

## RANCANG BANGUN ALAT PEMUPUK KEDELAI BERBASIS REKOMENDASI *VARIABLE RATE APPLICATION* (VRA)

Fuadi, M.<sup>(1)</sup>, Sutiarmo, L.<sup>(2)</sup>, Virgawati, S.<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Mahasiswa Pascasarjana prodi Teknik Pertanian, FTP UGM  
e-mail: mirajfuadi@gmail.com

<sup>(2)</sup> Dosen Pascasarjana Departemen Teknik Pertanian, FTP UGM  
e-mail: lilik-soetiarso@ugm.ac.id

<sup>(3)</sup> Mahasiswa Pascasarjana prodi Ilmu Teknik Pertanian, FTP UGM  
e-mail: sari\_virgawati@mail.ugm.ac.id

Kandungan unsur hara dalam tanah pada satu hamparan kedelai nyatanya tidak semuanya seragam. Penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus dengan dosis yang meningkat setiap tahunnya dapat mengganggu keseimbangan hara tanah. Hal tersebut dapat diantisipasi dengan mengadopsi sistem pertanian presisi khususnya dalam proses pemupukan. Selain itu pemahaman mengenai pertanian presisi masih perlu di perkenalkan lebih lanjut kepada para petani kecil. Dengan kondisi lahan petani yang semakin sempit serta harga pupuk yang semakin mahal maka diperlukan alat yang dapat membuat pemupukan lebih hemat dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji kinerja alat pemupuk berbasis *Variable Rate Application* (VRA). Penentuan N, P, K tanah dilakukan menggunakan 2 metode yaitu dengan uji laboratorium dan uji tanah menggunakan Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK). Luas lahan yang digunakan sebesar 900 m<sup>2</sup> yang dibagi menjadi 9 plot dengan ukuran tiap plot 10 x 10 m<sup>2</sup>. Pupuk tipe granular yang digunakan yaitu urea, SP-36, dan KCl. Besarnya dosis pupuk yang dikeluarkan oleh alat pemupuk diatur oleh bukaan *hopper* dan ukuran dari rotor pembagi pupuk.

**Kata kunci :** *Variable rate application*, kedelai, pemupukan, pertanian presisi

### 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia mengakibatkan berubahnya hak fungsi lahan untuk bangunan yang berdampak pada berkurangnya luas lahan pertanian. Hal tersebut tidak diimbangi dengan kebutuhan komoditas pertanian semakin meningkat khususnya kedelai. Berdasarkan data dari BPS (2015), produktivitas kedelai Indonesia mengalami tren yang positif meskipun beberapa tahun terakhir terjadi pelandaian terhadap produktivitas kedelai.

Terjadinya pelandaian produktivitas serta makin mahalnya harga pupuk merupakan dorongan untuk lebih meningkatkan efisiensi sistem usaha tani terutama efisiensi pemupukan pada padi sawah yang merupakan konsumen pupuk terbesar. Oleh karena itu penentuan dosis pupuk yang tepat menjadi sangat penting (Virgawati dkk., 2014). Pemupukan

berdasarkan rekomendasi merupakan bagian dari pertanian presisi.

Pertanian presisi merupakan sistem pertanian terpadu berbasis pada informasi dan produksi dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas dan profitabilitas produksi pertanian dari hulu ke hilir yang berkelanjutan, spesifik-lokasi serta meminimalkan dampak yang tidak diinginkan pada lingkungan (Whelan dan Taylor 2013). Pertanian presisi menggunakan pendekatan dan teknologi yang memungkinkan perlakuan presisi pada setiap simpul proses pada rantai bisnis pertanian dari hulu ke hilir sesuai kondisi spesifik (lokasi, waktu, produk, dan konsumen) yang dihadapi (Heriyanto *et al.* 2016). Pemahaman mengenai pertanian presisi ini perlu diberikan kepada petani khususnya petani kecil.

Pada budidaya kedelai pemberian pupuk masih berdasarkan rekomendasi yang bersifat umum yaitu 25-75 kg Urea/ha + 50-100kg SP-36/ha+50-100 kg KCl/ha (Musaddad, 2008). Aplikasi pupuk kimia dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah dan air. Penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus dengan dosis yang meningkat setiap tahunnya justru dapat menyebabkan tanah menjadi keras dan keseimbangan unsur hara tanah terganggu (Pranata, 2010).

