

## Kesesuaian Varietas, Jenis Pupuk Organik dan Pupuk Hayati untuk Peningkatan Produktivitas Kedelai di Lahan Pasang Surut

*Suitability of Varieties, Types of Organic Fertilizers and Biofertilizer to Increase Soybean Productivity in Tidal Swamp Land*

**Afandi Kristiono\*, Runik Dyah Purwaningrahayu, Dian Adi Anggraeni Elisabeth, Andy Wijanarko, Abdullah Taufiq**

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi  
Jalan Raya Kendalpayak Km 8 Kotak Pos 66 Malang 65101

\*E-mail: andi.bioma98@gmail.com

NASKAH DITERIMA 7 FEBRUARI 2020; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 19 OKTOBER 2020

### ABSTRAK

Lahan pasang surut merupakan kawasan potensial untuk perluasan areal tanam kedelai namun kemasaman dan kejenuhan Al tanah yang tinggi, serta ketersediaan unsur hara yang rendah merupakan masalah yang harus dihadapi. Oleh karena itu perlu pengelolaan kesuburan tanah yang memadukan ameliorasi, pemupukan, pemanfaatan mikroorganisme, dan varietas yang adaptif. Tujuan penelitian adalah menguji kesesuaian varietas, pupuk organik, dan pupuk hayati untuk peningkatan produktivitas kedelai di lahan pasang surut. Penelitian dilaksanakan di lahan pasang surut tipe C di Jambi pada musim kemarau (Juni-Oktober) 2017 seluas 5 ha. Penelitian menggunakan rancangan percobaan petak terbagi, empat ulangan (petani kooperator sebagai ulangan). Petak utama adalah empat varietas kedelai (Anjasmoro, Dena 1, Deja 2, dan Devon 1), dan anak petak adalah tiga kombinasi pupuk organik dengan pupuk hayati Agrisoy (1.500 kg/ha pupuk kandang, 1.500 kg/ha pupuk kandang + Agrisoy, dan 1.500 kg/ha pupuk organik Santap M + Agrisoy). Pupuk dasar 200 kg/ha Phonska dan 100 kg/ha SP36 diaplikasikan pada semua perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedelai varietas Anjasmoro, Dena 1, Deja 2, dan Devon 1 dapat dikembangkan dengan baik pada lahan pasang surut tipe C dengan pH tanah 4,5 dan kejenuhan Al 32,35%, dengan menggunakan amelioran dolomit 1,5 t/ha dan pupuk kandang 1,5 t/ha. Empat varietas tersebut mampu menghasilkan biji kedelai >2 t/ha dengan penambahan 200 kg Phonska + 100 kg SP36/ha. Pada lahan pasang surut yang sudah biasa ditanami kedelai, tidak diperlukan tambahan pupuk hayati berbahan baku rhizobium. Penggunaan pupuk kandang untuk budi daya kedelai di lahan pasang surut, dari aspek ekonomi dan teknis (kemudahan mendapatkannya) lebih layak daripada penggunaan pupuk organik Santap M.

Kata kunci: kedelai, pasang surut, pupuk organik, pupuk hayati, varietas

### ABSTRACT

Tidal swamp area is potential for extending the soybean planting area. However, the main problems existing in tidal swamp land are high levels of soil acidity

and Al saturation as well as low nutrient availability. Therefore, there is a need to integrate the soil fertility management with the using of amelioration, fertilization, microorganisms, and adaptive varieties. The objective of this study was to obtain adaptive soybean varieties and suitable organic and bio-fertilization management for soybean cultivation in the tidal swamp land. The study was carried out in the five ha area of tidal swamp land type C located in Simpang, Berbak, Tanjung Jabung Timur District, Jambi Province during the dry season of 2017 (June-October). The trial consisted of two factors and was arranged using a split plot design with four farmer cooperators as the replicates. The main plot was four soybean varieties (Anjasmoro, Dena 1, Deja 2, and Devon 1), while the subplot was three combinations of organic and bio-fertilizer application. The results showed that Anjasmoro, Dena 1, Deja 2, and Devon 1 varieties were well cultivated in tidal swamp land type C with a pH of 4.5 and Al saturation of 32.35% when treated with ameliorant 1.5 t/ha of dolomite and 1.5 t/ha of manure. The yield of the four varieties were >2 t/ha when fertilized with 200 kg of Phonska + 100 kg of SP36 per ha. The application of bio-fertilizer containing rhizobium in the tidal swamp land that is commonly grown with soybean is likely not required. The use of manure for soybean cultivation in the tidal swamp land was more economically feasible and easily available rather than using the organic fertilizer of Santap M.

Keywords: bio-fertilizer, organic fertilizer, soybean, tidal swamp land, varieties

### PENDAHULUAN

Kebutuhan kedelai di Indonesia untuk konsumsi dan bahan baku industri pada 2020 diperkirakan mencapai 3 juta ton (Abdillah 2015). Produksi kedelai di dalam negeri mencapai 0,98 juta ton pada 2018 dan hanya dapat memenuhi 30% dari kebutuhan nasional (Kementerian Pertanian 2020), sehingga kekurangannya dipenuhi dengan impor sekitar 2,58 juta ton (BPS 2020). Produksi kedelai nasional yang rendah disebabkan oleh turunnya

luas tanam 3-38%/tahun dalam sepuluh tahun terakhir, dan produktivitas hasil masih relatif rendah yaitu 1,44-1,56 t/ha (BPS 2020; Kementerian Pertanian 2020).

Pemerintah terus berupaya meningkatkan produksi kedelai nasional melalui intensifikasi maupun ekstensifikasi. Target produksi dipenuhi melalui program perluasan areal tanam/panen kedelai yang ditargetkan seluas 2,5 juta ha. Salah satu kawasan pengembangan kedelai adalah lahan pasang surut seluas 20,1 juta ha yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Papua, dan Sulawesi (Arsyad *et al.* 2014; Suwanda dan Noor 2014). Meskipun potensi lahan tersebut cukup luas, namun yang sesuai untuk komoditas tanaman pangan, hortikultura, dan tanaman tahunan hanya sekitar 9,3 juta ha atau 46% dari total lahan pasang surut (Mulyani dan Sarwani 2013).

Pemanfaatan lahan pasang surut untuk tanaman pangan, khususnya kedelai, terkendala oleh pengaturan tata air (Susilawati *et al.* 2013; Suryana 2016), kemasaman tanah tinggi (Kasno dan Rochayati 2013), kesuburan tanah rendah (Nazemi *et al.* 2012; Budianta dan Windusari 2016), dan keracunan unsur Fe (Masulili *et al.* 2016). Batas toleransi kejenuhan Al untuk kedelai adalah 20% (Taufiq dan Sundari 2012). Kejenuhan Al >20% menyebabkan tanaman berisiko keracunan Al sehingga pertumbuhan akar terhambat (Sujatha dan Mehar 2015), produksi bahan kering dan hasil tanaman turun (Ryan dan Delhaize 2010; Pujiwati *et al.* 2016). Gejala utama fitotoksisitas Al adalah hambatan pemanjangan akar karena Al menghambat sintesis DNA sel akar (Alia *et al.* 2015) sehingga pembelahan sel meristematik dan pemanjangan akar terhambat (Silva 2012; Singh *et al.* 2017). Dominasi ion Al dan Mn dapat mengurangi fiksasi N<sub>2</sub> karena mengganggu proses nodulasi atau fiksasi N<sub>2</sub> (Kamprath dan Foy, 1985). Selanjutnya hal ini akan mengurangi hasil panen karena terjadinya hambatan penyerapan nutrisi dan air oleh akar (Rengel 2015).

