

MODEL STATISTIKA PENENTUAN BATAS KRITIS HARA FOSFOR

Mohammad Masjkur¹, Bagus Sartono¹, dan Itasia Dina Sulvianti¹
¹Departemen Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor

Abstract

The method commonly used in the determination of soil nutrient availability classes is a graphical method of Cate and Nelson (1965) and a modified analysis of variance model (Nelson and Anderson, 1977). Another models could be used by researchers in determining the nutrients critical levels are Mitscherlich and square root (*Reciprocal*) models. This study aims to compare statistical models for determination of rice field phosphorus critical level. The research using multilocation experimental data of P fertilization on rice in Java, Sumatera and Lombok. Each trial consisted of four to five levels of P fertilizer treatment. Measured response is relative yield (percent). Soil properties measured was total P (25% HCl) nutrient content before the experiment. The design used was a randomized complete block design with three replications. Results showed that statistical models and sufficiency levels have an effect on critical levels of phosphorus nutrient. Sequentially the AIC value of the models are *Reciprocal_1* (X) = *Reciprocal_1* ($\ln X$) < *Reciprocal_2* (X) < *Reciprocal_2* ($\ln X$) < Mitscherlich ($\ln X$) < Mitscherlich (X). The best model is the *Reciprocal_1* in sufficiency levels of 90 or 95 percent.

Keywords: Cate-Nelson, Mitscherlich, Square root (*Reciprocal*), AIC.

1. Pendahuluan

Rekomendasi pemupukan biasanya didasarkan pada percobaan kalibrasi lapangan uji tanah yang diketahui berkorelasi erat dengan produksi tanaman. Dalam percobaan tersebut dapat diketahui seberapa besar respons tanaman terhadap pemupukan pada beberapa lokasi dan selanjutnya ditentukan batas kritis hara tanah. Batas kritis hara tanah adalah nilai uji tanah yang dibawahnya respons tanaman terhadap pemupukan dapat diharapkan, sedangkan di atasnya tanaman tidak respons terhadap pemupukan. Batas kritis hara tanah dapat berbeda tergantung pada jenis tanaman, kondisi tanah dan iklim serta pengekstrak yang digunakan.

Metode yang umum digunakan dalam penentuan batas kritis hara tanah adalah metode grafik Cate and Nelson (1965) dan model analisis keragaman yang dimodifikasi (Nelson and Anderson, 1977; Setyorini et al., 2003). Metode ini menggambarkan hubungan antara konsentrasi hara tanah dengan ukuran respons tanaman terhadap pemupukan. Metode grafik Cate-Nelson menghubungkan nilai uji tanah dengan hasil relatif (yakni hasil tanaman tanpa pemupukan dinyatakan sebagai persentase hasil

maksimum tanaman dengan pemupukan), sedangkan metode Nelson-Anderson menggunakan nilai pertambahan hasil absolut sebagai respons. Model-model lain yang bisa digunakan peneliti dalam menggambarkan hubungan tersebut adalah model Mitscherlich dan akar kuadrat (*Reciprocal*) (Cate and Nelson, 1971; Ware et al., 1982; Mallarino and Blackmer, 1992; Belanger et al., 2000). Metode berbeda dapat menghasilkan batas kritis hara yang berbeda pula, sehingga berpengaruh terhadap rekomendasi pemupukan.

Pada padi sawah tiga kategori batas kritis cadangan (status) P tanah yang digunakan sebagai acuan pengelompokan hasil uji tanah menggunakan ekstrak HCl 25% masing-masing adalah: (1) rendah apabila hasil uji <20 mg P_2O_5 , (2) sedang apabila hasil uji 20-40 mg P_2O_5 , dan (3) tinggi apabila hasil uji >40 mg P_2O_5 (Rochayati dan Adiningsih, 2002; Setyorini et al., 2003).

Penelitian ini bertujuan membandingkan metode penentuan batas kritis hara fosfor pada padi sawah.