Menurut Soepardi (1983), unsur hara utama yang banyak dibutuhkan tanaman tetapi jumlah ketersediaannya sering kurang atau tidak mencukupi di dalam tanah ialah N, P, dan K. Oleh karena itu ketiga unsur ini ditambahkan dalam bentuk pupuk. Aplikasi pupuk kimia yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah dan air.

Tabel.1 Rekomendasi pemupukan N, P, dan K untuk tanaman kedelai pada setiap kelas hara tanah

Jenis Pupuk	Kategori	Takaran pupuk (kg/ha)	Waktu pemberian	
			10 HST	30 HST
N (Urea)	Rendah	174	70%	30%
	Sedang	152	70%	30%
	Tinggi	117	70%	30%
P (SP-36)	Rendah	104	100%	-
	Sedang	86	100%	-
	Tinggi	40	100%	-
K (KCl)	Rendah	210	70%	30%
	Sedang	190	70%	30%
	Tinggi	150	70%	30%

Sumber : Franzen 1999); Taufiq dan Sundari (2012); Wijanarko dan Taufiq (2008)

Wijanarko dan Taufiq (2008) menjelaskan bahwa dengan adanya kelas status hara yang dikategorikan *rendah*, *sedang*, dan *tinggi* (Tabel 1) dapat memberikan informasi khusus tentang respon hasil yang diharapkan sebagai berikut: 1. Kelas status hara tinggi memerlukan pupuk yang sedikit, respon pemupukan yang rendah, tambahan pupuk hanya untuk pemeliharaan kesuburan tanah. 2. Kelas status hara sedang menunjukkan kebutuhan hara sedang, respon pemupukan sedang, tanpa pupuk pertumbuhan tanaman kurang normal, gejala kahat tidak muncul, dan produksi rendah. 3. Kelas status hara rendah mengindikasikan kebutuhan pupuk yang lebih banyak, respon pemupukan tinggi, tanpa pupuk gejala kahat akan muncul, pertumbuhan

tanaman tanpa pupuk tidak normal, kemungkinan mati kecil meskipun tidak berbuah.

Pemberian hara N yang berlebihan akan memperpanjang fase vegetatif tanaman. Selain itu, unsur nitrogen yang diberikan dalam jumlah

minimum dapat memaksimalkan penambatan N oleh *Rhizobium* (Mulyadi 2012). Hal tersebut dapat diantisipasi dengan menggunakan sistem pertanian presisi. Pemahaman mengenai pertanian presisi masih perlu di perkenalkan lebih lanjut kepada para petani kecil yang memiliki kepemilikan luas lahan yang sempit. Oleh karena itu perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai alat pemupuk yang mengadopsi pertanian presisi serta pengaruh

pemberian pupuk berbasis rekomendasi *Variable Rate Application* (VRA) terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

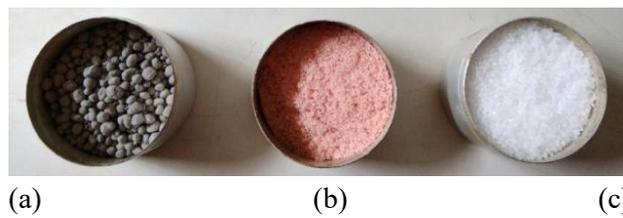
### 2.1 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian terdiri dari perancangan alat, pengujian alat, serta pengambilan data tanah. Pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Energi dan Mesin Pertanian (EMP), Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Tahap pengujian alat hingga pengambilan data dilakukan di Pusat Inovasi Agroteknologi (PIAT) UGM pada 3 petak lahan yang memiliki kondisi berbeda untuk ditanami kedelai.

### 2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu 3 petak lahan yang berbeda kondisi tanahnya, masing-masing berukuran 30m x 30m, pupuk Urea, SP-36 dan KCl (Gambar 1), dan benih kedelai (*Glycine max (L) Merril*) varietas Grobogan.

Alat yang digunakan untuk uji alat pemupuk presisi yaitu rol meter, stopwatch, patok besi, ring tanah, sekop, tali rafia, timbangan dan GPS. Peta laju keberagaman aplikasi (VRA) pemupukan kedelai menggunakan acuan yang dibuat oleh anggota tim peneliti hibah PTP Ristekdikti 2018 pada topik yang sama, berdasarkan rekomendasi pemupukan N, P, dan K untuk tanaman kedelai (Tabel 1).

