

PEMANFAATAN BATUAN FOSFAT ALAM UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN USAHATANI KEDELAI DI LAHAN KERING MASAM

Agus Suprihatin^{1*}, Suri Ema², I Ketut Warken Edi³ dan Joko Maryanto⁴

^{1,2,3}BPTP Balitbangtan Sumatera Selatan, Jl. Kol. H. Burlian Km. 6 No. 83 Palembang, Sumsel

⁴Fakultas Pertanian, UNSOED, Jl. DR. Soeparno No.63, Karang Bawang, Grendeng, Purwokerto, Jateng

*Email: at33ns@yahoo.com

ABSTRAK

Pemanfaatan batuan fosfat alam (BFA) menjadi pupuk P mudah larut memerlukan biaya yang sangat tinggi. Oleh karena itu diupayakan penggunaan BFA sebagai pupuk secara langsung (*direct application phosphate rock/DAPR*) dan ditingkatkan efisiensinya secara biologi yaitu salah satunya dengan penambahan kultur mikroorganisme pelarut fosfat. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan provitas tanaman kedelai yang dibudidayakan di tanah Ultisol melalui penggunaan BFA dan M-Bio dan mengetahui kelayakan usaha taninya. Penelitian menggunakan tanaman kedelai varietas Slamet yang ditanam di tanah Ultisol Krumpit Banyumas, dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap faktorial dan 3 ulangan. Faktor yang diujikan dalam penelitian ini yaitu dosis BFA dengan 4 taraf yaitu 0, 100, 200, 300 dan 400 kg P₂O₅ ha⁻¹, dan penggunaan M-Bio dengan 2 taraf yaitu 0 dan 200 g ha⁻¹. Parameter yang diamati meliputi pH, Al-dd, P-tersedia, serapan P, jumlah polong, berat kering kedelai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan BFA dan M-Bio dapat meningkatkan P-tersedia, jumlah polong dan berat kering kedelai, serta menurunkan Al-dd tanah. Perlakuan 200 kg P₂O₅ ha⁻¹ dan 200 g M-Bio ha⁻¹ dapat menghasilkan provitas kedelai sebesar 1,7 t ha⁻¹, dibandingkan dengan kontrol yang hanya mencapai 0,7 t ha⁻¹. Nilai R/C rasio yang diberikan > 1,0. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian BFA dan M-Bio (kultur mikroorganisme komersil) memberikan peluang untuk dikembangkan sehingga dapat meningkatkan provitas kedelai di lahan kering masam.

Kata kunci : M-Bio, mikroorganisme, produksi, Ultisol

PENDAHULUAN

Laju peningkatan konsumsi kedelai yang relatif tinggi tidak diimbangi dengan laju peningkatan produksi kedelai nasional. Untuk memenuhi kebutuhan kedelai dalam negeri, maka harus dilakukan impor kedelai. Upaya alternatif yang harus dilakukan yaitu penambahan areal panen baru secara nyata untuk memperoleh luas panen riil 2,5 juta hektar, sehingga diperlukan penambahan 1,5 juta hektar untuk mencapai swasembada kedelai nasional (Harsono, 2008; Nainggolan dan Rachmat, 2013; Sumarmi, 2021). Upaya perluasan areal tanam kedelai melalui kegiatan Upsus kedelai dari tahun 2011 – 2014 sudah mencapai 1,15 juta ha (Suyamto dan Widiarta, 2022).

Salah satu lahan sub optimal di Indonesia yang potensial untuk dikembangkan yaitu tanah kering masam seluas 108,8 juta ha atau sekitar 69,4% dari total lahan kering di Indonesia (BBSDLP, 2012). Ultisol dan Oxisol merupakan jenis tanah yang mendominasi di lahan tersebut (Hidayat dan Mulyani, 2005). Masalah yang menonjol pada tanah masam (Ultisol) adalah kahat unsur P dan pH tanah sangat rendah, serta kejenuhan Al, Fe dan Mn sangat tinggi yang dapat meracuni tanaman (Soepardi, 2001).

