

**SMARTFERTI, SISTEM PAKAR PEMUPUKAN  
KELAPA SAWIT BERBASIS ANDROID**

*(Smartferti, Android-Base Expert System for Oil Palm Fertilization)*

**Erick Firmansyah<sup>1</sup>, Dian Pratama Putra<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup> Institut Pertanian Stiper Yogyakarta  
Jl. Nangka II, Maguwoharjo (Ringroad Utara), Yogyakarta  
Telp.: 0274-885580, 885478, e-mail: erick@instiperjogja.ac.id**

**ABSTRACT**

Knowledge of good fertilization for oil palm on smallholder farmers is still limited. The availability of fertilizer knowledge both from primary sources and in the literature as a secondary source, does not make it easy for farmers. An expert system is built in the form of a mobile application to implement the available knowledge base to provide fertilizer recommendations. The oil palm fertilization expert system in this research is called SmartFerti. SmartFerti is developed with a reasoning approach using a forward chaining method. The application design is based on the type of nutrients, planting density (stand per hectare, SPH), land area, type of fertilizer, and location. SmartFerti was built using 8 knowledge bases collected from reputable sources which were processed to obtain conclusions. SmartFerti provides fertilizer recommendations which include doses per semester and application time for 11 provinces in Indonesia. Nutrients that can be recommended include nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium. SmartFerti fertilization expert system uses an android-based interface built using App Inventor 2,0 ([www.appinventor.mit.edu](http://www.appinventor.mit.edu)).

**Keywords: Android, Expert systems, Fertilization, Palm oil, Precision farming**

## PENDAHULUAN

Pembangunan sektor perkebunan merupakan bagian integral dari pembangunan pertanian yang memiliki tujuan untuk meningkatkan produksi, memperluas kesempatan kerja, menunjang sektor industri dan ekspor, serta meningkatkan dan kesejahteraan masyarakat. Kelapa sawit merupakan komoditas sektor perkebunan utama di Indonesia,

Perkembangan luas areal kelapa sawit di Indonesia pada kurun waktu 1980-2018 mengalami pertumbuhan rata-rata sebesar 10,99% per tahun. Pada 2016, wilayah yang dibudidayakan oleh petani kecil sawit diperkirakan mencapai 4,7 juta ha dari keseluruhan lahan sawit di Indonesia (Anonim, 2017).

Perkebunan kelapa sawit rakyat berperan sebagai tulang punggung penerimaan devisa negara dan penyerapan tenaga kerja, Saat ini perkebunan kelapa sawit rakyat adalah bagian yang sangat vital dari rantai suplai minyak kelapa sawit global (Nagiah dan Azmi, 2012; Wigena *et al.*, 2009).

Sebagian besar perkebunan di Indonesia, terutama Perkebunan Rakyat, masih memiliki banyak kelemahan dan keterbatasan dalam penerapan teknologi dan budidaya. Produktivitas maupun

mutu hasil petani masih relatif rendah, Akibatnya, daya saing kerkebunan rakyat menjadi rendah pula.

Perbedaan tersebut disebabkan rendahnya penggunaan pupuk dan kurangnya akses yang dimiliki petani terhadap sumber pupuk dan pestisida, penggunaan benih berkualitas rendah dan penerapan praktik produksi yang buruk (Donough *et al.*, 2010).

Biaya yang dikeluarkan untuk pemupukan berkisar antara 40-60% dari biaya pemeliharaan tanaman secara keseluruhan atau sekitar 24% dari total biaya produksi. Pemupukan harus dapat menjamin pertumbuhan vegetatif dan generatif yang normal sehingga dapat memberikan produksi Tandan Buah Segar (TBS) yang optimal serta menghasilkan minyak sawit mentah yang tinggi baik kualitas maupun kuantitas (Adiwiganda, 1999).

Pemupukan yang baik harus tepat jenis, tepat dosis, tepat waktu dan tepat cara pemberian (4T) (Pahan, 2006; Lubis, 2008; Allorerung *et al.*, 2010, Firmansyah, 2010; Lumbangaol, 2011). Ketersediaan pengetahuan pemupukan pada literatur sebagai sumber sekunder, tidak memudahkan bagi petani karena tidak ringkas untuk mengambil keputusan pelaksanaan pemupukan pada tiap-tiap

area perkebunan yang memiliki kondisi berbeda-beda, Adapun sumber primer yakni tenaga ahli, tidak selalu tersedia di perkebunan rakyat.