Di antara empat tipe luapan lahan pasang surut, yaitu tipe A, B, C, dan D (Suriadikarta 2011; Suwanda dan Noor 2014), budi daya kedelai umumnya dilakukan pada tipe C atau D dengan pola tanam padi-kedelai atau kedelai-palawija (Sabran *et al.* 2000). Petani di lahan pasang surut terbiasa membakar jerami pada saat penyiapan lahan untuk kedelai. Hal ini dapat mempercepat kehilangan unsur N karena menguap (Masganti *et al.* 2017). Masalah yang kompleks tersebut menyebabkan produktivitas kedelai di lahan pasang surut rendah, rata-rata 1,0-1,3 t/ha (Taufiq *et al.*

2008). Meskipun demikian, dengan teknologi yang tepat kedelai di lahan pasang surut dapat mencapai hasil di atas 2 t/ha (Jumakir *et al.* 2016).

Produktivitas kedelai di lahan pasang surut dapat ditingkatkan dengan memperkecil faktor pembatas produksi berupa peningkatan pH tanah hingga mencapai pH optimal bagi kedelai melalui ameliorasi menggunakan kapur (Chao *et al.* 2014; Koesrini *et al.* 2015), pemupukan organik dan anorganik (Taufiq *et al.* 2011; Taufiq *et al.* 2019), aplikasi pupuk hayati (Harsono *et al.* 2011), serta penggunaan varietas adaptif lahan pasang surut seperti varietas Anjasmoro (Koesrini *et al.* 2015; Jumakir *et al.* 2016). Ameliorasi lahan dengan pemberian kapur di lahan pasang surut dapat menurunkan kejenuhan Al, meningkatkan pH tanah menjadi pH optimal yang selanjutnya akan mendukung tanaman tumbuh dengan baik (Verde *et al.* 2013; Wijanarko dan Taufiq 2016).

Pemberian bahan organik berupa limbah tanaman sisa panen dan pupuk kandang mampu memperbaiki sifat fisik tanah, menjadi sumber hara potensial, dan berperan dalam memperbaiki kehidupan mikroorganisme tanah. Pemberian pupuk organik dapat menambah unsur hara, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), dan meningkatkan efisiensi pemupukan (Hairiah *et al.* 2000). Pengaruh pemberian pupuk kandang juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil kedelai pada lahan masam (Taufiq *et al.* 2011; Serafim *et al.* 2013).

Upaya lain yang penting adalah penggunaan pupuk hayati berbahan baku rhizobium untuk memperbaiki nodulasi atau proses pembentukan bintil akar. Kedelai mempunyai kemampuan memfiksasi nitrogen dari atmosfer karena bersimbiosis dengan bakteri rhizobium yang berada di dalam bintil akar. Simbiose ini akan mensuplai sebagian kebutuhan N tanaman, dan beberapa unsur hara lain jika terjadi dekomposisi bintil akar dan biomassa (Chianu *et al.*, 2011). Pemberian inokulan bakteri *Bradyrhizobium japonicum* dapat meningkatkan jumlah bintil akar (Samudin dan Kuswanto 2018), meningkatkan bobot brangkas dan bobot akar kering kedelai 44% dan 45% dibanding kontrol (Saadpanah *et al.* 2013). Pembentukan bintil akar dan pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri rhizobium dipengaruhi oleh kultivar kedelai (Reid *et al.* 2011), strain rhizobium (Olivares *et al.* 2013), cekaman abiotik (kemasaman tanah, kekeringan, salinitas) (Lin *et al.* 2012; Rodrigo *et al.* 2017), dan pengelolaan tanaman (Mathenge *et al.* 2019), serta sumber C organik dari pupuk kandang yang mampu membentuk lingkungan kondusif bagi pertumbuhan bakteri (Zengeni *et al.* 2006).

Untuk keberhasilan produksi kedelai di lahan pasang surut selain dibutuhkan galur atau varietas kedelai yang adaptif, suplai hara yang baik, juga dibutuhkan inokulan *Bradyrhizobium* yang memiliki keefektifan simbiotik tinggi pada varietas terpilih (Gantlanegara *et al.* 2000). Berdasarkan hal tersebut diperlukan penelitian untuk menguji kesesuaian varietas, pupuk organik, dan pupuk hayati untuk meningkatkan produktivitas kedelai di lahan pasang surut.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada lahan pasang surut tipe C di Kelurahan Simpang, Kecamatan Berbak, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi pada musim kemarau (Juni-Oktober) 2017, pada lahan seluas 5 ha dengan melibatkan empat petani kooperator. Penelitian menggunakan rancangan petak terbagi dan diulang empat kali (petani kooperator sebagai ulangan). Petak utama adalah empat varietas kedelai yaitu Anjasmoro (adaptasi luas), Dena 1 (adaptif naungan), Deja 2 (adaptif jenuh air), dan Devon 1 (kaya antioksidan). Anak petak adalah tiga kombinasi pupuk organik dan pupuk hayati yaitu 1500 kg/ha pupuk kandang (T1), 1500 kg/ha pupuk kandang + pupuk hayati Agrisoy (T2), dan 1500 kg/ha pupuk organik Santap M + pupuk hayati Agrisoy (T3).

Pupuk Santap M dibuat dari campuran kotoran sapi, batuan fosfat, kotoran ayam, dan abu janjang sawit. Untuk membuat 1500 kg pupuk Santap M diperlukan 200 kg kotoran sapi, 75 kg kotoran ayam dicampur 50 kg fosfat alam, kemudian diinkubasi selama 28 hari dan diaduk seminggu sekali. Setelah masa inkubasi selesai, ditambahkan 1175 kg abu janjang sawit, kemudian dikeringanginkan, dan selanjutnya digiling agar remah. Pupuk hayati yang digunakan adalah Agrisoy yang mengandung tiga isolat *Bradyrhizobium japonicum* (KDL 92, KDL 176, KDL 182) yang efektif pada tanah masam dan toleran hingga pH 4,0.

