

**PENENTUAN DOSIS PUPUK NITROGEN, FOSFOR, DAN KALIUM OPTIMUM UNTUK
PADI SAWAH VARIETAS BIOEMAS AGRITAN**

**DETERMINATION OF OPTIMUM NITROGEN, PHOSPHOR, AND POTASSIUM FERTILIZER
DOSAGE FOR LOWLAND RICE BIOEMAS AGRITAN VARIETY**

Yati Astuti^{1,3}, Iskandar Lubis^{2*}, Ahmad Junaedi²

¹ Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Departemen Agronomi dan Hortikultura,
Institut Pertanian Bogor

² Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

³ Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian Banten
Jl. Raya Ciptayasa Km. 01, Ciruas, Serang 42182, Banten

Korespondensi: iskandarlbs@apps.ipb.ac.id

Diterima: 08 Januari 2023 / Disetujui: 12 April 2023

ABSTRAK

Kebutuhan pupuk setiap varietas padi berbeda antara varietas satu dengan varietas lainnya. Penelitian dosis optimum pemupukan pada varietas unggul baru diperlukan untuk mendapatkan pertumbuhan dan hasil yang optimum. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis optimum pupuk N, P, K untuk pertumbuhan dan produktivitas padi sawah varietas Bioemas Agritan. Penelitian dilaksanakan di BPTP Banten, pada bulan Februari 2022 sampai dengan Juni 2022 pada tanah dengan kondisi C-organik dan N total sangat rendah. Penelitian terdiri atas tiga percobaan paralel yaitu percobaan pemupukan N, P, K menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak faktor tunggal yang diulang sebanyak tiga kali. Dosis pupuk terdiri atas lima taraf yaitu 0, 50, 100, 150, dan 200 % dari dosis acuan. Penentuan dosis optimum berdasarkan nilai maksimum dari persamaan kuadratik hasil relatif. Dosis pupuk optimum untuk padi sawah varietas Bioemas Agritan adalah 140,93% dari dosis acuan atau setara dengan 422,79 kg ha⁻¹ urea, sedangkan dosis optimum pupuk P₂O₅ dan K₂O tidak dapat ditentukan.

Kata kunci: Padi, Pemupukan, Optimum

ABSTRACT

Fertilizer requirements for each rice variety are different from other varieties. Research on the optimum dosage of fertilization on new superior varieties is needed to obtain optimum growth and yield. This study aims to determine the optimum dosage of N, P, and K fertilizer for the growth and productivity of lowland rice of the Bioemas Agritan variety. The research was conducted at Banten Assessment Institute for Agricultural Technology, from February 2022 to June 2022 on soils with very low C-organic and total N conditions. The study consisted of three parallel experiments, namely the N, and P, K fertilization experiment using a single factor randomized complete block design which was repeated three times. Fertilizer dosages consist

of five levels, namely 0, 50, 100, 150, and 200% of the reference dosage. Determination of the optimum dosage based on the maximum value of the relative yield quadratic equation. The optimum fertilizer dosage for the lowland rice variety Bioemas Agritan is 140,93% of the reference dosage or equivalent to 422,79 kg ha⁻¹ urea, while the optimum dosage of P₂O₅ and K₂O fertilizer cannot be determined.

Keywords: Fertilization, Optimum, Rice

PENDAHULUAN

Peningkatan produksi padi merupakan salah satu strategi dasar dalam upaya pencapaian ketahanan pangan nasional. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi padi adalah penggunaan varietas unggul dan pemupukan berimbang. Varietas Bioemas Agritan merupakan varietas unggul yang dilepas menurut keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia SK nomor 171/HK 540/C/09/2021. Varietas Bioemas Agritan memiliki keunggulan moderat toleran terhadap kekeringan, dapat ditanam pada lahan sawah irigasi maupun lahan sawah tadah hujan, berdaya hasil tinggi dengan potensi hasil 10,09 t ha⁻¹ gabah kering giling (GKG), dan rata-rata hasil 8,50 t ha⁻¹ GKG. Varietas Bioemas Agritan memiliki keunggulan lain yaitu agak tahan terhadap wereng batang coklat biotipe 1, biotipe 2, dan biotipe 3. Selain itu, varietas ini memiliki ketahanan terhadap penyakit hawar daun bakteri dan blast (Kementan, 2021).

Efisiensi pemupukan merupakan salah satu komponen penting yang menjadi salah satu tantangan dalam upaya peningkatan produksi padi (Naher *et al.*, 2011; Lu *et al.*, 2017). Tanaman padi membutuhkan unsur hara makro terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang ketersediaannya di dalam tanah umumnya tidak mencukupi bagi pertanaman intensif dengan hasil tinggi, sehingga dipenuhi dari pemakaian pupuk

anorganik (Jamil *et al.*, 2014). Dosis optimum N, P, dan K sangat penting dalam mencapai produksi padi yang optimum (Li *et al.*, 2015).