Turban *et al.* (2007) menyatakan bahwa salah satu cara mentransfer pengetahuan dari tenaga ahli ke bukan ahli adalah menggunakan sistem pakar (*expert system*), Sistem pakar mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer, agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti halnya yang bisa dilakukan oleh para pakar ahli. Sistem pakar merupakan program *knowledge engineering* yang menyelesaikan permasalahan di dunia nyata yang bisa dilakukan oleh para ahli. Sistem pakar mampu menyimpan pengetahuan yang jarang terjadi, menurunkan waktu pengambilan keputusan dan meningkatkan kualitas keputusan.

Kebutuhan pengetahuan tata cara pemupukan yang baik bagi petani perkebunan rakyat kelapa sawit, menjadi latar belakang diperlukannya sebuah aplikasi yang dapat membantu memberikan saran pelaksanaan pemupukan. Oleh karena itu, aplikasi sederhana dikembangkan untuk mengimplementasikan basis pengetahuan yang telah disusun tersebut agar menjadi

sebuah alat untuk memberikan rekomendasi pemupukan untuk kelapa sawit.

Di era teknologi informasi ini, informasi yang tersedia dari berbagai sumber tumbuh pada tingkat yang fenomenal, dan informasi ini adalah persyaratan utama dan dianggap sebagai jantung *precision agriculture*. Namun, hasil penelitian tersebut tidak sampai ke tingkat implementasi. Kondisi ini disebabkan karena kurang adanya saluran yang tepat antara peneliti dan petani. Kurangnya sistem pendukung keputusan yang tepat untuk menyebarkan yang tepat waktu, dan sasaran, merupakan penghambat implementasi pertanian presisi (Baiq *et al.*, 2005).

Diperlukan sebuah *platform* yang dapat diakses dimanapun, kapanpun, dan menjangkau petani dalam skala besar. *Platform* tersebut perlu memperhatikan kebutuhan petani dengan mempertimbangkan berbagai basis pengetahuan. Salah satu bentuk *platform* yang berpotensi memenuhi kriteria tersebut adalah sistem pakar.

Menurut Turban *et al.* (2007) sistem pakar memiliki tiga komponen yang terdiri dari basis pengetahuan, mesin inferensi, dan antarmuka pengguna,

Basis pengetahuan merupakan kumpulan fakta yang menjadi dasar perhitungan dan pengambilan keputusan terkait jumlah, jenis, dosis, dan waktu aplikasi pupuk. Fakta yang digunakan bersumber pada literatur terpercaya dan bereputasi sebagaimana batasan yang dikemukakan oleh Urrea *et al.* (2015). Logika berbasis rumus yang digunakan untuk merepresentasikan aturan pengetahuan menggunakan aturan jika-maka (*if-then*) untuk menjawab pertanyaan yang dimasukkan (Rani *et al.*, 2011).

Sistem pakar pemupukan kelapa sawit yang dikembangkan menerapkan metode runut maju. Hal ini karena basis pengetahuan yang digunakan tergolong dalam *rule based reasoning* dan *bottom up reasoning* karena penalaran diperoleh dari fakta pada level bawah menuju fakta berikutnya pada level yang lebih tinggi (Turban *et al.*, 2007). Penalaran runut maju ini menggunakan berbagai jenis fakta yang tersedia dan mencocokkan dengan aturan dalam basis pengetahuan untuk memberikan rekomendasi pemupukan.