2. Metodologi

2.1. Bahan

Penelitian ini menggunakan data percobaan multilokasi pemupukan P pada padi sawah di Jawa, Sumatera, dan Lombok (Moersidi et al., 1990; Puslitanak, 1992; 1993; 1994). Setiap percobaan terdiri dari empat sampai lima taraf perlakuan pemupukan P. Respons yang diukur adalah berat gabah kering bersih (ku/ha). Sifat tanah yang diukur adalah kandungan hara P total (HCl 25 %) sebelum percobaan. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan.

2.2. Metode

Hasil relatif (*relative yield*) didefinisikan sebagai rataan hasil dari plot yang tidak dipupuk sebagai persentase dari rataan hasil dari plot yang dipupuk pada setiap lokasi. Nilai hasil relatif tanaman (*dependent variable*) dihubungkan dengan kandungan hara P (*independent variable*) untuk dianalisis dengan metode grafik Cate-Nelson dan model Mitscherlich dan akar kuadrat (*Reciprocal*). Model persamaan adalah sebagai berikut,

1. Model Mitscherlich,

$$Y = \alpha + \beta \exp (\gamma X) \quad (1)$$

2. Model *Reciprocal_1*,

$$Y = \alpha + \beta (1/X) \quad (2)$$

2. Model *Reciprocal_2*,

$$Y = \alpha + \beta (1/X) + \gamma (X) \quad (3)$$

Pada ketiga model di atas, Y = hasil relatif (%), X = kadar P HCl 25% (mg P₂O₅ /100 g tanah), dan α , β dan γ = parameter model (Cate and Nelson, 1971; Cerrato and Blackmer, 1990; Colwell, 1994; Belanger et al., 2000).

Pada model Mitscherlich dan akar kuadrat (*Reciprocal*) batas kritis hara ditentukan pada tingkat kecukupan (*sufficiency level*) 90, 95, 99 dan 100 persen. Kriteria yang digunakan dalam pemilihan model terbaik adalah *Akaike Information Criterion (AIC)*.

3. Hasil dan Pembahasan

Data percobaan pemupukan fosfor padi sawah multilokasi terdiri dari 41 unit percobaan. Sebanyak 19 percobaan dilakukan masing-masing di pulau Jawa dan Sumatera, sedangkan di Pulau Lombok sebanyak 3 lokasi percobaan (Tabel 1).

Berdasarkan kriteria penilaian sifat kimia tanah (Pusat Penelitian Tanah, 1983) sebanyak 1 lokasi percobaan berkadar P sangat rendah (<10 mg P₂O₅/100g), 6 lokasi berkadar P rendah (10-20 mg P₂O₅/100g), 12 lokasi berkadar P sedang (21-40 mg P₂O₅/100g), 4 lokasi percobaan berkadar P tinggi (41-60 mg P₂O₅/100g), dan 18 lokasi percobaan berkadar P sangat tinggi (> 60 mg P₂O₅/100g) (Tabel 1).

Tabel 1. Lokasi Percobaan dan Kandungan P-total (HCl 25%)

No.	Lokasi	P-total (HCl 25%) (mg P ₂ O ₅ /100g)
	<u>Jawa</u>	
1.	Watusalam-Pekalongan	89
2.	Benda-Tangerang	39
3.	Pontang-Serang	20
4.	Lohbener-Indramayu	93

Tabel 1. (lanjutan)