Penelitian optimasi pemupukan N, P, dan K pada padi telah dilakukan di Indonesia. Hasil penelitian Adi *et al.* (2019) menunjukkan bahwa tingkat optimum N dan P₂O₅ adalah 107,09 kg ha⁻¹ N dan 63,3 kg ha⁻¹ P₂O₅, sedangkan takaran pupuk K₂O optimal varietas IPB 9G tidak dapat ditentukan. Lebih lanjut Arrasyid *et al.* (2020) melaporkan bahwa rekomendasi dosis pupuk optimum padi gogo Mayas adalah 120,60 kg ha⁻¹ N, 32,67 kg ha⁻¹ P₂O₅, dan 46,28 kg ha⁻¹ K₂O. Anjuran pemupukan padi sawah selama ini dinilai kurang efisien karena kondisi kesuburan antar wilayah sangat beragam. Penelitian untuk menentukan dosis optimum pupuk N, P, dan K untuk varietas baru yaitu varietas Bioemas Agritan perlu dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan dosis pupuk N, P, dan K optimum untuk pertumbuhan dan produktivitas padi sawah varietas Bioemas Agritan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2022 sampai dengan Juli 2022 di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Banten. Analisis tanah dan kadar hara tanaman dilaksanakan di Laboratorium Penguji Balai Penelitian Tanah. Bahan yang

digunakan adalah benih varietas Bioemas Agritan, pupuk kotoran sapi (N 1,94%; P₂O₅ 1,47%; K₂O 4,28% atas dasar berat kering), pupuk urea (46% N), SP36 (36% P₂O₅), dan KCl (60% K₂O).

Penelitian terdiri atas tiga percobaan paralel yaitu percobaan pemupukan N, P, dan K. Penelitian menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak terdiri atas satu faktor yaitu dosis pupuk anorganik dengan lima taraf yaitu 0, 50, 100, 150, dan 200 % dari dosis acuan dan diulang tiga kali. Dosis acuan yang digunakan adalah dosis rekomendasi pupuk tunggal untuk tanaman padi di lahan sawah di Kecamatan Ciruas, Kabupaten Serang, Banten yaitu urea 300 kg ha⁻¹ (138 kg N), SP36 75 kg ha⁻¹ (27 kg P₂O₅), dan KCl 100 kg ha⁻¹ (60 kg K₂O) (Husnain *et al.*, 2020). Percobaan dilakukan pada lokasi yang sama dan berdampingan untuk setiap seri percobaan. Tiap seri percobaan terdiri dari 15 unit percobaan dan masing-masing unit percobaan berukuran 4 m x 5 m. Jumlah unit percobaan dari 3 seri percobaan adalah 45 unit percobaan.

Pengolahan lahan dilakukan dua kali (5 dan 1 minggu sebelum tanam). Pupuk organik dengan dosis 1 t ha⁻¹ diaplikasikan satu minggu sebelum tanam. Pupuk anorganik urea, SP36, dan KCl diaplikasikan dengan cara disebar secara merata pada setiap petakan sesuai dengan perlakuan pada kondisi tanah macak-macak. Pupuk urea sesuai perlakuan diaplikasikan tiga kali masing-masing ⅓ dosis pada 7, 25, dan 42 hari setelah tanam (HST). Pupuk SP36 sesuai perlakuan diaplikasikan seluruhnya pada 7 HST. Pupuk KCl sesuai perlakuan diaplikasikan dua kali masing-masing ⅓ dosis pada 7 dan 42 HST. Bibit berumur 21 hari setelah semai dipindah tanam sebanyak 2–3 benih per lubang tanam dengan kedalaman 3–5 cm, jarak tanam 25 cm x 25 cm dengan

sistem tanam tegel. Pemeliharaan tanaman terdiri atas penyulaman, pengairan, penyiangan gulma, dan pengendalian hama penyakit. Pemanenan dilakukan saat tanaman telah memasuki fase masak fisiologis yang ditandai dengan 90–95% bulir padi telah menguning.

Analisis hara tanah dilakukan dua kali yaitu pada awal dan akhir penelitian. Pengamatan meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah anakan (batang), nilai *Soil-Plant Analysis Development (SPAD) chlorophyll meter*, kadar hara N, P, K daun (%), serapan hara N, P, K (g rumpun⁻¹), jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai (butir), persentase gabah isi (%), bobot 1.000 butir (g), bobot gabah per hektar (t ha⁻¹), dan efisiensi penggunaan pupuk (kg gabah kg⁻¹ N, P, K suplai) (Peng *et al.*, 2006; Haefele *et al.*, 2008). Data dianalisis dengan sidik ragam pada taraf nyata 5% untuk mengetahui pengaruh nyata dari perlakuan menggunakan aplikasi *Statistical Tool for Agricultural Research (STAR)*. Apabila terdapat pengaruh nyata, selanjutnya dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test (DMRT)* pada taraf 5% (Kasno & Rostaman, 2017) dan uji polinomial orthogonal untuk mengetahui pola respon dari peubah yang diamati. Penentuan dosis pupuk optimum dihitung menggunakan rumus turunan pertama dari persamaan regresi kuadratik hasil relatif yaitu $dy/dx = 2ax + b = -b/2a$ (Watkins *et al.*, 2010; Lestari *et al.*, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi umum

Data iklim dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Meteorologi Maritim Serang menunjukkan rata-rata suhu bulanan dari Februari sampai dengan Juni 2022 adalah 26,7 sampai

dengan 27,9; kelembaban relatif bulanan antara 79,3 sampai dengan 83,0%. Curah hujan bulanan antara 114,6 sampai dengan 287,5 mm. Hasil analisis tanah sebelum tanam menunjukkan tanah memiliki tekstur antara liat berpasir dan lempung liat berpasir dengan pasir 54%, debu 11%, liat 35% dan bersifat netral (pH H₂O 6,7). pH 6-7 memungkinkan unsur hara diserap oleh tanaman (Firnia, 2018). Tanah memiliki kandungan C organik sangat rendah (0,8%), N total sangat rendah (0,10%), C/N rasio rendah (8), P₂O₅ tersedia sangat tinggi (35,8 ppm), K₂O tersedia tinggi (43 ppm), kapasitas tukar kation (KTK) rendah (10,82), dan kejenuhan basa sangat tinggi (93%).