Bagian terakhir dalam pembangunan sistem pakar adalah penyajian sistem dalam suatu format yang akrab dengan pengguna (*user*

*friendly*). Format antarmuka (*interface*) yang digunakan dalam sistem pakar dapat berupa aplikasi berbasis PC (*personal computer*) maupun yang berbasis gawai (*gadget*) seperti *smartphone*.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada Oktober-Desember 2018 di *Artificial Intelligent Research and Innovation Center* (AIRICA) Institut Pertanian Stiper. *SmartFerti* dirancang untuk dapat memberikan rekomendasi pemupukan lima jenis unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg), Rekomendasi yang diberikan meliputi jumlah pupuk per semester, jumlah total pupuk per luas lahan, dan waktu pemupukan,

Pembangunan sistem pakar *SmartFerti* melalui tiga tahap, yaitu:

### **Studi Sumber Sekunder**

Sumber sekunder yang digunakan dalam membangun *SmartFerti* terdiri dari pustaka dan data iklim (curah hujan). Dalam studi pustaka ini dilakukan pengumpulan data hasil penelitian dari berbagai jurnal bereputasi yang terkait dengan respons produksi kelapa sawit terhadap pemupukan, serapan unsur hara, distribusi unsur hara di berbagai bagian tanaman, dinamika unsur hara, dan kebutuhan unsur hara minimal kelapa

sawit. Data iklim berupa curah hujan didapatkan dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG). Informasi yang diperoleh dari kedua sumber tersebut akan digunakan sebagai sumber rumusan basis pengetahuan rekomendasi pemupukan.

### ***Penyusunan Mesin Inferensi***

Mesin inferensi terdiri dari seperangkat rumusan yang dibangun dari basis pengetahuan. Untuk mendapatkan suatu kesimpulan atau rekomendasi maka rumusan tersebut membutuhkan masukan data oleh *user*.

### ***Penyajian Antar-Muka (Interface)***

Sistem pakar *SmartFerti* menggunakan antarmuka berbasis android yang dibangun menggunakan *App Inventor 2.0* ([www.appinventor.mit.edu](http://www.appinventor.mit.edu)). *App*

*Inventor* adalah aplikasi *web* sumber terbuka yang dikelola oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Studi Sumber Sekunder***

Basis pengetahuan dibangun dari studi pustaka untuk mengumpulkan literatur yang mengandung fakta-fakta terkait jumlah, jenis, dosis, dan waktu aplikasi pupuk, Von-Oexkull dan Fairhurst (1991) menunjukkan dinamika unsur hara yang terdiri dari N, P, K, dan Mg pada kelapa sawit yang telah memasuki fase tanaman menghasilkan (TM), Menurut Von-Oexkull dan Fairhurst (1999) unsur hara pada kelapa sawit terdistribusi ke dalam tandan buah segar (TBS), jaringan tanaman (Tabel 1),

Tabel 1. Dinamika unsur hara pada tanaman kelapa sawit menghasilkan (TM) (kg pohon<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>).

	Kandungan unsur hara (kg pohon <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup> )			
	N	P	K	Mg
TBS	0,49	0,09	0,63	0,14
Akumulasi pada jaringan tanaman	0,27	0,02	0,47	0,07
Nutrisi terdaur ulang	0,53	0,08	0,69	0,19
Total penyerapan nutrisi	1,29	0,19	1,79	0,40
% terangkut dari total serapan	38,00	44,00	35,00	35,00
Total penyerapan ha <sup>-1</sup> (142 pohon ha <sup>-1</sup> )	191,00	27,00	265,00	59,00

Penyerapan per ton TBS (kg)	8,00	1,10	11,00	2,50
-----------------------------	------	------	-------	------

Sumber: Von-Oexkull dan Fairhurst (1999)

Tabel 2. Penyerapan dan distribusi unsur hara pada bagian kelapa sawit (142 pohon ha<sup>-1</sup>).

Komponen	N		P		K		Ca		Mg	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Akumulasi berat kering vegetatif	39,2	20,3	3,0	11,4	53,4	21,3	13,2	13,3	11,0	18,0
Pelepah	64,5	33,5	8,5	32,8	82,7	32,8	59,1	59,4	21,5	35,0
TBS (25 ton)	70,2	36,5	11,1	42,8	89,6	35,6	18,7	18,8	20,0	32,5
Bunga jantan	10,7	5,7	2,3	8,9	15,4	6,1	4,2	4,4	6,3	10,4
Total	184,7	95,9	24,9	95,9	241,2	95,9	95,3	95,9	58,8	95,9