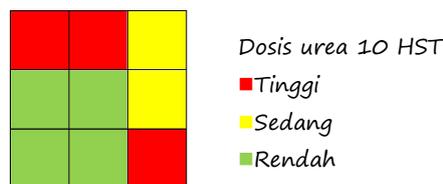


Gambar 1. Pupuk (a) SP-36 (b) KCl dan (c) Urea

### 2.3 Penentuan tata letak lahan uji coba alat pemupukan-

Tata letak lahan uji coba menyesuaikan peta laju keberagaman aplikasi pemupukan yang sudah

ada, yaitu pada tiap petak berukuran 30m x 30m dibuat grid 10m x 10m (Gambar 2).



Gambar 2. Contoh peta laju keberagaman pemupukan

### 2.4. Uji coba alat pemupuk di lab dan lapangan

Uji coba di lapangan meliputi pengujian alat pemupuk yang telah dibuat sesuai dengan rancangan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Srihartanto dkk (2015), jarak tanam 40 cm x 20 cm merupakan jarak tanam terbaik untuk meningkatkan produktivitas kedelai. Menurut Meirina dkk (2009)

waktu pemupukan pada pagi dan sore hari menyebabkan produktivitas tanaman kedelai lebih tinggi dibandingkan pada siang hari. Sehingga waktu pemupukan dilakukan pada pagi hari agar kondisi petani masih bugar.

Cara pengujian

a. Uji fungsional

Untuk mengetahui apakah alat pemupuk bekerja sesuai dengan yang diharapkan maka dilakukan uji fungsional. Pengujian ini dilakukan dengan memasukan ketiga pupuk kedalam masing-masing *hopper* kemudian diamati bagian-bagian sudah berkerja dengan baik atau belum

b. Uji Verifikasi

Tujuan uji verifikasi untuk mencocokkan atau meyakinkan ukuran-ukuran utama dan berat alat, dibandingkan dengan rencana rancangbangun yang dibuat. Hal-hal yang perlu diperiksa adalah panjang dan lebar rangka, panjang pembuka alur, volume *hopper*, panjang tangkai dorong dan berat total alat.

c. Uji unjuk kerja

Pengujian ini bermaksud mencari data kemampuan alat, terutama pengukuran kapasitas kerja alat. Adapun pada pengujian ini akan diamati: keseragaman pengeluaran pupuk dari tabung penyalur, tingkat pengeluaran pupuk dan keseragaman jarak penjatuhan pupuk.

1). Keseragaman pengeluaran pupuk dari *hopper*

- Diameter roda diukur
- Roda diangkat dari lantai
- Pupuk dimasukan ke *hopper*
- Roda diputar lima kali
- Pupuk yang keluar dari masing-masing lubang pembagi dihitung
- Dilakukan ulangan sebanyak sepuluh kali
- Dilakukan analisa keseragaman pengeluaran pupuk

2). Tingkat pengeluaran pupuk

- Roda diangkat, pupuk dimasukan ke *hopper*
- Roda diputar sepuluh kali
- Pupuk yang keluar ditampung dan ditimbang
- Waktu pengeluaran pupuk selama sepuluh putaran dicatat
- Ditentukan debit pupuk per hektar, dengan persamaan :

$$N = \frac{10.000 \times m}{\pi \times D \times B}$$

Dimana

N : Kebutuhan pupuk tiap hektar (kg)

m : Berat pupuk yang keluar untuk satu kali putaran roda (kg)

D : Diameter roda (m)

B : Lebar kerja alat (m)

- Hasil penentuan dosis pupuk per hektar kemudian dibandingkan dengan rekomendasi dosis pupuk yang sudah ditentukan.