No.	Lokasi	P-total (HCl 25%) (mg P ₂ O ₅ /100g)
5.	Cilamaya-Karawang	72
6.	Balen-Bojonegoro	132
7.	Sumbang-Purwokerto	127
8.	Sirnagalih-Cianjur	104
9.	Pusakanegara-Subang	63
10.	Plumbon-Cirebon	81
11.	Sumbersono-Mojokerto	28
12.	Mojorayung-Madiun	23
13.	Maron-Probolinggo	51
14.	Ketintang-Grobogan	86
15.	Slawi-Tegal	34
16.	Kemiri-Karawang	72
17.	Kepanjen-Malang	30
18.	Gurah-Kediri	56
19.	Gentasari-Cilacap	47
	<u>Sumatera</u>	
20.	Kampungdalam-Pariaman	17
21.	Sungaitarab-Tanahdatar	52
22.	Kubung-Solok	77
23.	Sungaisarik-Pariaman	35
24.	Batangkapas-Pesisir selatan	25
25.	Balaiselasa-Pesisir selatan	35
26.	Tilatangkamang-Agam	62
27.	Harau-50 koto	22
28.	Triyoso-Oku	10
29.	P1 karangagung-Muba	33
30.	Tanjungsari-Oku	12
31.	Pemetungbesuki-Oku	15
32.	P2 karangagung-Muba	11
33.	Sidoardjo-Mura	159
34.	Karyadadi-Mura	77
35.	Wonokerto-Mura	163
36.	Sumbersuro-Belitung	29
37.	Tegalrejo-Belitung	30
38.	Telangjaya-Belitung	9
	<u>Lombok</u>	
39.	Sakra-Lotim	82
40.	Jonggat-Loteng	105
41.	Masbagik-Lotim	201

Percobaan pemupukan P di pulau Jawa menggunakan dosis pupuk P dengan taraf P0 (0 kg TSP/ha), P1 (25% rekomendasi), P2 (50% rekomendasi), P3 (75% rekomendasi), dan P4 (100% rekomendasi). Dosis pupuk P rekomendasi berbeda antara satu lokasi dengan lokasi lainnya. Percobaan pemupukan P di pulau Sumatera umumnya menggunakan dosis pupuk P dengan taraf 0, 50, 100, 150 dan 200 kg TSP/ha. Adapun percobaan pemupukan P di pulau Lombok dan beberapa lokasi di pulau Sumatera menggunakan dosis pupuk P dengan taraf 0, 50, 100, dan 150 kg TSP/ha.

Hasil analisis ragam pemupukan P padi sawah pada masing-masing lokasi dapat dilihat pada Tabel 2. Perlakuan pemupukan fosfor berpengaruh nyata pada hasil gabah padi pada 5 dari 41 lokasi percobaan. Hal ini nampaknya berhubungan dengan kandungan P tanah lokasi umumnya sedang sampai sangat tinggi.

Tabel 2. Pengaruh Pemupukan P pada Hasil Gabah Padi pada 41 Lokasi.

Lokasi	Hasil gabah (ku/ha) dengan perlakuan dosis pupuk P					KK
	P0	P1	P2	P3	P5	
1.	55.50	57.99	51.95	56.77	53.92	4.11
2.	77.95	76.84	71.29	76	75.24	7.02
3.	55.11	54.95	56.77	53.62	58.38	8.20
4.	64.17	66.75	66.75	68.51	68.38	1.13*
5.	56.30	56.54	55.18	54.56	54.93	3.25
6.	50.28	54.56	55.46	55.9	53.3	8.69
7.	49.36	51.6	54.33	50.53	55.36	6.88
8.	68.33	65.83	68.57	70.48	72.61	8.42
9.	69.22	70.03	68.97	70.19	71.98	1.18*
10.	45.21	45.76	47.23	48.95	49.23	2.64*
11.	55.3	55.63	55.53	58.83	61.5	6.79
12.	40.6	47.53	43.56	41.16	49.6	7.37*
13.	34.6	35.3	35.73	38.9	34.56	5.49
14.	36.1	37.66	40.96	40.76	43.76	9.38
15.	57.3	57	52.63	53.36	52.56	9.53
16.	61.31	60.71	60.07	61.24	60.58	1.83
17.	47.86	49.86	47.53	44	52.06	11.75
18.	57.63	58.8	56.1	56.36	55.46	6.11
19.	63.89	64.03	63.40	68.81	69.68	5.67
20.	72.3	74.63	68.8	71.2	74.3	5.76
21.	65.19	53.27	70.06	48.69	58.3	9.20
22.	58.87	54.1	55.54	52.28	52.73	6.21
23.	58.06	59.97	60.26	59.85	60.45	11.37

Tabel 2. (lanjutan)