Sumber: Von-Oexkull dan Fairhurst (1999)

Sebagian dari unsur hara pada jaringan tanaman akan mengalami daur ulang, sementara sebagian yang lain tetap berada pada jaringan tanaman. Beberapa bagian yang dapat mengalami daur ulang unsur hara antara lain pelepah dan bunga jantan, sementara bagian vegetatif seperti batang tidak terdaur ulang sebelum selesainya siklus hidup kelapa sawit. Penyerapan dan distribusi hara terbesar ada pada organ generatif yaitu tandan buah segar (TBS). Sebagai komponen yang keseluruhannya dibawa keluar dari kebun, maka TBS menjadi salah satu faktor penentu yang digunakan untuk memprediksi kebutuhan pupuk pada

kelapa sawit. Distribusi unsur hara pada masing-masing komponen ditunjukkan pada Tabel 2.

Kandungan unsur hara yang terkandung dalam tandan buah segar (TBS) kelapa sawit secara lebih rinci dijelaskan oleh Afandi *et al.* (2016), unsur hara yang dianalisis oleh Afandi *et al.* (2016) terdiri dari unsur hara makro yaitu N, P, K, Ca, dan Mg sementara unsur hara mikro terdiri dari Mn, Fe, B, Cu, dan Zn sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui jumlah pupuk melalui konversi sesuai dengan kandungan nutrisi pada setiap pupuk.

Tabel 3. Kandungan nutrisi dalam 1 ton TBS.

Unsur hara	Kandungan	Satuan
N	2,94	
P	0,44	
K	3,71	kg
Ca	0,81	
Mg	0,77	
Mn	1,51	
Fe	2,47	
B	2,15	g
Cu	4,76	
Zn	4,93	

Sumber: Afandi *et al.* (2016)

Goh (2003) membagi kebutuhan unsur hara kelapa sawit sesuai dengan periode umur tanaman (Tabel 4). Unsur hara yang menjadi objek pengamatan terdiri dari N, P, K, Mg, dan Ca. Tanaman dibagi menjadi tiga periode umur yang

terdiri dari tanaman belum menghasilkan (TBM), tanaman menghasilkan (TM) awal, dan TM lanjut. Penelitian ini menunjukkan bahwa kebutuhan hara dipengaruhi oleh umur tanaman.

Tabel 4. Kebutuhan hara pada berbagai umur kelapa sawit ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Unsur hara	Periode umur (tahun)		
	0-3	3-9	>9
N	39,8	191-267	1231-1720
P	6,1	32-42	204-272
K	55,4	287-387	1850-2487
Mg	7,4	48-67	314-423
Ca	12,9	85-114	531-721

Sumber: Goh (2003)

Menurut Nagiah dan Azmi (2012) biomassa TBS kelapa sawit menyusun 44,6%, sementara biomassa vegetatif mencakup 55,4% dari produksi biomassa total tanaman kelapa sawit (Tabel 5). Biomassa total terdiri dari bagian yang

kembali ke lahan dan bagian yang tetap sebagai bagian tubuh tanaman. Kandungan unsur hara yang terdapat dalam pelepah dan bunga jantan akan kembali tersedia bagi tanaman setelah melalui proses dekomposisi.

Tabel 5. Pertumbuhan biomassa pada tanaman menghasilkan (TM) kelapa sawit (ton ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>).

Bagian tanaman	Biomassa (ton ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup> )
Vegetatif	16,5
Generatif	13,3

Sumber: Nagiah dan Azmi (2012)

Von-Oexkull dan Fairhurst (1999) melakukan analisis terhadap kandungan unsur hara pada bagian vegetatif kelapa sawit menghasilkan (Tabel 6). Unsur hara yang dianalisis terdiri dari N, P, K, Ca, dan Mg. Bagian vegetatif terdiri dari bagian yang tetap sebagai bagian integral tanaman maupun bagian yang secara berkala dikembalikan ke lahan dan mengalami dekomposisi.