3). Keseragaman jarak penjatuhan pupuk

- Pupuk dimasukan *hopper*
- Alat didorong sejauh 10 meter
- Jarak antar penjatuhan pupuk diamati
- Dilakukan ulangan sebanyak 5 kali
- Bila jarak rata-rata antar pupuk menyimpang jauh dari 20 cm maka perlu dilakukan perbaikan alat

## 2.5. Uji NPK tanah setelah pemupukan

Untuk mengetahui pengaruh pemupukan yang telah diberikan, 1 minggu setelah pemupukan dan setelah panen dilakukan pengukuran NPK tanah baik secara kualitatif dengan PUTS maupun secara kuantitatif dengan uji di laboratorium. Pengujian menggunakan rancangan acak lengkap (*Randomized Complete Design*). Analisa data menggunakan anova dua arah dengan bantuan program SPSS.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Penelitian Pendahuluan

Dalam kegiatan ini bertujuan untuk mencari data-data yang mendasari perancangan. Data-data tersebut berkaitan dengan komposisi hara N, P dan K di lahan yang akan di uji coba serta sifat-sifat dari urea, SP-36 dan KCl. Sifat-sifat fisik meliputi bentuk dan massa jenis. Nilai massa jenis yang dapat dilihat pada Tabel 2, dijadikan dasar dalam mendesain *hopper*, pembagi pupuk dan ukuran peyalur pupuk.

Tabel 2. Massa Jenis Pupuk

Jenis Pupuk	Massa Jenis (g/cm <sup>3</sup> )
Urea	0,759
SP-36	1,077
KCl	0,987

### 3.2 Pengujian sampel tanah

Pengujian tanah awal dilakukan untuk mengetahui kandungan P, K, C-organik dan pH tanah di lokasi penelitian. Terdapat 3 lokasi lahan di PIAT UGM yang digunakan sebagai tempat penelitian seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Pada penelitian pendahuluan yang telah dilakukan,

diambil sampel tanah sebanyak 8 sampel pada setiap petak berukuran 30m x 40m. Setiap sampel tanah mewakili luasan sebesar 10m x 10m. Selanjutnya sampel tanah diuji menggunakan Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK). Penggunaan PUTK pada pengujian tanah ini dikarenakan pengujian lebih mudah, murah dan waktu lebih efisien.



Gambar 3. Lokasi lahan penelitian di PIAT UGM

Hasil sementara menunjukkan bahwa terdapat keberagaman kandungan P, K dan C-organik tanah pada tiap lahan di area penelitian (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Analisis Pendahuluan Sampel Tanah Menggunakan PUTK

Lokasi	No. Titik sampel	P	K	C	pH
I A (Aquic Eutrudept) - padi fase generatif - basah berlumpur	1	R	R	S	6
	2	R	S	S	6
	3	R	R	S	6
	4	R	S	S	5
	5	R	T	R	5
	6	R	S	T	6
	7	R	S	S	6
	8	R	S	S	6
I D (Humic Fragiudept) - bera stlh padi - lembab gembur	1	T	S	R	7
	2	S	S	R	7
	3	T	S	R	7
	4	T	T	R	7
	5	R	S	R	7
	6	T	T	R	7
	7	S	S	R	6
	8	S	T	R	6

IIIB (Typic Udipsam-ment) - bera stlh jagung - kering pasir	1	S	R	R	7
	2	S	S	R	7
	3	R	S	R	7
	4	T	S	R	7
	5	T	T	R	6
	6	S	S	R	7
	7	R	S	R	6
	8	T	S	R	7

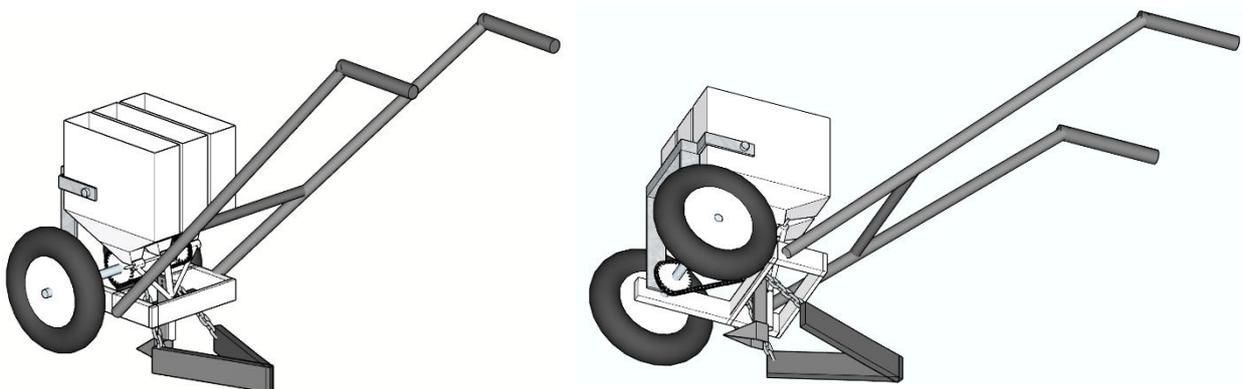
Pada penelitian tahap lanjutan, lahan akan dipersiapkan untuk penanaman kedelai, dan sampel tanah akan diambil sebelum tanam kedelai. Harkat unsur N, P, dan K tanah sebelum tanam digunakan sebagai dasar pembuatan peta laju keberagaman aplikasi pemupukan. Ukuran petak juga akan disesuaikan, masing-masing lahan menjadi 30m x 30m.