Teknologi budidaya kedelai telah diterapkan pada beberapa tipe lahan, seperti sawah irigasi, tadah hujan, lahan kering masam dan rawa pasang surut, dapat memberikan provitas kedelai lebih dari 2 t ha⁻¹, serta dapat meningkatkan keuntungan usahatani (Adisarwanto *et al.*, 2007; Harsono, 2008; Sudaryono *et al.*, 2007; Taufik *et al.*, 2009). Adopsi varietas unggul kedelai yang berpotensi hasil tinggi oleh petani, yang memberikan kontribusi nilai tambah ekonomi yang tinggi setiap tahunnya mencapai lebih dari Rp. 1,57 trilyun (Suyamto dan Widiarta, 2010).

Pemanfaatan batuan fosfat alam (BFA) sebagai pupuk secara langsung pada tanah masam merupakan suatu alternatif (Akande *et al.*, 2008; Iqbal *et al.*, 2013) untuk meningkatkan produktivitas tanah tersebut, seperti menyediakan hara fosfat dan meningkatkan pH tanah. Hasil penelitian Maryanto *et al.* (1999) tentang pemakaian BFA dapat meningkatkan pH tanah lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan pupuk SP-36 pada takaran yang sama yaitu 600 ppm P₂O₅. Selain itu BFA mempunyai pengaruh residu yang lebih baik dibandingkan dengan pupuk SP-36, sehingga pemberian BFA pada musim tanam berikutnya dapat dikurangi. Tiap molekul BFA terbentuk dari trikalsium fosfat dan kalsium florida, sehingga fosfat alam mempunyai kelarutan yang rendah. Konversi BFA menjadi pupuk P yang mudah larut memerlukan biaya tinggi.

Salah satu upaya untuk meningkatkan efisien BFA dapat dilakukan dengan cara biologi yaitu dengan penambahan pupuk hayati yang mengandung mikroorganisme pelarut P, dan menggunakan tanaman yang toleran terhadap defisiensi P. Pupuk hayati berisi mikroba bukan patogen baik tunggal maupun campuran mikroba dalam satu bahan pembawa yang berfungsi untuk menyediakan unsur hara dan meningkatkan produksi tanaman (Vessey, 2003). M-Bio merupakan salah satu pupuk hayati yang mengandung *Lactobacillus* sp., *Selubizing Phosphate bacteria*, yeast dan *Azotobacter* sp. yang mampu mempercepat fermentasi bahan organik dan menghasilkan senyawa organik dan tersedia bagi tanaman. *Selubizing Phosphate bacteria* berfungsi untuk meningkatkan P tersedia bagi tanaman (Priyadi, 2011). Penelitian aplikasi M-Bio untuk meningkatkan efisiensi batuan fosfat alam deposit lokal belum banyak dilakukan, maka dilakukan penelitian penggunaan BFA sebagai pupuk secara langsung (*direct application phosphate rock/DAPR*) dan ditingkatkan efisiensinya secara biologi yaitu dengan penambahan M-Bio untuk meningkatkan provitas kedelai dan kelayakan usahatani kedelai.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di lahan kering masam tanah Ultisol Krumpit Banyumas. Bahan penelitian antara lain BFA deposit Gombang yang mengandung 18% P_2O_5 , kedelai varietas Slamet. Alat-alat yang digunakan adalah cangkul, ember, plastik, meteran, terpal, timbangan, neraca analitik, pH meter, Kjeldahl apparatus, spektrofotometer, dan alat-alat gelas.

Faktor yang diujikan yaitu : 1). BFA dengan 4 taraf yakni 0 (P0), 100 (P1), 200 (P2) dan 300 kg P_2O_5 ha⁻¹ (P3). 2). M-Bio, dengan 2 taraf yakni tanpa M-Bio (M0) dan 200 gr M-Bio ha⁻¹ (M1). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktorial lengkap dengan 3 ulangan. Pupuk Urea dan KCl yang diberikan masing 100 kg ha⁻¹.