Ng (2012) membagi produksi biomassa kelapa sawit ke dalam tiga fase umur tanaman menghasilkan, yaitu fase TM awal, TM dewasa, dan TM lanjut. Produksi biomassa konsisten mengalami kenaikan sesuai dengan pertambahan umur tanaman. Hal yang sama juga terjadi pada kandungan nutrisi primer tanaman yang meliputi N, P, K, Ca, dan Mg. Kenaikan tertinggi terjadi pada fase TM awal menuju TM dewasa.

Tabel 6. Serapan dan distribusi nutrisi pada berbagai bagian tanaman (kg tanaman<sup>-1</sup>)

Komponen	N		P		K		Ca		Mg	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	Kg	%
Akumulasi bagian vegetatif	0,28	21,20	0,02	11,90	0,38	22,20	0,09	13,90	0,08	18,80
Pelepah	0,45	34,90	0,06	34,20	0,58	34,20	0,42	61,90	0,15	36,50
TBS (25 ton)	0,50	38,00	0,08	44,60	0,63	37,10	0,13	19,60	0,14	33,90
Bunga jantan	0,08	5,90	0,02	9,30	0,11	6,40	0,03	4,60	0,05	10,80
Total	1,30	100,00	0,18	100,00	1,70	99,90	0,67	100	0,42	100,00

Sumber: Von-Oexkull dan Fairhurst (1999)

Tabel 7. Prakiraan biomassa tahunan dan serapan nutrisi pada kelapa sawit (kg tanaman<sup>-1</sup>).

	Fase Tanaman Menghasilkan		
	Awal	Dewasa	Lanjut
Biomassa	6,850	57,300	70,400
N	0,068	0,509	0,586
P	0,006	0,059	0,067
K	0,095	0,965	1,383
Mg	0,017	0,140	0,139

Sumber: Ng (2012)

Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi efektivitas dan efisiensi pemupukan adalah ketersediaan air. Pada umumnya ketersediaan air di perkebunan kelapa sawit ditentukan oleh curah hujan. Pemupukan hanya dapat dilakukan jika

kandungan air dalam tanah mencukupi, sehingga nutrisi pada pupuk dapat terserap dengan baik oleh tanaman. Pemupukan harus dihentikan apabila tujuh hari berturut-turut tidak terjadi hujan. Tabel 8 menunjukkan waktu

pemupukan di 11 provinsi lokasi perkebunan kelapa sawit di Indonesia berdasarkan distribusi curah hujannya.

Unsur hara yang diaplikasikan ke lahan dapat mengalami beberapa kondisi, yaitu terserap oleh tanaman, tetap berada dalam zona perakaran (*root zone*), dan berada di luar zona perakaran (*loses*). Unsur hara yang terserap oleh tanaman didistribusikan ke bagian vegetatif dan generatif tanaman.

Bagian vegetatif tanaman terdiri dari bagian yang secara periodik mengalami pengguguran atau kematian alami seperti akar, maupun yang secara sengaja dilakukan *pruning* seperti pelepah dan bagian yang selamanya menjadi bagian integral tanaman hingga periode *replanting*. Bagian generatif terdiri dari bunga jantan dan bunga betina.

Tabel 8. Prakiraan priode akhir musim hujan (aplikasi SM I) dan awal musim hujan (aplikasi SM II) berdasarkan data rerata curah hujan setiap wilayah.

Provinsi	Waktu Pemupukan (Bulan)											
	Semester 1						Semester 2					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Riau		■	■	■				■	■	■		
Sumatera Utara		■	■	■				■	■	■	■	
Jambi		■	■	■				■	■	■		
Sumatera Selatan				■	■	■			■	■	■	
Lampung			■	■	■	■			■	■	■	■
Bangka		■	■	■				■	■	■		
Belitung		■	■	■				■	■	■		
Kalimantan Selatan				■	■	■					■	■
Kalimantan Timur		■	■	■				■	■	■		
Kalimantan Tengah	■	■	■				■	■	■			
Kalimantan Barat	■	■	■				■	■	■			
Papua	■	■	■				■	■	■			

Sumber: Ishola *et al.* (2012)

### ***Mekanisme Pengambilan Kesimpulan***

Seluruh basis pengetahuan diolah untuk mendapatkan rumusan pengambilan kesimpulan, Sistem pakar pemupukan ini mencakup lima unsur hara yaitu N, P, K, Ca, dan Mg. Unsur tersebut merupakan unsur hara yang paling banyak ditambahkan ke lahan oleh petani dalam bentuk pupuk.