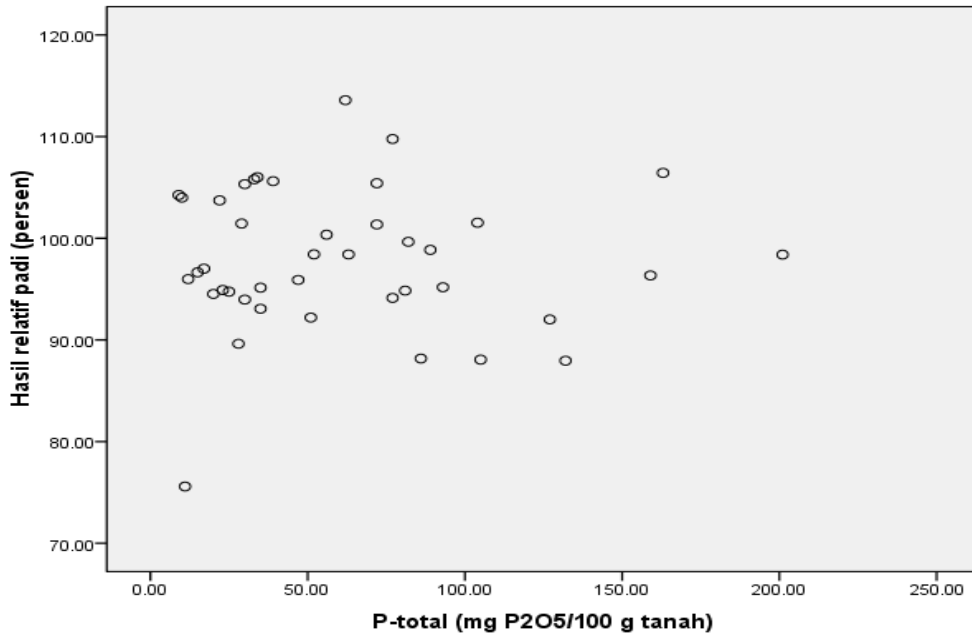
Lokasi	Hasil gabah (ku/ha) dengan perlakuan dosis pupuk P					KK _l
	P0	P1	P2	P3	P5	
24.	50.68	55.66	54.32	62.65	57.60	18.12
25.	50.43	55.72	50.81	58.58	57.11	10.94
26.	50.09	46.58	51.43	48.80	45.24	5.82
27.	61.76	62.78	61.27	63.33	57.82	7.07
28.	76.06	71.57	71.52	73.38	76.59	11.09
29.	36.13	37.31	25.99	32.49	41.69	10.85
30.	50.22	51.81	51.03	52.51	52.98	8.15
31.	61.57	61.51	65.87	63.99	61.13	4.57
32.	40.97	55.74	54.72	56.67	54.66	18.34
33.	58.27	62.16	61.51	59.71	62.55	2.71
34.	58.39	60.95	59.45	61.98	64.77	14.37
35.	68.34	60.32	61.12	60.16	63.02	9.45*
36.	52.97	53.02	53.17	55.78	-	4.96
37.	40.21	38.87	41.41	38.96	-	8.43
38.	45.6	41.17	48.45	44.04	-	15.09
39.	57.4	57.46	56.4	54.36	-	4.61
40.	52.8	57.36	59.26	54.46	-	7.18
41.	60	62.66	65	61	-	7.66