Kandungan bahan organik yang rendah dapat menyebabkan respon tanaman terhadap pemupukan juga rendah. Kandungan N total yang sangat rendah menyebabkan tanaman padi sangat respon terhadap pemupukan N (Kasno & Rostaman, 2017). Lahan sawah dengan kandungan C organik <2% termasuk kategori tanah sakit (Adviany & Maulana, 2019). Tanah dengan C-organik rendah menyebabkan KTK rendah dan dinilai memiliki kesuburan tanah yang rendah karena tidak mampu menyerap, menyimpan, dan menyediakan unsur hara yang cukup banyak bagi tanaman (Syamsiyah & Wicaksono, 2023). Hasil analisis tanah akhir menunjukkan kadar hara N tanah bervariasi antara sangat rendah dan rendah (0,09–0,11%). Pada semua perlakuan status kandungan hara P tanah akhir sangat tinggi (86,33–163,70 ppm), dan status hara K tanah akhir sangat tinggi (268,87–626,00 ppm).

Tinggi tanaman, jumlah anakan, nilai SPAD dan laju pertumbuhan tanaman

Peningkatan dosis pupuk N hingga 200% dosis acuan meningkatkan tinggi tanaman, nilai SPAD pada fase primordia dan fase 50% berbunga, dan laju pertumbuhan tanaman dari fase 50% berbunga ke fase panen dengan peningkatan berturut-turut sebesar 15,03%; 34,75%; 27,06% dan 30,98%, serta menghasilkan nilai tertinggi walaupun nilai peubah tinggi tanaman tidak berbeda nyata dengan dosis N 100% dan N 150% serta nilai SPAD pada fase 50% berbunga tidak berbeda dengan dosis N 150% (Tabel 1). Peningkatan pupuk N hingga 150% dosis acuan meningkatkan jumlah anakan sebesar 63,40% walaupun tidak berbeda dengan perlakuan N 200%. Respon tinggi tanaman, jumlah anakan, nilai SPAD daun pada fase primordia dan 50% berbunga serta laju pertumbuhan tanaman terhadap dosis N adalah linier yang berarti semakin meningkat dosis pemupukan N maka semakin meningkat pula nilai peubah, dan sebaliknya. Hasil penelitian sejalan dengan Suwanto *et al.* (2021) bahwa tinggi tanaman dan jumlah anakan meningkat seiring dengan penambahan dosis N. Nitrogen terlibat dalam pembelahan sel dan pemanjangan ruas yang menyebabkan peningkatan tinggi tanaman (Zhang *et al.*, 2020). Rea *et al.* (2019) menyatakan peningkatan dosis N meningkatkan pertumbuhan tanaman, yang dapat dikaitkan dengan efek stimulasi N pada banyak proses fisiologis seperti pembelahan sel dan pemanjangan sel. Kecukupan N kemungkinan besar mendukung aktivitas seluler di seluruh pembentukan dan perkembangan malai yang menyebabkan peningkatan jumlah anakan.

Tabel 1. Tinggi tanaman, jumlah anakan, nilai SPAD dan laju pertumbuhan tanaman (LPT) padi varietas Bioemas Agritan

Dosis pupuk (%)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan (batang)	Nilai SPAD		LPT (g cm ⁻² hari ⁻¹)
	8 MST	6 MST	Primordia	50% berbunga	50% berbunga-Panen
N0	92,86 c	16,20 d	33,09 d	35,00 d	8,20 b
N50	98,24 bc	19,47 cd	37,63 c	40,76 c	9,23 b
N100	103,62 ab	21,20 bc	40,80 b	42,09 bc	15,30 a
N150	104,18 a	26,47 a	41,89 b	42,47 a	16,13 a
N200	106,82 a	24,20 ab	44,59 a	44,47 a	18,94 a
Pola respon ^t	L**	L**	L**	L**	L**
P0	104,67	22,53	40,56	44,40	11,18
P50	99,79	20,07	40,63	43,48	17,59
P100	98,46	23,93	42,16	43,50	22,14
P150	100,42	23,87	41,41	44,49	22,15
P200	98,52	24,73	42,35	43,55	18,63
Pola respon ^t	tn	tn	tn	tn	tn
K0	100,19	21,87	41,48	43,83	9,27
K50	99,23	21,20	39,75	43,71	10,03
K100	100,92	22,40	39,04	43,84	15,93
K150	104,91	21,80	41,98	43,36	14,92
K200	101,86	21,40	41,82	43,93	17,65
Pola respon ^t	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT taraf $\alpha=5\%$; t= uji polinomial ortogonal terhadap dosis pupuk; L: linier; tn: tidak berbeda nyata; *: taraf nyata 5%; ** taraf nyata 1%

Nilai SPAD meningkat seiring dengan peningkatan dosis N (Hou *et al.*, 2021). Gholizadeh *et al.* (2017) melaporkan bahwa nilai SPAD memiliki korelasi positif terhadap kandungan N daun, sementara menurut Yang *et al.* (2014) kandungan N daun berkorelasi kuat dengan kandungan klorofil. Semakin tinggi nilai SPAD berarti kandungan N daun dan klorofil semakin meningkat. Hal ini dikarenakan kandungan N yang lebih tinggi di daun berkontribusi untuk sintesis lebih banyak klorofil. Peningkatan N memiliki efek sangat besar terhadap produksi bahan kering (Schmierer *et al.*, 2021) dan mendorong pertumbuhan tanaman (Allou *et*

al., 2020) sehingga laju pertumbuhan tanaman meningkat seiring dengan peningkatan dosis N.