Persiapan lahan dilakukan dengan pembersihan lahan dari sisa tanaman padi, tanpa pengolahan tanah, pembuatan saluran drainase setiap 2,5–3 m dengan lebar 20 cm dan dalam 25 cm. Pemberian dolomit sebanyak 1500 kg/ha dilakukan sebelum tanam dengan cara disebar merata pada permukaan tanah. Dosis ini diperlukan untuk menurunkan kejenuhan Al dari 32% menjadi 20%. Pada perlakuan pemupukan T1 digunakan *seed treatment* insektisida berbahan aktif *fipronil*, sedangkan pada pemupukan T2 dan T3 digunakan Agrisoy dengan dosis 40 g/10 kg benih. Kedelai ditanam dengan cara ditugal dengan jarak tanam 40 cm × 15 cm, 2-3 biji/lubang

dan ditutup dengan pupuk kandang atau pupuk Santap M. Pupuk dasar berupa 200 kg/ha Phonska diaplikasikan saat tanaman berumur 15 hari dengan cara dilarik di samping barisan tanaman, dan 100 kg/ha SP36 diaplikasikan pada saat tanam dengan cara disebar. Penyulaman dilakukan pada saat tanaman berumur 10 hari. Pengendalian gulma dilakukan secara manual dan menggunakan herbisida berbahan aktif fenoksaprop-p-etil (kontak dan sistemik purna tumbuh) 100-200 ml/ha dilakukan pada umur 21 dan 35 hari. Serangan hama ulat penggulung daun, ulat grayak dan kutu kebul dikendalikan menggunakan pestisida kimia berbahan aktif metomil. Panen dilakukan pada saat 90% polong berwarna cokelat dan daun telah rontok.

Pengamatan dilakukan pada sifat kimia tanah sebelum tanam (pH, C-organik, N-total, P-tersedia, K-dd, Na-dd, Ca-dd, Mg-dd, Al-dd, dan H-dd), tinggi tanaman saat panen dengan cara mengukur panjang batang utama dari pangkal batang hingga titik tumbuh, jumlah bintil akar pada 45 HST dari 10 tanaman contoh dengan cara menghitung semua bintil akar efektif (bagian dalam berwarna merah muda), komponen hasil (jumlah cabang produktif, jumlah polong isi, jumlah polong hampa, dan bobot 100 biji) diamati dari 20 tanaman contoh. Jumlah tanaman panen dan hasil biji pada kadar air 12% diamati pada ubinan 2 m × 5 m yang diambil secara acak dan mewakili keragaan tanaman di lapang.

Data hasil pengamatan dianalisis sidik ragam, dilanjutkan dengan analisis perbandingan berganda nilai tengah dengan uji BNT. Kelayakan penggunaan varietas adaptif dan pengelolaan yang optimal dengan penggunaan pupuk organik dan pupuk hayati dihitung menggunakan analisis tingkat pendapatan atau keuntungan usahatani dengan penghitungan R/C rasio (Normansyah *et al.* 2014), dan *marginal benefit cost ratio* (MBCR) (Prasetiaswati dan Radjit 2012). Nilai MBCR lebih dari satu (1,0) menunjukkan bahwa penerapan pemupukan organik yang dikombinasikan dengan pupuk hayati layak secara ekonomi karena ada tambahan pendapatan atau keuntungan yang diterima oleh petani (Syuryawati dan Faesal 2016).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Kimia Tanah dan Curah Hujan

Tanah di lokasi penelitian sangat masam, miskin bahan organik, serta hara N, P, K, Ca, dan Mg, kandungan Al-dd, dan kejenuhan Al tinggi (Tabel

1). Dengan demikian faktor pembatas pertumbuhan tanaman yang utama adalah kemasaman tanah, kandungan unsur hara makro rendah, dan kejenuhan Al tinggi yang berpotensi meracuni tanaman. Berdasarkan hasil analisis kimia tersebut, untuk budi daya kedelai diperlukan tambahan pupuk organik, pupuk anorganik NPK, dan amelioran dolomit.

Curah hujan pada fase awal pertumbuhan tanaman selama bulan Juni masih cukup tinggi mencapai 296 mm (Gambar 1). Pada fase vegetatif ini tanaman kedelai hanya memerlukan air sebanyak 126 mm (Harsono *et al.* 2007). Pada bulan Juli hingga Agustus total curah hujan turun menjadi 135 mm, dan pada saat itu tanaman berada pada fase generatif, dengan kebutuhan air sekitar 203 mm (Harsono *et al.* 2007).

### Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman mulai dari fase vegetatif hingga fase generatif cukup baik sehingga mampu berproduksi meskipun pada lahan pasang surut dengan pH tanah kurang dari 5,0. Pertumbuhan tanaman yang diukur berdasarkan tinggi tanaman dipengaruhi oleh perbedaan varietas (Tabel 2). Varietas Dena 1, Deja 2, dan Anjasmoro tumbuh sama tinggi, sedang Devon 1 tumbuh lebih rendah (45,6 cm). Tinggi tanaman kedelai saat panen 48-52 cm tergolong normal untuk kondisi lahan pasang surut meskipun kemasaman tanah dan kejenuhan Al tinggi.

Jumlah cabang tanaman berbeda nyata antar-varietas, sedangkan kombinasi pemupukan organik tidak berpengaruh nyata. Varietas Dena 1 dan Devon 1 mempunyai cabang lebih banyak dibandingkan Anjasmoro dan Deja 2 (Tabel 2). Jumlah cabang

per tanaman berkisar 3-4, hal ini menunjukkan tanaman tumbuh baik. Deskripsi varietas kedelai menginformasikan jumlah cabang varietas Dena 1, Devon 1, Anjasmoro dan Deja 2 masing-masing 1-3, 2-3, 3-6, dan 3 cabang per tanaman (Balitkabi 2016; Balitkabi 2020).

Pada lahan pasang surut dengan kemasaman tanah yang cukup tinggi, keempat varietas kedelai yang diuji membentuk bintil akar yang cukup banyak (43-50 bintil per tanaman). Lahan yang digunakan penelitian telah biasa ditanami kedelai, sehingga kemungkinan di dalam tanah tersedia cukup tinggi populasi bakteri rhizobium yang berperan dalam pembentukan bintil akar. Seperti dilaporkan Grosman *et al.* (2011), lahan bekas budi daya tanaman legum memiliki populasi rhizobium melimpah baik berasal dari penggunaan inokulan sebelumnya atau dari rhizobium alami. Hasil penelitian yang berbeda dilaporkan Reid *et al.* (2011) dimana pembentukan bintil akar dipengaruhi oleh kultivar kedelai. Sutrisno *et al.* (2020) juga melaporkan perbedaan respons varietas Anjasmoro dan Panderman terhadap inokulasi rhizobium.

Kombinasi pemupukan organik mempengaruhi jumlah bintil akar (Tabel 2). Tanaman kedelai yang dipupuk Santap M + Agrisoy (T3) mempunyai bintil akar 54% lebih banyak dibandingkan yang menggunakan pupuk kandang + Agrisoy (T2), dan 33% lebih banyak dibandingkan hanya menggunakan pupuk kandang (T1). Jumlah bintil akar pada perlakuan T1 15,7% lebih banyak dibandingkan dengan T2, yang menunjukkan bahwa pupuk hayati Agrisoy tidak efektif meningkatkan jumlah bintil akar.