Variable yang diamati meliputi : pH H₂O (metode elektroda gelas, rasio antara tanah : larutan = 1 : 2,5), P tersedia tanah (metode Bray-I), Al-dd (metode ekstraksi KCl 1 N), serapan P (metode vanado-molibdo-phosphoric yellow), komponen produksi tanaman kedelai (jumlah polong dan berat kering kedelai). Analisis tanah dan serapan P dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Faperta, UNSOED. Data dianalisis menggunakan analisis ragam ANOVA taraf 5%, untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5%. Perhitungan kelayakan usaha tani kedelai dilakukan dengan analisis R/C rasio.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis awal tanah Ultisol Krumpit Banyumas mempunyai status kesuburan tanah yang rendah. Hal ini ditunjukkan pada pH tanah yang masam (4,9), kadar C-organik sangat rendah (< 1%), nilai KPK yang rendah (10,4 c mol (+) kg⁻¹) dan kejenuhan basa yang rendah (18%), serta memiliki Al-dd yang tinggi (3,58 c mol (+) kg⁻¹) dan kejenuhan Al yang tinggi (34,42%). Faktor kuantitas kemasaman tanah pada tanah dengan selang pH 4,5 – 5,5 yaitu Al-dd, ion hidroksi Al dan H-dd. Peranan ion hidroksi Al dan H-dd bertambah pada tanah mendekati pH 5,5.

Tingginya kandungan Al pada tanah Ultisol menyebabkan terjadinya fiksasi P, sehingga unsur tersebut kurang tersedia bagi tanaman. Hal ini terlihat pada kadar P-total tanah Ultisol mencapai 52,8% (tinggi), sedangkan kadar P-tersedia tanah Ultisol sangat rendah (1,25 ppm P_2O_5), serta kadar hara N, K, Ca, Na dan Mg juga berada pada kisaran sangat rendah sampai rendah. Oleh karena itu diperlukan suatu bahan amelioran yang sesuai untuk memperbaiki kesuburan tanah Ultisol dan pemupukan yang tepat untuk mencukupi kebutuhan tanaman kedelai yang akan dibudidayakan.

Pemberian 300 kg BFA ha⁻¹ dapat meningkatkan pH tanah menjadi 5,2; sedangkan pada kontrol terjadi penurunan nilai pH tanah menjadi 4,1. Peningkatan pH tanah Ultisol tersebut dikarenakan BFA mengandung bahan-bahan kapur seperti Ca dan Mg yang berkontribusi dalam penyediaan ion-ion OH⁻ dalam larutan tanah. Peningkatan pH tanah juga terkait dengan mekanisme pelarutan P pada permukaan oksida melalui pemakaian ion

H⁺ selama proses tersebut dan menghasilkan ion OH⁻. Pemberian 225 ppm P₂O₅ ke tanah Ultisol dapat meningkatkan pH tanah menjadi 5,02 dibandingkan kontrol dengan pH 4,83 (Simanjuntak dkk, 2015). Aplikasi 5 t BFA ha⁻¹ ke tanah Ultisol dapat meningkatkan pH tanah menjadi 4,74 dibandingkan dengan pH tanah awal 4,41 (Yusnaini *et al.*, 2020).

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap serapan P oleh tanaman kedelai

Dosis BFA (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	Serapan P (mg P per tanaman)	
	200 g M-Bio ha ⁻¹ (M1)	0 g M-Bio ha ⁻¹ (M0)
0	48,97 a	52,77 a
100	236,67 b	200,91 b
200	300,13 c	219,17 b
300	377,13 d	356,47 d
Rerata	240,73 b	207,33 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%.

