds) *Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Penelitian. Jakarta, IAARD Press. 98 Hlm
- Rochayati S, Dariah A. 2012. Pengembangan lahan kering masam: peluang, tantangan, dan strategi, serta teknologi pengendalian. *Dalam Prospek Pertanian Lahan Kering dalam Mendukung Ketahanan Pangan*. Badan Litbang Pertanian. LITBANG-PRESS
- Sija P, Syafruddin. 2012. Uji adaptasi jagung Varietas Bima di lahan kering. *Prosiding Pekan Serealia Nasional, 2010* ISBN : 978-979-8940-29-3. p. 220-223
- Rout GR, Samantaray S, Das P. 2001. Aluminium toxicity in plants: A review. *Agronomie*. 21(1): 3-21.
- Subagyo H, Suharta N, Siswanto AB. 2004. Tanah tanah pertanian di Indonesia. *Dalam Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Puslitbangtanak. Badan Litbang Pertanian

- Sukarman, Suharta N. 2010. Kebutuhan lahan kering untuk kecukupan produksi pangan periode 2010-2050. *Dalam* Buku Analisis Sumber Daya Lahan Ketahanan Pangan Berkelanjutan. Badan Litbang Pertanian.
- Sulaiman AA, Sulaeman Y, Minasny B. 2019. A framework for the development of wetland for agricultural use in Indonesia. *Resources*. 8 (1) 34:1-16
- Suriadikarta DA, Prihatini T, Setyorini D, Hartatiek W. 2002. Teknologi pengelolaan bahan organik tanah. hlm. 183–238. *Dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor
- Tao F, Zhang Z. 2011. Impacts of climate change as a function of global mean temperature: maize productivity and water use in China. *Climate Change*. 105(3-4): 409-432
- Widodo S, Sutaryo B. 2021. Analisis usahatani dan tingkat preferensi petani terhadap beberapa varietas unggul Inpago di Gunungkidul Yogyakarta. <http://repository.pertanian.go.id>. Diakses tanggal 17 Mei 2021