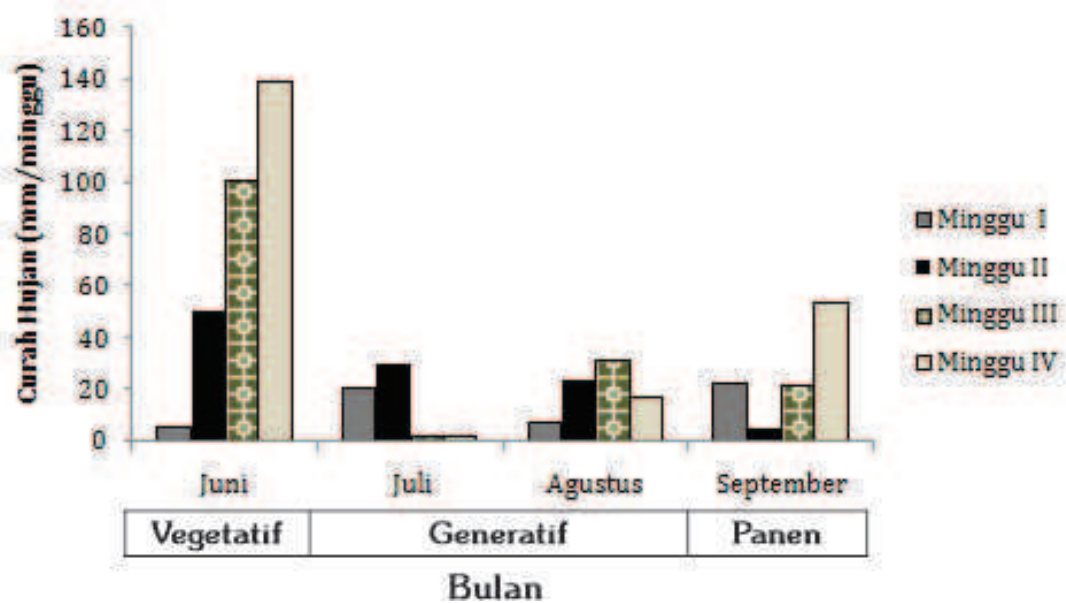
Penambahan pupuk organik di lahan pasang surut akan menambah kadar C-organik tanah, yang akan sangat dibutuhkan oleh rhizobium yang berada

**Tabel 1.** Karakter kimia tanah lapisan 0-20 cm di lokasi penelitian, Tanjung Jabung Timur, Jambi, 2017

Parameter	Metode	Hasil analisis	
		Nilai	Kriteria <sup>1)</sup>
pH-H <sub>2</sub> O	1:2,5	4,50	masam
C-organik (%)	Walkley & Black	1,78	rendah
N-total (%)	Kjeldahl	0,18	rendah
P-tersedia (ppm)	Bray-1	12,38	rendah
K-dd (me/100 g)	NH <sub>4</sub> -OAc pH 7,0	0,09	sangat rendah
Na-dd (me/100 g)	NH <sub>4</sub> -OAc pH 7,0	0,19	rendah
Ca-dd (me/100 g)	NH <sub>4</sub> -OAc pH 7,0	3,47	rendah
Mg-dd (me/100 g)	NH <sub>4</sub> -OAc pH 7,0	0,64	rendah
Al-dd (me/100 g)	NH <sub>4</sub> -OAc pH 7,0	2,24	tinggi
H-dd (me/100 g)	NH <sub>4</sub> -OAc pH 7,0	0,35	-
KTKe (me/100 g)	NH <sub>4</sub> -OAc pH 7,0	6,99	rendah
Kejenuhan Al-dd (%)		32,35	tinggi

Keterangan :<sup>1)</sup>berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2009)





**Gambar 1.** Curah hujan mingguan dan fase pertumbuhan tanaman kedelai di Kecamatan Berbak, Kabupaten Tanjung Jabung Timur tahun 2017 (Sumber data curah hujan: Kantor UPTD Tanaman Pangan dan Hortikultura Kecamatan Berbak, Simpang, Jambi).

**Tabel 2.** Tinggi tanaman, jumlah bintil akar, dan jumlah cabang empat varietas kedelai dan tiga kombinasi pupuk organik dan hayati di lahan pasang surut tipe C. Tanjung Jabung Timur, Jambi, 2017

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah bintil akar per tanaman	Jumlah cabang per tanaman
<b>Varietas</b>			
Anjasmoro	50,0 ab	50,1 a	3,0 c
Dena 1	52,2 a	43,8 a	4,1 a
Deja 2	48,5 ab	49,6 a	3,3 bc
Devon 1	45,6 c	44,7 a	3,7 ab
<b>Pemupukan organik dan hayati</b>			
1.500 kg/ha pupuk kandang sapi (T1)	49,3 a	44,3 ab	3,3 a
1.500 kg/ha pupuk kandang sapi + Agriso (T2)	48,5 a	38,3 b	3,5 a
1.500 kg/ha pupuk organik Santap M + Agriso (T3)	49,4 a	59,0 a	3,7 a

Keterangan: Angka sekolom pada kelompok perlakuan dan peubah yang sama, apabila diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%

di bintil akar kedelai. Pupuk organik yang berbeda akan berbeda pula kandungan unsur haranya. Ketersediaan unsur hara berpengaruh pada pertumbuhan bakteri *Rhizobium japonicum*, dan berpengaruh pula pada proses nodulasinya. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pupuk Santap M memiliki kandungan hara lebih tinggi dan tingkat kematangan pupuk (C/N rasio) lebih baik dibanding pupuk kandang sapi (Muzaiyanah *et al.* 2015) sehingga dapat mendukung pembentukan bintil akar. Tingkat kematangan pupuk Santap M yang lebih baik menyebabkan kemungkinan terjadinya immobilisasi hara tersedia dalam tanah oleh mikrobia relatif rendah sehingga pemberian pupuk sejak awal tidak mengganggu ketersediaan hara. Jumakir *et al.* (2016) juga melaporkan bahwa pemberian pupuk hayati Iletrisoy yang dikom-

binasikan dengan 150 kg Phonska, 300 kg dolomit, dan 750 kg pupuk kandang/ha pada lahan pasang surut meningkatkan jumlah bintil akar (52%) dibandingkan bila hanya dipupuk 100 kg Urea dan 100 kg Phonska/ha.