Perlakuan tanpa N menunjukkan nilai tinggi tanaman, jumlah anakan, nilai SPAD dan laju pertumbuhan terendah. Hal ini menunjukkan bahwa unsur N merupakan salah satu unsur hara yang menjadi pembatas utama untuk pertumbuhan padi (Gewaily *et al.*, 2018). Lebih lanjut Ma *et al.* (2022) melaporkan bahwa tinggi tanaman, jumlah anakan dan kandungan klorofil lebih rendah pada tanaman tanpa penambahan hara N dibandingkan perlakuan lainnya. Nilai SPAD pada perlakuan tanpa N pada fase

primordia dan 50% berbunga menunjukkan bahwa tanaman kekurangan hara nitrogen. Nilai kritis SPAD yang menunjukkan tanaman kekurangan hara adalah sebesar 35 (Doberman & Fairhurst, 2000).

Peningkatan dosis P₂O₅ dan K₂O 0–200% dari dosis acuan tidak mempengaruhi tinggi tanaman, jumlah anakan, nilai SPAD, dan laju pertumbuhan tanaman. Hal ini dikarenakan ketersediaan hara P₂O₅ yang sangat tinggi dan K₂O yang tinggi dalam tanah sebelum penelitian sudah mencukupi kebutuhan tanaman. Penambahan dosis P₂O₅ yang melebihi kebutuhan tanaman hanya menyebabkan peningkatan P₂O₅ dalam tanah dan tidak lagi berpengaruh pada pertumbuhan tanaman (Adi *et al.* 2019). Nilai SPAD pada tanaman padi dipengaruhi oleh kecukupan hara, terutama hara N (Hidayah *et al.*, 2019).

Kadar hara dan serapan hara daun

Peningkatan dosis pupuk N 0–200% dari dosis acuan berpengaruh nyata terhadap kadar hara N daun dan serapan hara N (Tabel 2). Peningkatan dosis N 200% dari dosis acuan meningkatkan kadar hara N dan serapan hara N sebesar 30,77% dan 231,58% dibandingkan perlakuan tanpa N serta menghasilkan nilai tertinggi meskipun tidak berbeda dengan perlakuan N 100% dan N 150%. Hasil penelitian ini sejalan dengan Arrasyid *et al.* (2019) bahwa penambahan dosis N 200% menghasilkan kadar hara N tertinggi. Kadar hara tanaman berbanding positif dengan serapan hara tanaman, semakin tinggi kadar hara maka semakin tinggi pula serapan hara tanaman (Chairunnisak *et al.*, 2018).

Tabel 2. Kadar hara dan serapan hara N, P, K daun padi sawah varietas Bioemas Agritan pada fase 50% berbunga

Dosis Pupuk (%)	Perlakuan N		Perlakuan P		Perlakuan K	
	Kadar N	Serapan N	Kadar P	Serapan P	Kadar K	Serapan K
0	2,73 b	0,19 b	0,28	0,03	1,54	0,19 b
50	2,63 b	0,26 b	0,25	0,03	1,61	0,21 b
100	3,37 a	0,59 a	0,29	0,04	1,73	0,25 ab
150	3,51 a	0,58 a	0,27	0,04	1,78	0,30 a
200	3,57 a	0,63 a	0,28	0,04	1,80	0,23 b
Pola respon ^t	L**	L**	tn	tn	tn	K*

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT taraf α=5%; t= uji polinomial ortogonal terhadap dosis pupuk; L: linier; tn: tidak berbeda nyata; *: taraf nyata 5%; ** taraf nyata 1%

Ketersediaan P₂O₅ yang sangat tinggi menyebabkan penambahan P₂O₅ sampai 200% tidak memberikan pengaruh terhadap kadar hara P dan serapan hara P. Nagumo *et al.* (2013) menyampaikan serapan P tanaman padi tidak respon terhadap input P pada tanah dengan P tersedia tinggi. Peningkatan dosis K₂O hingga 150% meningkatkan serapan hara K sebesar

57,89% dibandingkan perlakuan tanpa K₂O (Tabel 2). Respon serapan hara K terhadap dosis K₂O adalah kuadrat dengan persamaan nilai relatif $y = -0,0016x^2 + 0,4371x + 59,238$ dengan dosis optimum K₂O 136,59% dari dosis acuan. Ye *et al.* (2019) melaporkan bahwa serapan K meningkat dengan peningkatan dosis K₂O yang berarti penyerapan dan pemanfaatan K dipengaruhi

oleh tingkat pasokan K₂O. Kadar hara N, P, dan K daun padi varietas Bioemas Agritan berada di atas level kritis. Konsentrasi kritis hara N, P, dan K daun padi berturut-turut adalah 2,5%; 0,1%, dan 1,0% (Tahir *et al.*, 2019).