Basis pengetahuan direpresentasikan dalam bentuk rumusan matematis yaitu:

1. kebutuhan hara = kandungan hara per ton TBS\*hasil + % nutrisi di jaringan tanaman\*SPH\*luas lahan\*(1 + % loses)
2. kebutuhan pupuk = kebutuhan hara\*(100: % nutrisi dalam pupuk)
3. Dosis pupuk (kg/tanaman/semester) =  $\Sigma$ pupuk : (SPH\*luas)\*0,5

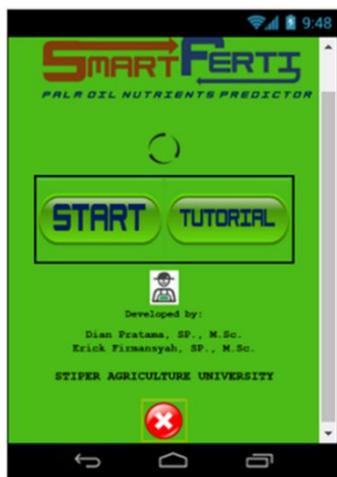
Berdasarkan rumusan tersebut maka diperlukan masukan data (*data input*). Masukan data terdiri dari nilai yang ditentukan (*fix values*) dan nilai yang selalu berubah (*variable values*). *Fix values* diperoleh dari basis pengetahuan dan spesifik unsur hara, sementara *variable values* diperoleh dari masukan *user*.

*Fix values* dalam rumusan pengambilan keputusan ini terdiri dari kandungan hara per ton TBS, persentase

nutrisi di jaringan tanaman, persentase nutrisi, dan persentase *loses*. Adapun masukan data *variable values* yang harus dimasukkan ke dalam rumusan tersebut terdiri dari hasil (ton), SPH (pohon ha<sup>-1</sup>), luas lahan (hektar), jenis pupuk, dan lokasi. Jenis pupuk terdiri dari sumber N (Urea dan ZA), P (TSP, SP36, dan RP), K (MOP), Ca (LSD dan dolomit), dan sumber Mg (dolomit dan Kieserit). Lokasi terdiri dari 11 provinsi utama penanaman kelapa sawit.

### ***Antar Muka (Interface)***

Antar muka terdiri dari empat halaman yaitu halaman muka, *input*, *output* rekomendasi, dan halaman bantuan (Gambar 1.a-d). Halaman muka berisi informasi nama program, pengembang, tombol mulai (*start*), dan panduan (*tutorial*). Halaman *input* berisi *variable value* yang diperlukan untuk memulai kalkulasi dan pengambilan keputusan rekomendasi. Halaman *output* berisi rekomendasi pemupukan yang terdiri dari waktu aplikasi semester 1 dan 2, dosis pupuk pada setiap aplikasi atau semester, dan jumlah pupuk yang harus tersedia untuk luasan lahan pada setiap aplikasi atau semester. Halaman *tutorial* berisi informasi cara penggunaan aplikasi sistem pakar.



Gambar 1.a. Halaman muka

Gambar 1.b. Halaman *input*Gambar 1.c. Halaman *output*Gambar 1.d. Halaman *tutorial*

Program sistem pakar *SmartFerti* dalam format APK (*application package file*) memiliki ukuran file sebesar 3,1 MB. Sistem pakar ini dapat dijalankan oleh seluruh *smartphone* berbasis android. Adapun versi yang mendukung adalah android Cupcake hingga versi android terbaru yaitu android Oreo.