### Hasil dan Komponen Hasil

Perbedaan varietas berpengaruh nyata terhadap jumlah polong isi dan bobot 100 biji, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap hasil biji. Perlakuan pemupukan hanya berpengaruh nyata terhadap jumlah polong isi. Interaksi kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap hasil dan komponen hasil (Tabel 3). Varietas Anjasmoro dan Dena 1 mempunyai jumlah polong isi lebih banyak dan bobot 100 biji lebih tinggi dibandingkan Deja 2 dan Devon 1, tetapi hasil biji tidak berbeda. Hal

**Tabel 3.** Hasil dan komponen hasil empat varietas kedelai dan tiga kombinasi pupuk organik dan hayati di lahan pasang surut tipe C. Tanjung Jabung Timur, Jambi, 2017

Perlakuan	Jumlah polong isi per tanaman	Bobot 100 biji (g)	Hasil biji (t/ha, kadar air 12%)
<b>Varietas</b>			
Anjasmoro	52,6 a	16,1 ab	2,21 a
Dena 1	53,6 a	17,2 a	2,16 a
Deja 2	41,9 b	15,4 b	2,36 a
Devon 1	42,5 b	14,0 c	2,14 a
<b>Pemupukan organik dan hayati</b>			
1.500 kg/ha pupuk kandang sapi (T1)	45,3 b	15,4 a	2,20 a
1.500 kg/ha pupuk kandang sapi + Agrisoy (T2)	42,9 b	15,9 a	2,15 a
1.500 kg/ha pupuk organik Santap M + Agrisoy (T3)	54,8 a	15,8 a	2,30 a

Keterangan: Angka sekolom pada kelompok perlakuan dan peubah yang sama yang diikuti huruf sama berarti tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%

ini dapat disebabkan oleh perbedaan jumlah biji/polong, karena dalam pengamatan jumlah polong isi tidak dibedakan antara polong yang berbiji satu dan yang lebih dari satu biji/polong. Jumlah polong isi pada pemupukan Santap M + Agrisoy meningkat 22-28% dibandingkan perlakuan lainnya, tetapi hasil biji hanya meningkat 4,5-7,0% dan peningkatan hasil tersebut tidak nyata. Produktivitas biji cukup tinggi untuk lahan masam pasang surut, yaitu lebih dari 2,0 t/ha. Produktivitas hasil biji mempunyai korelasi yang sangat rendah dengan tinggi tanaman ( $r=0,08$ ), jumlah cabang ( $r=0,12$ ), jumlah polong isi ( $r=0,22$ ), dan bobot 100 biji ( $r=0,06$ ), serta jumlah bintil akar ( $r=-0,27$ ). Hal ini menunjukkan bahwa keempat varietas yang diuji (Anjasmoro, Dena 1, Deja 2, dan Devon 1) berpeluang memberikan produktivitas >2 t/ha menggunakan pupuk kandang maupun Santap M. Budi daya kedelai pada lahan pasang surut dengan ameliorasi dan pemupukan optimal tidak memerlukan tambahan pupuk hayati Agrisoy. Pada penelitian ini produktivitas kedelai varietas Anjasmoro, Dena 1, Deja 2, dan Devon 1 di lahan pasang surut mencapai 2,14-2,36 t/ha. Penelitian uji 50 aksesi kedelai pada lahan pasang surut di Kalimantan Selatan melaporkan bahwa tanpa amelioran dolomit produktivitas 50 aksesi kedelai beragam mulai dari 0,2-1,88 t/ha (Kuswanto *et al.* 2016). Aplikasi amelioran dolomit 750-1000 kg/ha, pupuk kandang 1000-2500 kg/ha, dan 22,5-45 kg/ha N, 30-75 kg/ha  $P_2O_5$ , 30-72 kg/ha  $K_2O$ , produktivitas kedelai di lahan pasang surut beragam mulai 1,24-3,2 t/ha (Taufiq *et al.* 2011; Koesrini *et al.* 2015; Wijanarko *et al.* 2016; Taufiq *et al.* 2019). Produktivitas varietas Anjasmoro di lahan pasang surut Kalimantan Selatan mencapai 2,1 t dan 1,9 t/ha masing-masing menurut Koesrini *et al.* (2015) dan Taufiq *et al.* (2019). Di Jambi produktivitas mencapai 2,0 t dan 2,3 t/ha dilaporkan oleh Taufiq *et al.* (2011) dan Taufiq *et al.* (2019). Produktivitas

hasil varietas Demas 1 di Banyuasin, Sumatera Selatan mencapai 2,8 t/ha menurut Budianta *et al.* (2019). Produktivitas hasil varietas Lawit dan Argomulyo di Kalimantan Selatan setinggi 1,3 t/ha dilaporkan oleh Koesrini *et al.* (2015), dan Koeswanto *et al.* (2016) melaporkan produktivitas Lawit 1,1-1,33 t/ha dan varietas Menyapa 0,21-0,71 t/ha di Kalimantan Selatan.

### Analisis Finansial

Penggunaan varietas adaptif disertai pengelolaan yang optimal diharapkan dapat meningkatkan pendapatan petani. Tingkat keuntungan atau pendapatan usahatani dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi adopsi petani untuk suatu teknologi budi daya (Harianti 2011; Prasetyaswati dan Radjit 2012; Kadar 2016; Elisabeth dan Harsono 2020). Penggunaan pupuk organik dengan atau tanpa kombinasi pupuk hayati pada T1, T2, maupun T3 secara ekonomi mampu memberikan keuntungan atau pendapatan bagi petani, ditunjukkan dengan nilai R/C rasio yang lebih dari satu (>1). Keuntungan per hektar yang dapat diterima oleh petani dalam satu musim tanam kedelai dengan penerapan kombinasi pemupukan organik dan hayati tersebut sebesar Rp4,9 juta –Rp5,6 juta. Namun, dari pengeluaran biaya usahatani, penggunaan kombinasi pupuk organik dan hayati berkontribusi paling besar pada komponen biaya saprodi usahatani, yaitu sebesar 28,5-32,6% (Tabel 4). Perlakuan T3 memberikan kontribusi tertinggi sebesar 32,6% karena biaya pupuk Santap M yang digunakan untuk menggantikan pupuk kandang lebih tinggi, sebesar 21,25%; sebaliknya biaya pupuk organik perlakuan T1 terendah (28,5%). Namun, peningkatan biaya saprodi yang harus dikeluarkan pada perlakuan T3 tersebut tidak diimbangi dengan meningkatnya hasil biji. Hasil panen perlakuan T3

**Tabel 4.** Analisis ekonomi usahatani kedelai di lahan pasang surut tipe C dengan pemupukan organik+hayati. Tanjung Jabung Timur. Jambi 2017