Komponen hasil dan efisiensi penggunaan pupuk padi varietas Bioemas Agritan

Peningkatan dosis N 200% dari acuan meningkatkan jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai, persentase gabah isi berturut-turut sebesar 58,97%; 30,14%; 8,03% dibandingkan dengan perlakuan tanpa N serta menghasilkan nilai tertinggi meskipun tidak berbeda dengan perlakuan N 100% dan N 150% (Tabel 3). Peningkatan dosis N 150% dari acuan meningkatkan hasil gabah per hektar sebesar 43,79% dibandingkan perlakuan tanpa N dan menghasilkan nilai tertinggi meskipun tidak berbeda dengan perlakuan N 50%, N 100%, dan N 200%. Jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai, persentase gabah isi, dan hasil gabah per hektar memiliki pola respon kuadratik terhadap dosis N dengan persamaan nilai relatif berturut-turut $y = -0,0013x^2 + 0,4306x + 62,522$; $y = 0,0031x^2 - 0,2789x + 83,682$; $y = -0,0002x^2 + 0,0723x + 92,883$; dan $y = -0,0015x^2 + 0,4228x + 69,203$ dengan dosis optimum N berturut-turut 165,62%; 44,98%; 180,75% dan 140,93% dari dosis acuan. Berdasarkan hubungan antar-variabel, ternyata hasil gabah per hektar ditentukan oleh komponen hasil dengan korelasi positif dengan komponen hasil jumlah malai ($r=0,8878$), persentase gabah isi ($r=0,7623$) dan jumlah gabah per malai ($r=0,6817$).

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Peng *et al.* (2021) bahwa jumlah malai efektif dan hasil gabah meningkat

dengan peningkatan dosis pupuk N. Hasil gabah dapat dikaitkan dengan peran N dalam meningkatkan komponen hasil gabah, yaitu jumlah malai per rumpun dan jumlah bulir isi per malai (Gewaily *et al.*, 2018) serta persentase gabah terisi penuh (Rajesh *et al.*, 2017). Lebih lanjut Mboyerwa *et al.* (2021) melaporkan bahwa peningkatan dosis pupuk N meningkatkan jumlah malai per rumpun dan hasil gabah. Rajesh *et al.* (2017) menyatakan hasil panen berhubungan dengan tingkat kehijauan daun, jumlah anakan dan jumlah malai. Jumlah anakan dan jumlah malai per rumpun serta nilai SPAD semakin meningkat dengan peningkatan N, sehingga hasil juga meningkat seiring peningkatan dosis N. Peningkatan komponen hasil berhubungan dengan asupan hara yang lebih baik, pertumbuhan tanaman, dan peningkatan serapan hara oleh tanaman (An *et al.*, 2018).

Peningkatan dosis P₂O₅ hingga 200% dari dosis acuan meningkatkan jumlah malai per rumpun sebesar 25,11% dibandingkan perlakuan tanpa P₂O₅ (Tabel 3). Jumlah malai per rumpun menunjukkan pola respon kuadratik terhadap dosis pemupukan P₂O₅ dengan persamaan nilai relatif $y = 0,0009x^2 - 0,0622x + 77,897$ dan dosis optimum pupuk P₂O₅ sebanyak 34,56% dari dosis acuan atau setara 25,92 kg SP36.

Jumlah malai per rumpun ($r=-0,0550$) tidak memiliki korelasi nyata terhadap hasil. Badawi *et al.* (2017) melaporkan bahwa peningkatan dosis P₂O₅ meningkatkan jumlah malai. Pemberian pupuk P₂O₅ tidak berpengaruh nyata dan tidak berkorelasi nyata terhadap hasil pada lahan sawah dengan status P tinggi, menunjukkan tanaman tidak respon terhadap pemupukan P₂O₅ (Ismon, 2016).

Tabel 3. Komponen hasil dan efisiensi penggunaan pupuk padi varietas Bioemas Agritan

Dosis pupuk (%)	Jumlah malai per rumpun	Jumlah gabah per malai	Persentase gabah terisi penuh (%)	Bobot 1.000 butir (g tan ⁻¹)	Hasil gabah per hektar (t ha ⁻¹)	Efisiensi penggunaan pupuk (kg gabah kg ⁻¹ N, P, K suplai)
N0	14,89 c	122,48 c	81,19 b	24,70	4,91 b	-
N50	18,44 b	142,40 b	84,77 ab	25,21	6,06 a	87,80
N100	23,56 a	146,44 b	86,14 a	25,71	6,88 a	49,87
N150	22,00 a	146,52 b	86,63 a	25,92	7,06 a	34,09
N200	23,67 a	159,40 b	87,71 a	26,58	6,73 a	24,81
Pola respon	K**	K**	K*	tn	K**	
P0	18,56 b	130,19	84,70	26,56	5,35	-
P50	16,56 b	137,52	86,84	25,85	5,45	403,61
P100	19,78 ab	134,85	88,02	26,96	5,60	207,59
P150	20,33 ab	134,22	87,73	26,82	5,51	136,02
P200	23,22 a	141,22	88,68	26,98	6,06	112,26
Pola respon	K*	tn	tn	tn	tn	
K0	18,11	116,30 c	88,37	25,41 b	5,76	-
K50	21,67	130,74 bc	86,70	25,93 ab	6,13	204,30
K100	20,11	131,85 bc	87,44	26,66 a	6,17	102,82
K150	21,00	143,37 ab	88,41	26,69 a	6,77	75,24
K200	22,67	152,26 a	85,32	26,45 a	7,08	59,02
Pola respon	tn	L**	tn	K*	tn	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT taraf $\alpha=5\%$; t= uji polinomial ortogonal terhadap dosis pupuk; K: kuadratik; L: linier; tn: tidak berbeda nyata; *: taraf nyata 5%; **: taraf nyata 1%.