### 3.3 Perancangan Alat pemupuk

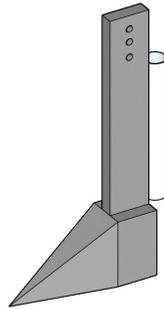
#### a. Pembuka Alur

Menurut Akil (2009), pemberian pupuk dengan cara tugal lebih efisien dibandingkan dengan pupuk dengan cara disebar diatas permukaan atau dilarutkan dalam air pada lahan kering. Dari hasil penelitiannya, pemupukan dengan cara ditugal menghasilkan hasil biji tanaman jagung (ton/ha) lebih tinggi dibandingkan dengan cara pemupukan disebar atau dilarutkan. Prinsip kerja pembuka alur hampir sama dengan cara ditugal yaitu ditanamkan di dalam tanah.

Gambar 4 menunjukkan bagian-bagian dari alat pemupuk semi-mekanis yang dirancang. Terdapat tiga *hopper* yang digunakan untuk menampung pupuk urea, SP-36 dan KCl. Selain itu terdapat penutup alur yang berfungsi menutup kembali tanah yang dibuka. Penjatuhan pupuk dibantu oleh gerak memutar dari sproket pada roda yang diteruskan untuk memutar rotor pembagi pupuk. Dalam perancangan alat pemupuk ini, kedalaman pembuka alur disamakan seperti anjuran dalam proses pemupukan ditugal yaitu kedalaman 3-5 cm (Gambar 5). Berdasarkan tipe tanah percobaan yang berada di PIAT UGM, maka tipe pembuka alur yang akan digunakan yaitu tipe *hoe*. Sesuai dengan ukuran penanaman bibit kedelai, maka bukaan alur yang diharapkan yakni kedalaman 3 cm dengan pertimbangan terbatasnya tenaga petani.



Gambar 4. Bagian- Bagian alat pemupuk



Gambar 5. Pembuka Alur

#### b. Silinder Pembagi pupuk

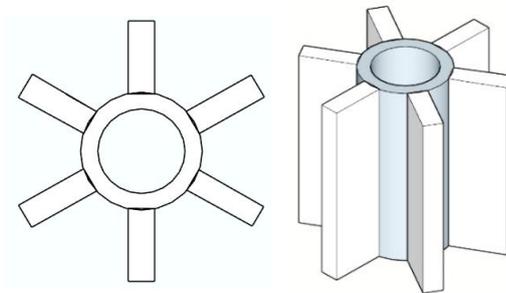
Dalam pertanian presisi, ide untuk memvariasikan laju pemupukan sesuai kebutuhan spesifik lokasi dengan mengontrol kecepatan rotasi roller secara bervariasi untuk setiap *metering device* merupakan konsep pemupukan *Variable Rate Application* (VRA). Chousa (2003) telah melakukan penelitian mengenai kontrol pemupukan berdasarkan *Variable Rate Application* (VRA). Sebelumnya Radite dkk. (2000) memasang motor pada masing-masing *metering device*, dan jumlah motor meningkat sesuai dengan jumlah *metering device*. Dalam penelitian ini, *metering device* dibuat menjadi 3 ukuran yang berbeda sesuai dengan kebutuhan pupuk urea, SP-36 dan KCl. Pengaturan

dosis diatur dengan mengatur bukaan pegunungan pada *hopper*.