		1.500 kg/ha pupuk kandang sapi (T1)	1.500 kg/ha pupuk kandang sapi + Agrisoy (T2)	1.500 kg/ha pupuk organik Santap M + Agrisoy (T3)
A	Komponen Biaya dan Pendapatan	(Rupiah)		
1	Saprodi			
	Herbisida	255.000	255.000	255.000
	Pestisida	885.000	885.000	885.000
	Benih	625.000	625.000	625.000
	Phonska	620.000	620.000	620.000
	SP 36	270.000	270.000	270.000
	Dolomit	1.350.000	1.350.000	1.350.000
	Pupuk kandang	1.500.000	1.500.000	0
	Santap	0	0	1.818.750
	Fipronil	100.000	0	0
	Agrisoy	0	120.000	120.000
	Biaya (1)	5.605.000	5.625.000	5.943.750
2	Tenaga Kerja			
	Potong jerami	105.000	105.000	105.000
	Aplikasi herbisida	220.000	220.000	220.000
	Aplikasi amelioran	350.000	350.000	350.000
	Pembuatan saluran air	300.000	300.000	300.000
	Pengairan	550.000	550.000	550.000
	Penanaman	910.000	910.000	910.000
	Pemupukan	210.000	210.000	210.000
	Penyiangan	220.000	220.000	220.000
	Pengendalian hpt	600.000	600.000	600.000
	Panen dan prosesing	1.057.000	1.057.000	1.057.000
	Biaya (2)	4.522.000	4.522.000	4.522.000
	Total Biaya (1+2)	10.127.000	10.147.000	10.465.750
3	Hasil panen (kg)	2.201	2.154	2.300
	Harga jual (Rp/kg)	7.000	7.000	7.000
	Penerimaan (Rp)	15.407.000	15.078.000	16.100.000
B	Pendapatan (Rp/ha)	5.280.000	4.931.000	5.634.250
C	R/C	1,52	1,49	1,54
D	MBCR T1 terhadap T2 dan T3	-	-17,45	1,05

Keterangan : R/C ratio: Revenue Cost Ratio; MBCR : Marginal Benefit Cost Ratio.

hanya meningkat berturut-turut sebesar 4,5% terhadap T1 dan 6,8% terhadap T2.

Nilai MBCR menggambarkan besarnya tambahan pendapatan atau keuntungan yang diterima petani dari setiap tambahan input yang dikeluarkan dengan menerapkan suatu teknologi perbaikan (Hidayah 2020). Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa penerapan pemupukan T1 memberikan nilai MBCR sebesar 1,05 terhadap T3 dan -17,45 terhadap T2. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan pemupukan T1 layak secara ekonomi karena ada tambahan pendapatan atau keuntungan yang diterima oleh petani meskipun dalam studi ini besarnya hanya sekitar 5% lebih tinggi dari pengeluaran biaya produksi.

Dengan demikian, untuk budi daya kedelai di lahan pasang surut dapat disarankan menggunakan 1.500 kg pupuk kandang (T1). Secara teknis ketersediaan pupuk kandang lebih banyak dan lebih mudah diperoleh, serta petani telah terbiasa menggunakan pupuk kandang di lahan mereka. Pupuk organik Santap M belum tersedia di pasaran/ belum diproduksi secara massal, dan apabila membuat sendiri, pupuk organik ini memerlukan bahan tambahan seperti batuan fosfat dan abu limbah pertanian yang kemungkinan besar petani kesulitan untuk memperolehnya disamping memerlukan ketrampilan khusus dan tambahan waktu serta biaya dalam pembuatan pupuk ini. Pada perlakuan T3, meskipun dapat meningkatkan hasil biji, dari sisi kelayakan teknis pupuk organik Santap

M dan Agrisoy menghadapi kendala ketersediaan karena belum diproduksi massal dan diperjual-belikan.

### KESIMPULAN

Kedelai varietas Anjasmoro, Dena 1, Deja 2, dan Devon 1 dapat dikembangkan dengan baik pada lahan pasang surut tipe C, pH tanah 4,5 dan kejenuhan Al 32,35% dengan penambahan amelioran 1,5 t/ha dolomit, 1,5 t/ha pupuk kandang, 200 kg Phonska, dan 100 kg SP36/ha, dengan hasil biji mencapai >2 t/ha. Pada lahan pasang surut yang sudah biasa ditanami kedelai, tidak diperlukan tambahan pupuk hayati berbahan baku rhizobium. Penggunaan pupuk kandang untuk budi daya kedelai di lahan pasang surut dari aspek ekonomi dan teknis (kemudahan mendapatkannya) lebih layak daripada penggunaan pupuk organik Santap M.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan penghargaan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian atas dukungan dana dan fasilitas, kepada Prof. Dr. Ir. Subandi sebagai penanggung jawab kegiatan “Kepas” 2017, serta kepada Sagitarius Bambang Ernawan sebagai teknisi yang mendampingi dan mengawal percobaan hingga selesai.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah R.. 2015. Proyeksi produksi dan konsumsi kedelai Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan* 8(1): 9-23.
- Alia FJ, Shamsuddin J, Fauziah CI, Husni MHA, Panhwar QA. 2015. Effects of aluminum, iron and/or low pH on rice seedlings grown in solution culture. *International Journal of Agriculture and Biology* 17(4):702-710.
- Arsyad DM, Saidi BB, Enrizal. 2014. Pengembangan inovasi pertanian di lahan rawa pasang surut mendukung kedaulatan pangan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 7(4):169-176.
- Bell RW, Brady D, Plaskett D, Loneragan JF. 1987. Diagnosis of potassium deficiency in soybean. *Journal of Plant Nutrition* 10(9-16): 1947-1953.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Petunjuk Teknis : Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi [Balitkabi]. 2016. *Deskripsi Varietas Unggul Aneka Kacang dan Umbi*. Balitbangtan.
- Balitkabi. 2020. *Deskripsi Varietas Terbaru*. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/informasi/deskripsi-varietas-terbaru/>. (Diakses 24 Agustus 2020)
- Badan Pusat Statistik [BPS ]. 2020. Impor kedelai menurut negara asal utama, 2010-2018. <https://www.bps.go.id/statictable/2019/02/14/2015/imporkedelai-menurut-negara-asal-utama-2010-2018.html> (Diakses 2 Februari 2020)
- Budianta D, Windusari Y. 2016. Beneficial effect of local resources to improve food crop production in tidal swamp of Indonesia. *International Journal of Environmental and Agriculture Research (IJOEAR)* 2(1): 98-101.
- Chianu JN, Nkonya EM, Mairura, FS, Chianu, JN. Akinnifesi, FK. 2011. Biological nitrogen fixation and socioeconomic factors for legume production in sub-Saharan Africa: a review. *Agronomy For Sustainable Devevelopment* 31(1):139-154.
- Chao S, Changli L, Yun Z, Hongbing H. 2014. Impact of animal manure addition on agricultural lime weathering in acidic soil: pH dependence and CO<sub>2</sub> independence of agricultural lime weathering. *Procedia Earth Planet Sci* 10(2014): 405-409.
- Chen ZC, Peng WT, Li J, Liao H. 2018. Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. Pp. 142-152. In: *Seminars in Cell & Developmental Biology Vol. 74*.
- Cremer M, Prieztel J. 2017. Soil acidity and exchangeable base cation stocks under pure and mixed stands of European beech, Douglas fir and Norway spruce. *Plant and Soil* 415(1-2): 393-405.
- da-Silva JR, Alexandre A, Brígido C, Oliveira S. 2017. Can stress response genes be used to improve the symbiotic performance of rhizobia? *AIMS Microbiology* 3(3):365-382.
- dos Reis AR, Lisboa LAM, Reis HPG, de Queiroz Barcelos JP, Santos EF, Santini JMK, Meyer-Sand BRV, Putti FF, Galindo FS, Kaneko FH, Barbosa JZ, Paixão AP, Junior EF, de Figueiredo PAM, Lavres J. 2018. Depicting the physiological and ultrastructural responses of soybean plants to Al stress conditions. *Plant Physiology and Biochemistry* 130(2018): 377-390.
- Elisabeth DAA, Harsono A. 2020. Keunggulan ekonomis tumpangsari kedelai dengan jagung di lahan kering iklim kering. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 4(1): 53-62.
- Firnia D, Anwar S, Andreas D, Nugroho B, Tedjo DP. 2019. Fractionation distribution of metal Al, Fe, Mn and microbial population in acidic soil horizon. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 383(1): 1-11.
- Fageria NK. 2009. *The Use of Nutrients in Crops Plants*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.