## SIMPULAN

Telah dibangun *Smartferti*, yaitu suatu sistem pakar berbasis android yang memberikan saran pemupukan lima unsur hara di perkebunan kelapa sawit meliputi waktu, dosis, dan kebutuhan total pupuk berdasarkan masukan hasil, SPH, luas lahan, lokasi, dan jenis pupuk,

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapkan terima kasih disampaikan kepada Institut Pertanian Stiper atas dukungan material dan non-material selama penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiganda, R., Siregar, H.H., & Sutarta, E.S. 1999. Agroclicmatic Zones for Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Plantation in Indonesia, Proceedings 1999 PORIM International Palm Oil Congress, "Emerging Technologies and Opportunities in Next Millennium", Kuala Lumpur.
- Afandi, A.M., Zulkifli, H., Khalid, H., Hasnol, O., Nur-Zuhaili, H.A.Z.A., & Zuraidah, Y. 2016. Oil Palm Fertiliser Recommendation for Sabah Soils. *Oil Palm Bulletin*, 72, 1-24, ISSN 1511-7634.
- Allorerung, D., Syakir, M., Poeloengan, Z., Syafaruddin, & Rumini, W. 2010. *Budidaya Kelapa Sawit*. Aska Media, Jakarta.
- Anonim. 2017. *Tree Crop Estate Statistics of Indonesia 2015-2017*. Secretariate of Directorate General of Estate Crops, Jakarta.
- Baiq, F., Nawaz, N., & Rahman, S. 2005. Expert System for Decision Making in Agriculture Sector. *Journal of Agriculture and Social Science*. 208-211.
- Donough, C.R., Wittand, C., Fairhurst, T.H. 2010. *Yield Intensification in Oil Palm Using BMP as a Management Tool*. International Plant Nutrition Institute (IPNI) Southeast Asia Program, Penang.
- Firmansyah, M.A. 2010. Rekomendasi Pemupukan Umum Karet, Kelapa Sawit, Kopi, dan Kakao. <http://kalteng.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/publikasimainmenu-47/artikel/151-rekomendasipemupukanumumkaretkelapasawitkopidan-kakao>, diakses 20 September 2018.
- Goh, K.J., & Hardter, R. 2003. General Oil Palm Nutrition, in Fairhurst, T.H. & Hardter, R. (eds.) *Oil Palm-Management for Large and Sustainable Yields*. Pp. 191-230, International Plant Nutrition Institute (IPNI) & International Potash Institute (IPI), Bern.
- Ishola, T.A., Yahya, A., Shariff, A.R.M., & Abd-Aziz, S. 2012. Variable Rate Technology Fertilizer Applicator for Oil Palm Plantation,

- Proceedings “International Conference on Agricultural and Food Engineering for Life”*. 26-28 November 2012, Kuala Lumpur.
- Lubis, A.U. 2008. *Kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Indonesia*. Medan: PPKS,
- Lumbangaol, P. 2011. *Pedoman Pembuatan Dosis Pupuk Kelapa Sawit*. Musim Mas, Medan.
- Nagiah, C. & Azmi, R. 2012. A Review of Smallholder Oil Palm Production: Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainability-a Malaysian Perspective, *Journal of Oil Palm and the Environment*, 3. 114-120.
- Ng, S.K. 2012. Nutrition and Nutrient Management of the Oil Palm-New Thrust for the Future Perspective. International Potash Institute, Worblaufen-Bern.
- Pahan, I. 2006. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Rani, P.M., Rajesh, T., & Saravanan, R. 2011. Expert System in Agriculture: a Review, *Journal of Computer Science and Applications*, 3 (1), 59-71.
- Turban, E., Aronson, J.E., & Lian, T.P. 2007. *Decision Support Systems and Intelligent Systems 7<sup>th</sup> Edition*. Prentice-Hall of India, New Delhi.
- Urrea, C., Henriquez, G., & Jamett, M. 2015. Development of an Expert System to Select Materials for the Main Structure of a Transfer Crane Designed for Disable People. *Expert System with Applications*, 42, 691-697.
- Von-Oexkull, H.R., & Fairhurst, T.H. 1999. *Fertilizing for High Yield and Quality, the Oil Palm*. International Potash Institute, Worblaufen-Bern.
- Wigena, I.G.P., Siregar, H., Sudrajat, & Sitorus, S.R.P. 2009. Desain Model Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit Plasma Berkelanjutan Berbasis Sitem Pendekatan Dinamis (Studi Kasus Kebun Kelapa Sawit Plasma PTPN V Sei Pagar, Kabupaten Kampar, Riau). *Jurnal Agro Ekonomi*, 27(1): 81-108.