Peningkatan dosis K₂O hingga 200% dari dosis acuan meningkatkan jumlah gabah per malai sebesar 30,92% dibandingkan perlakuan tanpa K₂O. Peningkatan dosis K₂O hingga 150% dari dosis acuan meningkatkan bobot 1.000 butir sebesar 5,04% dibandingkan tanpa penambahan pupuk K (Tabel 3). Respon jumlah gabah per malai terhadap dosis K₂O adalah linier, sedangkan respon bobot 1.000 butir terhadap dosis K₂O adalah kuadratik dengan persamaan nilai relatif $y = -0,0002x^2 + 0,0688x + 94,953$ dengan dosis pupuk optimum K₂O 172,00% dari dosis acuan atau setara 172,00 kg ha⁻¹ KCl. Riyani & Purnamawati (2019)

melaporkan bahwa pemupukan K₂O berpengaruh nyata terhadap panjang malai pada padi gogo. Kalium terlibat dalam transportasi fotosintat dari daun ke gabah dan metabolit tanaman lainnya sehingga meningkatkan kualitas gabah (Atapattu *et al.* 2018).

Peningkatan dosis K₂O tidak berpengaruh nyata terhadap hasil gabah (Tabel 3). Bobot 1.000 butir ($r=0,3074$) tidak memiliki korelasi nyata terhadap hasil gabah per hektar. Peningkatan dosis K₂O tidak memberikan pengaruh terhadap hasil gabah karena konsentrasi K yang tinggi dalam tanah (Kalala *et al.*, 2017). Tingkat kekritisian yang

ditetapkan untuk tidak ada respon terhadap pupuk K_2O apabila K berada di atas $0,2 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$ (Kalala *et al.*, 2016). Meskipun serapan K meningkat dengan peningkatan dosis K_2O , namun hasil tetap stabil yang menunjukkan fenomena konsumsi mewah K (Ye *et al.*, 2019).

Efisiensi penggunaan pupuk adalah peningkatan hasil untuk setiap kg pupuk yang diberikan, dihitung dari produksi padi yang dihasilkan dibagi dengan dosis pupuk yang diberikan. Efisiensi penggunaan pupuk tertinggi diperoleh pada perlakuan dosis pupuk 50% dari dosis acuan dan menurun seiring dengan peningkatan dosis pupuk. Efisiensi penggunaan pupuk N $87,80 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ artinya hasil gabah meningkat $87,80 \text{ kg}$ untuk tiap kg N yang ditambahkan. Nilai efisiensi penggunaan pupuk pada percobaan P dan percobaan K lebih besar dibandingkan pada percobaan N. Hal ini dikarenakan kandungan hara P yang sangat tinggi dan K yang tinggi sebelum percobaan sehingga efisiensi penggunaan pupuk lebih tinggi.

Semakin tinggi dosis pupuk efisiensi penggunaan semakin menurun. Liu *et al.* (2016) menyatakan pengurangan dosis meningkatkan efisiensi penggunaan pada padi. Hasil ini sejalan dengan Aleminew *et al.* (2020) bahwa efisiensi penggunaan hara tertinggi pada dosis rendah dan menurun dengan semakin meningkatnya dosis pupuk. Efisiensi penggunaan pupuk optimal untuk peningkatan hasil gabah antara $16,7\text{--}25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ pupuk (Witt *et al.*, 2007). Semakin banyak dosis pupuk yang diberikan, belum tentu semakin tinggi hasil gabah atau tingkat keuntungan yang didapatkan (Gani, 2009).

Hasil gabah ditentukan oleh faktor genetik, lingkungan, dan pengelolaan tanaman. Kondisi lingkungan dan pengelolaan yang berbeda akan memberikan hasil yang berbeda (Rahmad *et*

al., 2022). Hasil gabah pada penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan rata-rata hasil maupun potensi hasil. Hal ini disebabkan oleh rendahnya C-organik dan KTK sebelum penelitian. KTK berkorelasi positif dengan ketersediaan bahan organik dalam tanah, nilai KTK yang rendah disebabkan oleh kandungan C organik yang rendah (Rahma *et al.* 2014). Kemala *et al.* (2017) menyatakan C-organik berkorelasi positif terhadap hasil padi, semakin tinggi C-organik maka hasil padi semakin meningkat. C-organik yang sangat rendah mengakibatkan peningkatan dosis pupuk anorganik kurang efektif dan tidak berpengaruh signifikan terhadap kenaikan hasil (Adviany & Maulana, 2019). Ketersediaan N merupakan salah satu faktor pembatas utama dalam pertumbuhan padi sawah; hasil tanaman padi akan di bawah potensi genetiknya pada kondisi kandungan N tanah rendah (Kasno & Rostaman, 2017).