- Gantlanegara, S, Wemay J, Idawati, Ardjasa WS. 2000. Efektivitas inokulan bradyrhizobium dan galur mutan kedelai terhadap kandungan N dan hasil di lahan masam. *Berita Biologi* 5(1): 77-83.
- Grossman JM, Schipanski ME, Sooksanguan T, Seehaver S, Drinkwater LE. 2011. Diversity of rhizobia in soybean [*Glycine max* (Vinton)] nodules varies under organic and conventional management. *Applied Soil Ecology* 50(2011): 14-20.
- Guo W, Nazim H, Liang C, Yang D. 2016. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal* 4(2): 83-91.
- Granse A, Fuhrs H. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant and Soil* 368(1-2): 5-21.
- Harianta YW. 2011. Adopsi inovasi pertanian di kalangan petani di Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo. *Agrin* 15(2):164-174.
- Harsono A, Purwaningrahyu RD, Taufiq A. 2007. Pengelolaan air dan drainase pada budi daya kedelai. Dalam: Sumarno *et al.* (eds). *Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangannya*. Puslitbangtan, Balitbangtan.
- Harsono A, Prihastuti, Subandi. 2011. Efektivitas multiisolat rhizobium dalam pengembangan kedelai di lahan kering masam. *Iptek Tanaman Pangan* 6(1):57-75.
- Hidayah I. 2020. Analisis kelayakan finansial teknologi peningkatan produktivitas sawah irigasi di Kabupaten Buru. *Jurnal Budi daya Pertanian* 6(1): 39-44.
- Hairiah K, Widiyanto, Utami SR, Suprayogo D, Sunaryo, Sitompul SM, Lusiana B, Mulia R, Noordwijk MV Cadisch G. 2000. Pengelolaan Tanah Masam secara Biologi: Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. SMT Grafika Desa Putera, Jakarta.
- Jaidee R, Polthanee A, Saenjan P, Kirkham MB, Promkhambut A. 2013. Pre- or post-rice soybean production with phosphorus fertilization under rainfed conditions. *Australian Journal of Crop Science* 7(1):22-31.
- Jumakir, Endrizal, Suyamto. 2016. uji beberapa paket pemupukan dan dolomit terhadap hasil kedelai di lahan rawa pasang surut Provinsi Jambi. *Jurnal Lahan Suboptimal* 5(1): 86-94.
- Kamprath EJ, Foy CD. 1985. Lime-fertilizer-plant interactions in acid soils. In: Engelstad OP (ed). *Fertilizer Technology and Use* 3rd ed. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, USA.
- Kadar L, Siregar H, Putri EIK. 2016. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap adopsi varietas jagung putih di Kabupaten Grobogan Jawa Tengah. *Informatika Pertanian* 25(2): 215-210.
- Kasno A, Rochayati S. 2013. Mampukah penetralisir tanah meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman kedelai?. *Jurnal Tanah dan Iklim* 37(2):129-138.
- Kristiono A, Subandi. 2014. Evaluasi efektivitas pupuk organik untuk tanaman kedelai di lahan kering masam. Hlm 49-58. Dalam: Saleh N *et al.* (eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi* 2013. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Kementerian Pertanian. 2020. Data lima tahun terakhir sub-sektor tanaman panen 2014-2018. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61>. (Diakses 2 Februari 2020)
- Koesrini, Anwar K, Berlian E. 2015. Penggunaan kapur dan varietas adaptif untuk meningkatkan hasil kedelai di lahan sulfat masam aktual. *Berita Biologi* 14(2):115-161.
- Koesrini, William E. 2009. Penampilan genotipe kedelai pada dua tingkat perlakuan kapur di lahan pasang surut bergambut. *Penelitian Pertanian* 28(1): 29-33.
- Kuswantoro H, Hapsari RT, Indriani FC, Supeno A, Artari R. 2017. Daya hasil galur-galur kedelai adaptif lahan pasang surut di dua lokasi. Hlm 67-75. Dalam: Rahmianna AA *et al.* (eds). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian* 2015. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Lin M, Gresshoff PM, Ferguson BJ. 2012. Systemic regulation of soybean nodulation by acidic growth conditions. *Plant Physiology* 160(4): 2028-2039.
- Masganti, Nurhayati, Yuliani N. 2017. Pengaruh pemberian jerami dan varietas padi inbrida terhadap emisi gas rumah kaca di lahan sawah irigasi. *Jurnal Tanah dan Iklim* 41(1): 17-24.
- Masulili A, Utomo WH, Wisnubroto EI. 2016. Growing rice (*Oriza sativa* L) in the sulphate acid soils of West Kalimantan, Indonesia. *International Journal of Agricultural Research* 11(1): 13-22.
- Mathenge C, Thuita M, Masso C, Gweyi-Onyango J, Vanlauweb B. 2019. Variability of soybean response to rhizobia inoculant, vermicompost, and a legume-specific fertilizer blend in Siaya County of Kenya. *Soil and Tillage Research* 194(2019): 104290.
- Mulyani A, Sarwani M. 2013. Karakteristik dan potensi lahan suboptimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 7(1):47-55.
- Muzaiyanah S, Kristiono A, Subandi. 2015. Pengaruh pupuk organik kaya hara santap NM1 dan santap NM2 terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada tanah vertisol. *Buletin Palawija* 13(1): 74-82.
- Nazemi D, Hairani A, Nurita. 2012. Optimalisasi pemanfaatan lahan rawa pasang surut melalui pengelolaan lahan dan komoditas. *Agrivigor* 5(1): 52-57.