Perlakuan M-Bio dapat meningkatkan serapan P oleh tanaman kedelai. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme *Solubilizing phosphate bacteriae* pada M-Bio ikut ambil bagian dalam kelarutan P dari BFA, menjadi bentuk P-tersedia bagi tanaman. Aktivitas mobilisasi *pool-pool* P tidak larut oleh bakteri pelarut fosfat lebih besar, sehingga memperbanyak konsentrasi P terlarut di zona perakaran. Oleh karena itu tanaman dapat lebih mudah menyerap hara P terlarut tanpa memperluas daerah jelajah perakarannya, melalui mekanisme aliran masa. Peningkatan serapan P oleh tanaman kedelai seiring dengan peningkatan dosis BFA (Tabel 1) dan peningkatan P-tersedia dalam larutan tanah (Tabel 2). Pupuk hayati berfungsi untuk meningkatkan ketersediaan hara, melindungi akar dari gangguan hama penyakit, menstimulasi sistem perakaran, memacu mitosis jaringan meristem pada titik tumbuh, penawar racun beberapa logam berat, metabolit pengatur tumbuh dan bioaktivator perombak bahan organik (Rochayati dan Dariah, 2014).

Perlakuan BFA dan M-Bio dapat meningkatkan kadar P-tersedia tanah, jumlah polong dan berat kering kedelai, serta menurunkan Al-dd tanah. Penurunan jumlah Al-dd sejalan dengan peningkatan dosis BFA dan peningkatan P-tersedia (Tabel 2). Batas kritis toleransi tanaman kedelai terhadap kejenuhan aluminium yaitu sebesar 15% (Rachman dan Dariah, 2008). Keberadaan Al dapat dikurangi kelarutannya dengan agen pengikat yang mampu mengendapkannya. Batuan fosfat alam mengandung kation Ca²⁺ dan Mg²⁺ yang mampu menggantikan kedudukan H⁺ dan Al³⁺ pada kompleks jerapan. Al-hidroksida yang terbentuk akan mengedap, sehingga kompleks jerapan yang bebas dari Al akan digantikan oleh Ca²⁺.

Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap penurunan Al-dd dan peningkatan P-tersedia tanah

Perlakuan	Al-dd (c mol (+) kg ⁻¹)			P-tersedia (mg kg ⁻¹ P ₂ O ₅)		
	M0	M1	Rerata	M0	M1	Rerata
P0	2,0 e	2,4 f	2,20 c	0,391 a	0,039 a	0,215 a
P1	1,0 d	1,1 d	1,05 b	2,195 a	2,656 a	2,426 a
P2	0,3 bc	0,4 c	0,35 a	9,793 b	7,193 b	8,493 b
P3	0,0 a	0,2 b	1,10 b	19,300 c	16,685 c	17,993 c
Rerata	0,825 b	1,025 a	+	7,920 a	6,643 a	+

Keterangan : P0= 0 kg P₂O₅ ha⁻¹, P1= 100 kg P₂O₅ ha⁻¹, P2= 200 kg P₂O₅ ha⁻¹, P3= 300 kg P₂O₅ ha⁻¹, M0= 0 g M-Bio ha⁻¹, M1= 200 g M-Bio ha⁻¹. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%.

Peningkatan pH tanah akan meningkatkan ketersediaan hara P dan K yang dibutuhkan tanaman (Rochayati dan Dariah, 2014). Semakin tinggi dosis BFA yang diberikan ke dalam tanah Ultisol, akan semakin meningkatkan kadar P-tersedia. Pemberian BFA pada tanah yang semakin masam akan bereaksi dengan ion H⁺, sehingga unsur

P dapat terlepas dan dapat digunakan untuk mencukupi kebutuhan hara tanaman. Pemberian BFA diharapkan dapat mengurangi penggunaan kapur yang berlebihan di lahan pertanian. Hal ini dikarenakan pemberian kapur yang berlebihan dalam jangka panjang akan berdampak pada keseimbangan hara dalam tanah, seperti menurunkan ketersediaan unsur mikro dan bahan organik, dikarenakan mikroorganisme perombak menjadi lebih aktif (Rochayati dan Dariah, 2014).