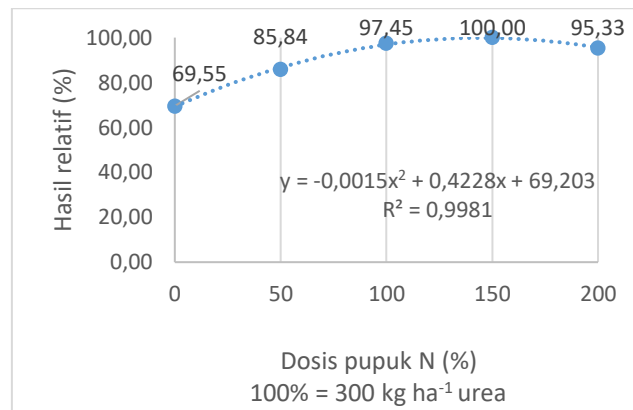
Penentuan dosis pupuk NPK optimum

Penentuan dosis N, P_2O_5 dan K_2O optimum tidak dapat ditentukan dengan membaca grafik hasil regresi secara bersamaan, karena tidak ada pola respon yang sama untuk suatu peubah yang sama pada setiap percobaan. Penentuan dosis optimum berdasarkan peubah hasil gabah yang memiliki respon kuadratik. Pada penelitian ini hanya hasil gabah per hektar pada percobaan N yang menghasilkan pola respon kuadratik. Peubah tersebut dihitung hasil relatifnya dengan cara membagi dengan nilai peubah tertinggi kemudian dibuat persamaan regresi untuk menentukan titik optimum pemupukan (Gambar 1).

Rekomendasi pupuk N optimum berdasarkan turunan pertama persamaan nilai relatif hasil gabah per hektar adalah

140,93% dari dosis acuan atau setara dengan 422,79 kg ha⁻¹ urea. Rekomendasi pupuk optimum P₂O₅ dan K₂O tidak dapat

ditentukan karena hasil gabah per hektar tidak berbeda nyata.



Grafik 1. Hasil relatif hasil gabah per hektar pada percobaan N

SIMPULAN

Rekomendasi pupuk N optimum untuk padi sawah varietas Bioemas Agritan pada lahan dengan kandungan C-organik dan N total sangat rendah berdasarkan hasil gabah per hektar yang memiliki pola respon kuadratik adalah 140,93% dari dosis acuan atau setara dengan 422,79 kg ha⁻¹ urea, sedangkan rekomendasi pupuk P₂O₅ dan K₂O tidak dapat ditentukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pertanian yang telah memberikan pendanaan untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, D.D., Lubis, I., Suwanto & Sugiyanta. (2019). Determination of the optimum rates for N, P, and K fertilizer for

upland rice variety "IPB 9G". *J. Trop. Crop Sci.*, 6(3), 164-173. <https://doi.org/10.29244/jtcs.6.03.164-173>

Adviany, I & Maulana, D.D. (2019). Pengaruh pupuk organik dan jarak tanam terhadap C-organik, populasi jamur tanah dan bobot kering akar serta hasil padi sawah pada Inceptisols Jatinangor, Sumedang. *AGROTECHNOLOGY RESEARCH JOURNAL*, 3(1), 28-35. doi:10.20961/agrotechresj.v3i1.30382

Aleminew, A., Alemayehu, G., Adgo, E., & Tadesse, T. (2020). Influence of nitrogen on the growth and use efficiency of rainfed lowland rice in Northwest Ethiopia. *Journal of Plant Nutrition*, 1-16. doi:10.1080/01904167.2020.1771574

Alou, I.N., van der Laan, M., Annandale, J.G., & Steyn, J.M. (2020). Water and nitrogen (N) use efficiency of upland

- rice (*Oryza sativa* L. × *Oryza glaberrima* Steud) under varying N application rates. *Nitrogen*, 1(2), 151-166. <https://doi.org/10.3390/nitrogen1020013>
- An, N., Wei, W., Qiao, L., Zhang, F., Christie, P., Jiang, R., Dobermann, A., Goulding, K., Fan, J., & Fan, M. (2018). Agronomic and environmental causes of yield and nitrogen use efficiency gaps in Chinese rice farming systems. *Eur J Agron.*, 93, 40–49. doi: 10.1016/j.eja.2017.11.001.
- Arrasyid, B., Lubis, I., Suwanto & Purnamawati, H. (2020). Penentuan dosis N, P, dan K optimum untuk padi gogo kultivar Mayas lokal Kalimantan. *J. Agron. Indones*, 48(1), 8-14. DOI: <https://dx.doi.org/10.24831/jai.v48i1.2921>
- Atapattu, A.J., Rohitha Prasantha, B.D., Amaratunga, K.S.P, & Marambe, B. (2018). Increased rate of potassium fertilizer at the time of heading enhances the quality of direct seeded rice. *Chem. Biol. Technol. Agric.*, 5(22), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40538-018-0136-x>
- Badawi, M.A., Seadh, S.E., Naeem, E.S.B., & El-Iraqi, A.S.E.I. (2017). Effect of phosphorus fertilizer levels on productivity and grains quality of some rice cultivars. *J. Plant Prod. Sci.*, 8, 411-415. <https://doi.org/10.21608/jpp.2017.39996>
- Chairunnisak, Sugiyanta & Santosa, E. (2018). Nitrogen use efficiency of local and national aromatic rice varieties in Indonesia. *J. Trop. Crop. Sci*, 5(3), 79-88. <https://doi.org/10.29244/jtcs.5.3.79-88>
- Doberman, A. & T.H. Fairhurst (2000). *Rice Nutrient Disorders and Nutrient Management*. Manila (PH): Potash and Phosphate Institute of Canada and International Rice Research Institute.
- Fageria, N.K., Moreira, A., Moraes, L.A.C. & Moraes, M.F. (2014). Nitrogen uptake and use efficiency in upland rice under two nitrogen sources. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 45(4), 461-469. DOI: 10.1080/00103624.2013.861907
- Firnia, D. 2018. Dinamika unsur fosfor pada tiap horison profil tanah masam. *Jur. Agroekotek*, 10(1), 45–52.
- Gani, A. (2009). Keunggulan pupuk majemuk NPK lambat urai untuk tanaman padi sawah. *J. Penelit. Pertan.*, 28, 148-157.
- Gewaily, E.E., Ghoneim, A.M., & Osman, M.M. (2018). Effects of nitrogen levels on growth, yield and nitrogen use efficiency of some newly released Egyptian rice genotypes. *Open Agric*, 2018, 310-318. <https://doi.org/10.1515/opag-2018-0034>
- Gholizadeh, A., Saberioon, M., Borůvka, L., Wayayok, A., & Mohd Soom, M. A. (2017). Leaf chlorophyll and nitrogen dynamics and their relationship to lowland rice yield for site-specific paddy management. *Information Processing in Agriculture*, 4(4), 259-268. doi:10.1016/j.inpa.2017.08.002
- Haefele, S.M., Jabbar, S.M.A, Siopongco, J.D.L.C, Tirol-Padre, A., Amarante, S.T., Sta Cruz, P.C., & Cosico, W.C. (2008). Nitrogen use efficiency in selected rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under different water regimes and nitrogen levels. *Field Crops Research.*, 107(2), 137–146. doi:10.1016/j.fcr.2008.01.007