- Normansyah D, Rochaeni S, Humaerah AD. 2014. Analisis pendapatan usahatani sayuran di kelompok Tani Jaya, Desa Ciaruteun, Kecamatan Cibungbulang, Kabupaten Bogor. *Jurnal Agribisnis* 8(1): 29 – 44.
- Olivares J, Bedmar EJ, Sanjuan J. 2013. Biological nitrogen fixation in the context of global change. *Molecular Plant Microbe Interactions* 26(5): 486-494.
- Prasetyaswati N, Radjit BS. 2012. Kelayakan usahatani ubijalar dengan penerapan teknologi pengguludan di lahan kering masam di Lampung. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(3): 188-194.
- Pujiwati H, Ghulamahdi M, Yahya S, Aziz SA, Hatridjaja O. 2016. Produktivitas tiga genotipe kedelai dengan air dan kedalaman muka air berbeda pada berbagai kondisi tanah di pasang surut. *Jurnal Agronomi Indonesia* 44(3): 248-254.
- Reid DE, Ferguson BJ, Gresshoff PM. 2011. Inoculation- and nitrate-induced CLE peptides of soybean control NARK-dependent nodule formation. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 24(5): 606–618.
- Rengel Z, Bose J, Chen Q, Tripathi BN. 2016. Magnesium alleviates plant toxicity of aluminium and heavy metals. *Crops and Pasture Science* 66(12): 1298-1307.
- Ryan PR, Delhaize E. 2010. The convergent evolution of aluminium resistance in plants exploits a convenience currency. *Functional Plant Biology* 37(4): 275-284.
- Sabran M, William E, Saleh M. 2000. Pengujian galur kedelai di lahan pasang surut. *Buletin Agronomi* 28(2): 41–48.
- Sagala D. 2010. Peningkatan pH tanah masam di lahan rawa pasang surut pada berbagai dosis kapur untuk budidaya kedelai. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan* 8(2): 1–5.
- Samudin S, Kuswanto H. 2018. Effect of rhizobium inoculation to nodulation and growth of soybean [*Glycine max* (L) Merrill] germplasm. *Legume Research* 41(2):303-310.
- Senbayram M, Gransee A, Wahle V, Thiel H. 2016. Role of magnesium fertilisers in agriculture: Plant-soil continuum. *Crop and Pasture Science* 66(12): 1219–1229.
- Silva S. 2012. Aluminium toxicity targets in plants. *Journal of Botany* 8(2012): 1-12.
- Saadpanah A, Rokhzadi A, Mohammadi K. 2013. Growth response of soybean to the application of *Bradyrhizobium japonicum* and foliar methanol spraying in field conditions. *International Journal of Biosciences* 3(4): 128–134.
- Serafim B, Oginga B, Njeri J. 2013. Effects of manure, lime and mineral P fertilizer on soybean yields and soil fertility in a humic nitisol in the Central Highlands of Kenya. *International Journal of Agricultural Science Research* 2(9): 283-291.
- Singh S, Tripathi DK, Singh S, Sharma S, Dubey NK, Chauhan DK, Vaculik M. 2017. Toxicity of aluminium in various levels of plant cells and organism: a review. *Environmental Experiment Botany* 137:177-193.
- Singh SK, Reddy VR. 2017. Potassium starvation limits soybean growth more than the photosynthetic processes across CO<sub>2</sub> levels. *Frontiers in Plant Science*, 8(2017): 1-16.
- Sujatha K, Mehar SK. 2015. Toxic effects of aluminium in plants. *Indian Journal of Plant Science* 4(2015): 1-4.
- Suriadikarta, DA. 2011. Teknologi pengelolaan lahan gambut yang berkelanjutan. Dalam: Inounu I *et al.* (eds). *Pembangunan Pertanian Berbasis Iptek Hasil Penelitian*. Buku 2. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Suryana. 2016. Potensi dan peluang pengembangan usaha tani terpadu berbasis kawasan di lahan rawa. *Jurnal Litbang Pertanian* 35(2): 57–68.
- Susilawati KS, Suwigno RA, Hayati R. 2013. Adaptasi beberapa varietas unggul kedelai yang berdaya hasil tinggi dengan pemberian dolomit dan urea di lahan pasang surut. *Jurnal Lahan Suboptimal* 2(3): 126-131.
- Suwanda MH, Noor M.. 2014. Kebijakan pemanfaatan lahan rawa pasang surut untuk mendukung kedaulatan pangan nasional. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*: 31-40.
- Syuryawati, Faesal. 2016. Kelayakan finansial penerapan teknologi budi daya jagung pada lahan sawah tadah hujan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 35(1): 71 – 80.
- Sutrisno, Wahyuningsih S, Baliadi Y. 2020. Efektivitas tiga paket teknologi budi daya kedelai di lahan pasang surut Barito Kuala, Kalimantan Selatan. *Buletin Palawija* 18(1): 11-19.
- Taufiq A, Sundari T. 2014. Respons tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh. *Buletin Palawija* 23(2014): 13-26.
- Taufiq A, Wijanarko A, Adisarwanto T, Prahoro C. 2008. Verifikasi teknologi budidaya kedelai di lahan pasang surut. Hlm 269-278. Dalam: Harsono A *et al.* (eds). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian 2007*. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian.
- Taufiq A, Wijanarko A, Kristiono A, Mutmaidah, S, Prasetyaswati N, Jumakir 2019. Evaluasi Kelayakan teknis dan finansial teknologi budi daya kedelai pada lahan pasang surut. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 3(2): 101-110.
- Taufiq A, Wijanarko A, Suyamto. 2011. Takaran optimal pupuk NPKS, dolomit, dan pupuk kandang pada hasil kedelai di lahan pasang surut. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 30(1): 52–57.

- Uguru MI, Oyiga BC, Jandong EA. 2012. Responses of some soybean genotypes to different soil pH regimes in two planting seasons. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology* 6(1):26-37.
- Verde BS, Danga BO, Mugwe JN. 2013. Effects of manure, lime and mineral P fertilizer on soybean yields and soil fertility in a humic nitisol in the Central Highlands of Kenya. *International Journal of Agricultural Science Research* 2(9): 283–291.
- Verbruggen N, Hermans C. 2013. Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. *Plant and Soil* 368(1-2): 87-99.
- Wijanarko A, Taufiq A. 2008. Penentuan kebutuhan pupuk P untuk tanaman kedelai. *Buletin Palawija* 15(2014): 1-8.
- Wijanarko A, Taufiq A, Harnowo D. 2016. Effect of liming, manure, and NPK fertilizer application on growth and yield performance of soybean in swamp land. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* 3(2): 527-533.
- Wijanarko A, Taufiq A. 2016. Effect of lime application on soil properties and soybean yield on tidal land. *Agrivita* 38(1): 14-23.
- Yang N, Jiang J, Xie H, Bai M, Xu Q, Wang X, Yu X, Chen Z, Guan Y. 2017. Metabolomics reveals distinct carbon and nitrogen metabolic responses to magnesium deficiency in leaves and roots of Soybean [*Glycine max* (Linn.) Merr.]. *Frontiers in Plant Science* 8(2017): 2091.
- Zengeni R, Mpeperek S, Giller KE. 2006. Manure and soil properties affect survival and persistence of soybean nodulating rhizobia in smallholder soils of Zimbabwe. *Applied Soil Ecology* 32(2): 232–242.
- Zheng SJ. 2010. Crop production on acidic soils: overcoming aluminium toxicity and phosphorus deficiency. *Annals of Botany* 106(1):183–184.
-