Tabel 3. Pengaruh perlakuan terhadap jumlah polong dan berat kering kedelai

Perlakuan	Jumlah Polong			Berat kering kedelai (g tan ⁻¹)		
	M0	M1	Rerata	M0	M1	Rerata
P0	7,8 a	9,0 a	8,4	1,36 a	1,58 a	1,47 a
P1	15,5 b	18,0 bc	16,75	2,66 b	2,99 d	2,83 b
P2	17,0 bc	18,5 c	17,75	2,71 c	3,36 e	3,04 c
P3	24,0 e	21,0 d	22,5	2,85 cd	3,27 e	3,06 c
Rerata	16,1 a	16,6 a	+	2,4 a	2,8 a	+

Keterangan : P0= 0 kg P₂O₅ ha⁻¹, P1= 100 kg P₂O₅ ha⁻¹, P2= 200 kg P₂O₅ ha⁻¹, P3= 300 kg P₂O₅ ha⁻¹, M0= 0 g M-Bio ha⁻¹, M1= 200 g M-Bio ha⁻¹. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%.

Kecukupan P-tersedia di media tanam menyebabkan berbagai proses biosintesis berlangsung secara optimal. Unsur P merupakan unsur yang esensial untuk fase pertumbuhan generatif, seperti pematangan polong. Batuan fosfat alam mampu meningkatkan jumlah polong per tanaman kedelai sampai 24 biji pada dosis 300 kg P₂O₅ ha⁻¹. Peningkatan serapan P oleh tanaman kedelai akan semakin meningkatkan serapan hara N, K, Ca dan Mg yang sangat mendukung dalam proses metabolisme tanaman sehingga meningkatkan produksi tanaman. Hara P berperan dalam proses fosforilasi oksidatif tanaman. Oleh karena itu peningkatan serapan hara P akan semakin meningkatkan aktivitas metabolisme yaitu fotosintesis, sehingga terjadi peningkatan energi dalam bentuk ATP. Akibatnya pertumbuhan tanaman akan meningkat yang ditunjukkan oleh bertambahnya bobot kering kedelai (Tabel 3).

Provitas kedelai di lahan kering masam yang tertinggi pada perlakuan 200 kg P₂O₅ ha⁻¹ dan 200 g M-Bio ha⁻¹ yaitu mencapai 1,7 t ha⁻¹, dibandingkan kontrol yang hanya menghasilkan provitas kedelai sebesar 0,7 t ha⁻¹ (Tabel 4). Variabel yang paling berperan dalam meningkatkan provitas kedelai yaitu populasi tanaman, penggunaan varietas unggul dengan potensi hasil tinggi, pemupukan yang tepat untuk meningkatkan kesuburan tanah, pengendalian hama dan penyakit dan penanganan pasca panen.

Tabel 4. Pengaruh perlakuan terhadap provitas kedelai di lahan kering masam

Dosis BFA (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	Provitas (t ha ⁻¹)		Rerata
	200 g M-Bio ha ⁻¹ (M1)	0 g M-Bio ha ⁻¹ (M0)	
0	0,8 a	0,7 a	0,74 a
100	1,5 c	1,3 b	1,41 b
200	1,7 d	1,4 b	1,52 c
300	1,6 cd	1,4 b	1,53 c
Rerata	1,4 b	1,2 a	+

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%.

Indikator yang digunakan untuk menilai kinerja usahatani adalah R/C rasio. Nilai R/C diperoleh dari rasio antara penerimaan dan biaya eksplisit yang dikeluarkan. Semakin besar R/C rasio maka usahatani kedelai tersebut semakin menguntungkan dan layak untuk dilakukan. Nilai R/C rasio petani kedelai berkisar pada 1,61 – 1,75; bahwa setiap penambahan pengeluaran sebesar 1,00 akan menambah penerimaan sebesar Rp 1,61 – 1,75. Oleh karena itu budidaya kedelai yang memanfaatkan BFA dan M-Bio (pupuk hayati) layak untuk diusahakan karena memiliki

nilai R/C rasio > 1. Hasil penelitian Kurnia dkk (2019) di Desa Kebinagung Kabupaten Grobogan memberikan hasil nilai R/C rasio sebesar 1,98.