* nyata pada taraf $\alpha=5$ persen

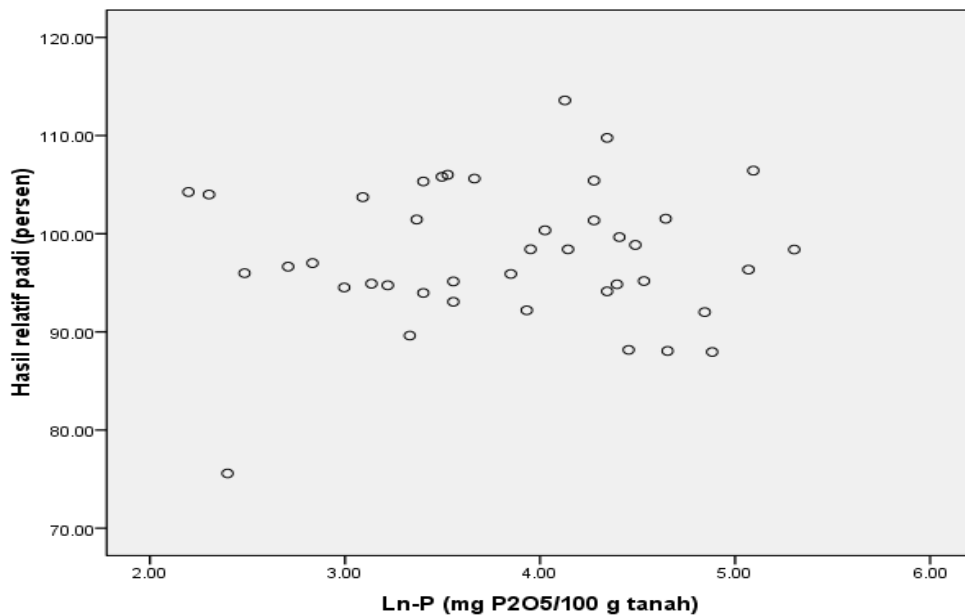
lKK= koefisien keragaman

Korelasi linear hasil relatif tanaman dengan P-total (HCl 25%) sebesar - 0.010 (nilai-P=0.948), sedangkan korelasi linear hasil relatif tanaman dengan ln-P-total sebesar 0.044 (nilai-P=0.783) (Gambar 1 dan 2). Hal ini menunjukkan bahwa hasil tanaman padi tidak nyata berkorelasi linear dengan penambahan kandungan P-total tanah.

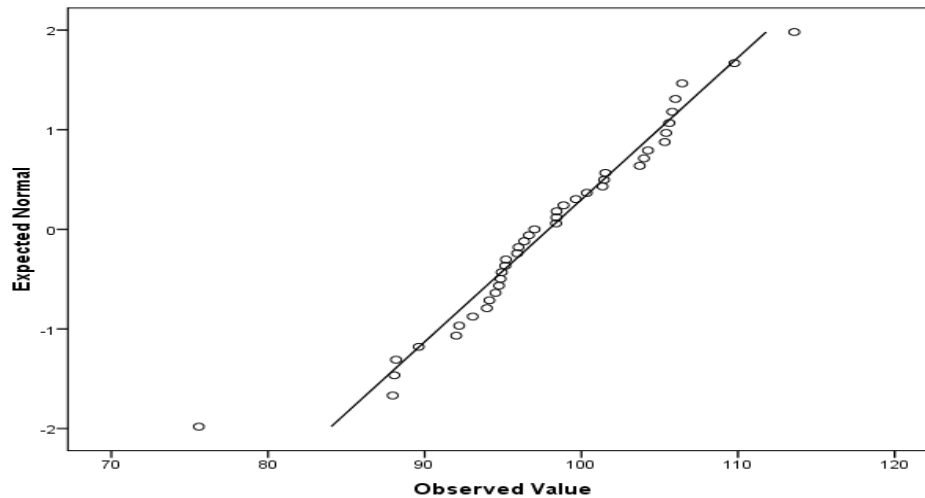
Pemeriksaan kenormalan data menunjukkan bahwa data menyebar normal. Nilai statistik Kolmogorov-Smirnov sebesar 0.092 dengan nilai-P=0.200. Plot peluang normal menunjukkan pola garis lurus (Gambar 3).



Gambar 1. Diagram Pencar Hasil Relatif Padi dengan Kandungan P-Total Tanah



Gambar 2. Diagram Pencar Hasil Relatif Padi dengan Transformasi ln-P Total.