Pada perancangan rotor dapat dihitung dengan pendekatan rumus massa jenis ( $\rho$ ) dengan mengetahui terlebih dahulu dosis pupuk per luas tanaman dan massa jenis pupuk yang digunakan. Dikarenakan jarak tanam yang digunakan 40 x 20 cm, maka :

Dosis pupuk tiap tanaman (gr) = Dosis pupuk per ha  
(kg/ha) x Jarak Tanam kedelai (cm<sup>2</sup>)

$$\text{massa jenis } (\rho) = \frac{\text{massa } (m)}{\text{volume } (V)}$$



Gambar 6. Silinder pembagi pupuk

#### 4. PENUTUP

Konsumsi pupuk yang berlebihan serta semakin tingginya harga pupuk mendorong kita agar lebih efisien dalam aplikasi pupuk. Hal itu dapat ditekan dengan pemberian pupuk sesuai rekomendasi spesifik lokasi. Alat ini diharapkan dapat membantu petani dalam pemupukan kedelai serta dapat menjaga keseimbangan hara tanah.

#### Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian masyarakat, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas bantuan dana melalui dana hibah Penelitian Tim Pascasarjana (PTP).

### **Daftar Pustaka**

- Akil, M . 2009. *Penempatan Pupuk Anorganik Yang Efisien Pada Tanaman Jagung Di Lahan Kering*. Balai Penelitian Tanaman Serealia Prosiding Seminar Nasional Serealia 2009 ISBN :978-979-8940-27-9169
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. Produktivitas, luas areal dan produksi tanaman kedelai.
- Chousa, T, Shibata, Y., Omine, M., Kobayashi, K., Triyama, K., Sasaki, R. 2003. *Map-based variable control system for granule applicator*. Journal of JSAM 65(3),128-135.
- Franzen, D.W. 1999. *Soybean soil fertility*. North Dakota State University Agriculture dan University Extension.
- Heriyanto H, Seminar KB, Solahudin M, Subrata IDM, Supriyanto, Liyantono, Noguchi R, Ahamed T. 2016. *Water supply pumping control system using PWM based on precision agriculture principles*. International Agricultural Engineering Journal (IAEJ) 25(2): 1–8.
- Meirina, T., Darmanti, S dan Haryanti S. 2009. *Produktivitas Kedelai (Glycine Max (L.) Merril Var. Lokon) Yang Diperlakukan Dengan Pupuk Organik Cair Lengkap Pada Dosis Dan Waktu Pemupukan Yang Berbeda*. Lab. Biologi Struktur Dan Fungsi Tumbuhan, Jurusan Biologi MIPA UNDIP
- Mulyadi, A. 2012. *Pengaruh Pemberian Legin, Pupuk NPK (15:15:15) Dan Urea Pada Tanah Gambut Terhadap Kandungan N, P Total Pucuk Dan Bintil Akar Kedelai (Glycine max (L.) Merr.)*. Jurnal Kaunia, 8 (1) : 21-29.
- Musaddad, A. 2008. *Teknologi Produksi kedelai, kacang tanah, kacang hijau, ubi kayu, dan ubi jalar*. Balai Penelitian Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. Malang.
- Pranata, A. S., 2010. *Meningkatkan Hasil Panen dengan Pupuk Organik*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta, hlm. 6
- Radite, P.A.S., Umeda, M.,Iida, M.,Khilael, M., 2000.*Variable rate fertilizer applicator for paddy field*. ASAE Paper No. 001156.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Srihartanto, E, Anshori A, Dan Iswadi A. 2015. *Produktivitas Kedelai Dengan Berbagai Jarak Tanam Di Yogyakarta*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta
- Taufiq, A., dan T. Sundari. 2012. *Respon tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh*. Buletin Palawija, No. 23 : 13- 28.
- Virgawati ,S., Padmini, O.S., Dan Poerwanto M.E. 2014. *Pemetaan Npk Tanah Untuk Prediksi Rekomendasi Pemupukan Presisi Pada Tanaman Padi*. Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Whelan, B., Taylor, J. 2013. *Precision Agriculture for Grain Production Systems*, CSIRO Publishing, ISBN: 978-0-643-10747
- Wijanarko, A., dan A. Taufiq. 2008. *Penentuan kebutuhan pupuk P untuk tanaman kedelai, kacang tanah dan kacang hijau berdasar uji tanah di lahan kering masam ultisol*. Buletin Palawija, No. 15 : 1-8.