Tabel 5. Usaha tani kedelai di lahan kering masam Krumpit Banyumas

Uraian	Petani I	Petani II	Petani III
Penerimaan	11.300.000	12.140.000	12.240.000
Biaya	6.650.000	7.542.000	6.980.000
R/C	1,70	1,61	1,75

KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan BFA meningkatkan pH tanah Ultisol. Penambahan M-Bio mampu meningkatkan serapan P oleh tanaman kedelai. Aplikasi BFA dan M-Bio dapat meningkatkan P-tersedia, jumlah polong dan berat kering kedelai, serta menurunkan Al-dd tanah. Perlakuan 200 kg P₂O₅ ha⁻¹ dan 200 g M-Bio ha⁻¹ dapat menghasilkan provitas kedelai sebesar 1,7 t ha⁻¹, dibandingkan dengan kontrol yang hanya mencapai 0,7 t ha⁻¹. Nilai R/C rasio > 1,0. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan BFA dan M-Bio memberikan peluang untuk dikembangkan sehingga dapat meningkatkan provitas kedelai di lahan kering masam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T., Subandi, dan Sudaryono, 2007, *Teknologi Produksi Kedelai*. Prosiding Kedelai: Teknik Produksi dan Pengembangan. Puslitbangtan. Bogor. Hal: 229 – 252.
- Akande, M.O., J.A. Adediran, F.I. Oluwatoyinbo, E.A. Makinde and M.T. Adetunji, 2008. Suitability of poultry manure amended Sokoto rock phosphate on growth, nutrient uptake and yield of Chilli pepper (*Capsicum frutescens* L). *Nig. J. Soil Sci.*, 18: 167_174.
- BBSDLP. 2012. *Lahan Sub Optimal: Potensi, Peluang dan Permasalahan Pemanfaatannya untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan*. Prosiding Lahan Sub Optimal. Palembang. Kemenristek.
- Harsono, A. 2008. Strategi Pencapaian Swasembada Kedelai Melalui Perluasan Areal Tanam Di Lahan Kering Masam. Hal. 244-257. *Iptek Tanaman Pangan*. Vol. 3 No. 2. Puslitbangtan. Bogor.
- Hidayat, A. dan Mulyani, A. 2004. *Lahan Kering Untuk Pertanian*. Prosiding Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Puslittanak. Balitbangtan. Jakarta. Hal: 1 – 34.
- Iqbal, Z., M. Yaqub, M. Akram and R. Ahmad, 2013. Phosphorus Fertigation: A Technique For Enhancing P Fertilizer Efficiency And Yield Of Wheat And Maize. *Soil Environ.*, 32: 146 – 151.
- Kurnia, R., Noor, T.I., Wulandari, E., dan Rachmadi, M. 2019. Kelayakan Usahatani Kedelai di Lahan Darat dan Lahan Sawah. *Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*. 5(2): 346 – 354.
- Mashar, A.Z. 1999. Bioteknologi dalam Pengembangan Kedelai Varietas BAru Tahan Tanah Masam di Provinsi Kalimantan Tengah Berprospek Cerah. Pusat Pengajian dan Pemberdayaan Sumberdaya Lokal.
- Nainggolan, K. dan Rachmat, M. 2013. Prospek Swasembada Kedelai Indonesia. *Pangan*. Vol. 23 No.1. Hal: 83 – 92.
- Priyadi, R. 1998. Beberapa Hasil Penelitian Aplikasi Teknologi M-Bio dalam Budidaya Pertanian. *Jurnal Penelitian Lembaga Penelitian Universitas Siliwangi*.
- Priyadi, R.. 2003. Pengaruh berbagai takaran porasi kotoran domba terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kubis varietas Green Coronet. *Bionatura. Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik Padjadjaran*, vol.5, No.2. hal. 88-96.
- Priyadi R. 2004. Pemanfaatan dan Aplikasi Teknologi Porasi/M-Bio (Patent P.20000939/S20000204) Dalam Budidaya Pertanian Akrab Lingkungan (Pertanian Organik). *Jurnal Pendidikan Tinggi Volume I. No 1 Juli 2004*.
- Priyadi R. 2009. Komponen Hasil dan Hasil Padi yang Ditanam dalam Polybag Pada Kombinasi Media Tanam dan Frekuensi Pemberian Porasi Cair yang Berbeda. *Agribisnis 1 (1) : 79-88*.