Gambar 3. Plot Peluang Normal Hasil Relatif Padi

Hasil penyesuaian data dengan model Mitscherlich dan akar kuadrat (*Reciprocal*) dapat dilihat pada Tabel 3. Penyesuaian model Mitscherlich dan akar kuadrat (*Reciprocal*) menggunakan peubah asli X dan transformasi logaritma X ($\ln X$) (Pukhovskiy, 2013). Nilai AIC model Mitscherlich dan akar kuadrat (*Reciprocal*) 1 dan 2 dengan peubah $\ln X$ tidak jauh berbeda dengan model Mitscherlich dan akar kuadrat (*Reciprocal*) dengan peubah X. Nilai AIC model secara berurutan adalah model *Reciprocal_1* (X) = *Reciprocal_1* ($\ln X$) < *Reciprocal_2* (X) < *Reciprocal_2* ($\ln X$) < Mitscherlich ($\ln X$) < Mitscherlich (X). Parameter intersep (α) pada model model *Reciprocal_1* (X), *Reciprocal_1* ($\ln X$), *Reciprocal_2* (X), *Reciprocal_2* ($\ln X$) dan Mitscherlich (X) nyata (nilai-P < 0.05), sedangkan pada model Mitscherlich ($\ln X$) tidak nyata (nilai-P > 0.05). Adapun parameter β dan γ dari semua model tidak nyata (nilai-P > 0.05).

Tabel 3. Model Statistika Bagi Penentuan Batas Kritis P HCl 25%

Model	α	β	γ	AIC
Mitscherlich (X)	96.79 (0.0298)	1.19 (0.9784)	-0.001 (0.9756)	283.0
<i>Reciprocal_1</i> (X)	98.59 (<0.0001)	-22.73 (0.5812)	-	280.7
<i>Reciprocal_2</i> (X)	100.80 (<0.0001)	-50.28 (0.3912)	-0.02 (0.5094)	282.2
Mitscherlich ($\ln X$)	76.51 (0.8357)	20.05 (0.9564)	0.02 (0.9526)	282.9
<i>Reciprocal_1</i> ($\ln X$)	99.97 (<0.0001)	-7.49 (0.6466)	-	280.7
<i>Reciprocal_2</i> ($\ln X$)	125.77 (0.0023)	-50.35 (0.4495)	-3.66 (0.5064)	282.3

*) Angka dalam kurung menunjukkan nilai $P > |t|$

Batas kritis hara fosfor pada padi sawah dengan menggunakan model persamaan di atas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Batas Kritis Hara Fosfor menggunakan Model Mitscherlich dan Akar Kuadrat (*Reciprocal*) .

Model	Tingkat kecukupan	Batas kritis hara P (mg P ₂ O ₅ /100g)
Mitscherlich (X)	100	-
Mitscherlich (X)	99	-
Mitscherlich (X)	95	-
Mitscherlich (X)	90	-
<i>Reciprocal</i> ₁ (X)	100	-
<i>Reciprocal</i> ₁ (X)	99	-
<i>Reciprocal</i> ₁ (X)	95	6.33
<i>Reciprocal</i> ₁ (X)	90	2.65
<i>Reciprocal</i> ₂ (X)	100	-
<i>Reciprocal</i> ₂ (X)	99	-
<i>Reciprocal</i> ₂ (X)	95	8.94
<i>Reciprocal</i> ₂ (X)	90	4.69
Mitscherlich (lnX)	100	2744.30
Mitscherlich (lnX)	99	311.71
Mitscherlich (lnX)	95	-
Mitscherlich (lnX)	90	-
<i>Reciprocal</i> ₁ (lnX)	100	-
<i>Reciprocal</i> ₁ (lnX)	99	2256.68
<i>Reciprocal</i> ₁ (lnX)	95	4.51
<i>Reciprocal</i> ₁ (lnX)	90	2.12
<i>Reciprocal</i> ₂ (lnX)	100	-
<i>Reciprocal</i> ₂ (lnX)	99	-
<i>Reciprocal</i> ₂ (lnX)	95	9.26
<i>Reciprocal</i> ₂ (lnX)	90	5.50

Metode penentuan batas kritis dan persentase kecukupan berpengaruh terhadap nilai batas kritis hara fosfor. Pada persentase kecukupan tertentu, batas kritis hara fosfor tidak dapat ditentukan oleh model-model persamaan Mitscherlich dan *Reciprocal*. Pada persentase kecukupan 100 persen, batas kritis hara fosfor dapat ditentukan oleh model Mitscherlich (lnX), tetapi nilainya cukup besar yaitu 2744.30 mg P₂O₅/100g.

Pada tingkat kecukupan 99 persen, batas kritis hara fosfor dapat ditentukan oleh model Mitscherlich (lnX) dan *Reciprocal*₁ (lnX) tetapi nilainya juga cukup besar (311.71 dan 2256.68 mg P₂O₅/100g). Adapun pada tingkat kecukupan 95 dan 90 persen, batas kritis hara fosfor dapat ditentukan oleh model-model *Reciprocal*₁ dan 2

(X dan $\ln X$). Nilai batas kritis hara fosfor dihasilkan dari *Reciprocal_2* lebih besar dari *Reciprocal_1*. Dengan demikian mengingat kondisi lahan sawah yang umumnya berkadar P tinggi, maka model terbaik bagi penentuan batas kritis hara fosfor adalah model *Reciprocal_1* pada tingkat kecukupan 90 atau 95 persen.

4. Kesimpulan

Jika model penyuaian digunakan bagi penentuan batas kritis hara fosfor, maka model terbaik adalah model *Reciprocal_1* pada tingkat kecukupan 90 atau 95 persen.

DAFTAR PUSTAKA

- Belanger G., J. R. Walsh, J. E. Richards, P. H. Milburn, and N. Ziadi. 2000. Comparison of Three Statistical Models Describing Potato Yield Response to Nitrogen Fertilizer. *Agron. J.* 92:902-908.
- Cate, R. B. Jr., and L. A. Nelson. 1971. A Simple Statistical Procedure for Partitioning Soil Test Correlation Data into Two Classes. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 35:658-660.
- Cerrato, M. E. and A. M. Blackmer. 1990. Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agron. J.* 82:138-143.
- Colwell, J. D. 1994. *Estimating Fertilizer Requirements : A Quantitative Approach.* CAB International.
- Mallarino, A. P., and A. M. Blackmer. 1992. Comparison of Methods for Determining Critical Phosphorus Concentrations of Soil Test for Corn. *Agron. J.* 84: 850-856.
- Moersidi S., J. Prawirasumantri, W. Hartatik, A. Pramudia, dan M. Sudjadi. 1990. Evaluasi kedua keperluan fosfat pada lahan sawah intensifikasi di Jawa. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Nelson, L. A., and R. L. Anderson. 1977. Partitioning of Soil Test-Crop Response Probability. *In Soil Testing : Correlating and Interpreting the Analytical Results.* ASA Special Publication Number 29, pp. 19-38.
- Pukhovskiy, A. V. 2013. Ability of Mitscherlich-Spillman model to estimate critical soil phosphate levels. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* 2(2) : 45-51.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. *Klasifikasi Kesesuaian Lahan.*

- Puslitanak. 1992. Status kalium dan peningkatan efisiensi pemupukan KCl pada tanah sawah di Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur. Badan Litbang Pertanian.
- Puslitanak. 1993. Penelitian status P dan K serta respon padi terhadap penggunaan pupuk P dan K. Badan Litbang Pertanian.
- Puslittanak. 1994. Penelitian Identifikasi Parameter Kebutuhan Pupuk P dan K Lahan Sawah Intensifikasi di Sumatera Barat dan Sumatera Selatan. Laporan Hasil Penelitian. Bogor.
- Rochayati S. Dan J. S. Adiningsih. 2002. Pembinaan dan pengembangan program uji tanah untuk hara P dan K pada lahan sawah. Puslittannak. Badan Litbang Pertanian.
- Setyorini D, Adiningsih JS, Rochayati S. 2003. Uji Tanah Sebagai Dasar Penyusunan Rekomendasi Pemupukan. Seri Monograf 2: *Sumber Daya Tanah Indonesia*. Bogor: Balai Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian.
- Ware G. O., K. Ohki, and L. C. Moon. 1982. The Mitscherlich Plant Growth Model for Determining Critical Nutrient Deficiency Levels. *Agron. J.* 74:88-91.