- Priyadi, R. 2011. *Teknologi M-Bio (Terdaftar Permintaan Patent P.20000939) Untuk Pertanian dan Kesehatan Lingkungan (Beserta Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat)*. Edisi Pertama. Penerbit PPS UNSIL Press. Tasikmalaya. 63 hal. ISBN 978-602-99394-6-0.
- Rachman, S. dan Dariah, A. 2008. *Olah Tanah Konservasi*. Buku Konservasi Lahan Kering. Balittanah. Balitbangtan. Jakarta. Hal: 20 – 35.
- Rochayati, S. dan Dariah, A. 2014. *Pengembangan Lahan Kering Masam : Peluang, Tantangan dan Strategi, serta Teknologi Pengelolaan*. <https://www.litbang.pertanian.go.id/buku/Lahan-Kering-Ketahan/BAB-III-6.pdf>. Diunduh tanggal 1 Maret 2022. Hal: 187 – 204.
- Simanjuntak, J., Hanum, H., dan Rauf, A. 2015. Ketersediaan Hara Fosfor dan Logam Berat Kadmium pada Tanah Ultisol Akibat Pemberian Fosfat Alam dan Pupuk Kandang Kambing serta Pengaruhnya Terhadap Perumbuhan dan Produksi Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Online Agroteknologi*. Vol.3. No.2 : 499 – 506.
- Soepardi, H.G. 2001. *Strategi Usahatani Agribisnis Berbasis Sumberdaya Lahan*. Prosiding Nasional Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Pupuk. Buku I. Puslittanak. Balitbangtan. Jakarta. Hal: 35 – 52.
- Sudaryono, A., Taufik, dan Wijanarko, A. 2007. *Peluang Peningkatan Produksi Kedelai Di Indonesia*. Prosiding Kedelai: Teknik Produksi dan Pengembangan. Puslitbangtan. Bogor. Hal. 130-167.
- Sumarmi. 2021. *Potensi Pengembangan Kedelai di Indonesia*. Jakarta: Inara Publisher. 99 hlm.
- Sutriadi, M.T., R. Hidayat, S. Rochayati, dan D. Setyorini. 2005. Ameliorasi lahan dengan fosfat alam untuk perbaikan kesuburan tanah kering masam Typic Hapludox di Kalimantan Selatan. hlm. 143-155 *dalam* Pros. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumber Daya Tanah dan Iklim, Bogor, 14-15 September 2004. Puslittanak, Bogor.
- Suyamto dan Widiarta, I.N. 2022. Kebijakan Pengembangan Kedelai Nasional. Prosiding Simposium dan Pameran Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi. Hal : 37 – 50. <https://digilib.batan.go.id/ppin/katalog/file/9789793558257-2010-037.pdf>. Diunduh tanggal 1 Maret 2022.
- Suyamto dan Widiarta, I.N. 2010. *Kontribusi Inovasi Teknologi Dan Arah Litbang Tanaman Pangan Ke Depan*. Prosiding Seminar Nasional Tanaman Pangan Inovasi Teknologi Berbasis Ketahanan Pangan Berkelanjutan. Buku I. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. Hal. 1 – 15.
- Taufik, A., Marwoto, F., Rozi, dan Wijaya, I.M.J. 2009. Peningkatan Produksi Kedelai di Lahan Pasang Surut: Penerapan PTT Kedelai di Lahan pasang surut tipe C Jambi. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.
- Yusnaini, A., Niswati, A., Aini, S.N., Arif, M.A.S., Dewi, R.P., and Rivaie, A.A. 2021. *Changes In Soil Respiration After Application Of In Situ Soil Amandment And Phosphate Fertilizer Under Soybean Cultivation At Ultisol South Lampung, Indonesia*. The 5th International Conference on Climate Change 2020. IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science 724 012002. doi:10.1088/1755-1315/724/1/012002