- Hidayah, F., Santosa, S. & Putri, R.E. (2019). Model prediksi hasil panen berdasarkan pengukuran non destruktif nilai klorofil tanaman padi. *Agritech*, 39(4), 289-297. <https://doi.org/10.22146/agritech.34893>
- Hou, W., Shen, J., Xu, W., Khan, M.R., Wang, Y., Zhou, X., Gao, Q., Murtaza, B., & Zhang, Z. (2021). Recommended nitrogen rates and the verification of effects based on leaf SPAD readings of rice. *PeerJ*, 9, e12107. doi: 10.7717/peerj.12107.
- Husnain, L.R. Widowati, I. Las, M. Sarwani, S. Rochayati, D. Setyorini, W. Hartatik, I.B.M. Subiksa, I.W. Suastika, & L. Angria *et al.* 2020. Penetapan rekomendasi pupuk N, P, dan K spesifik lokasi untuk tanaman padi pada lahan sawah (per kecamatan) Provinsi Banten. F.F Agung, A.P. Saputra, & T.P. Wijaya (Eds.). *Rekomendasi Pupuk N, P dan K Spesifik Lokasi untuk Tanaman Padi, Jagung dan Kedelai pada Lahan Sawah (Per Kecamatan) Buku I: Padi*. pp. 130-139. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Ismon, L. (2016). Kajian pemupukan fosfor pada tiga tingkat status fosfor tanah terhadap tanaman padi sawah di Kabupaten Dharmasraya Sumatera Barat. *J. pengkaj. pengemb. teknol. pertan.*, 19(1), 71-84.
- Jamil, A., Abdulrachman, S., & Syam, M. (2014). Dinamika anjuran dosis pemupukan N, P, dan K pada padi sawah. *Iptek Tanaman Pangan*, 9(2), 63-77.
- Kalala, A.M., Amuri, N.A., & Semoka, J.M.R. (2017). Optimum levels of phosphorus and potassium for rice in lowland areas of Kilombero District, Tanzania. *Int. j. agric. for.*, 6(1), 26-33. doi:10.11648/j.aff.20170601.14
- Kalala, M. A., Amuri, N.A., & Semoka, J.M.R. (2016). Response of rice to phosphorus and potassium fertilization based on nutrient critical levels in plants and soils of Kilombero Valley. *J. Adv. Res.*, 7(5), 1-12. DOI: 10.9734/AIR/2016/26368
- Kasno, A. & Rostaman, T. (2017). Respons tanaman padi terhadap pemupukan N pada lahan sawah tadah hujan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 1(3), 201-210.
- Kemala, N., Supriadi & Sabrina, T. (2017). Pemetaan C-Organik di lahan sawah daerah irigasi Pantoan Kecamatan Siantar Kabupaten Simalungun. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 5(3), 729-739
- [Kementan] Kementerian Pertanian. (2021). Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 171/HK.540/C/09/2021 tentang Pelepasan Calon Varietas Padi Inprida DR2-46-1-1 sebagai Varietas Unggul dengan Nama Bioemas Agritan. Jakarta: Kementan.
- Lestari, S.A.D, Melati, M., & Purnamawati, H. (2015). Penentuan dosis optimum pemupukan N, P, dan K pada tanaman kacang bogor [*Vigna subterranea* (L.) *Verdcourt*]. *J. Agron. Indones.*, 43(3), 193-200. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i3.11244>
- Li, Y., Chen, Y., Wu, C.Y., Tang, X., & Ji, X.J. (2015). Determination of optimum nitrogen application rates in Zhejiang Province, China, based on rice yields and ecological security. *J. Integr. Agric.*, 4(12), 2426-2433. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61168-61

- Liu, X., Xu, S., Zhang, J., Ding, Y., Li, G., Wang, S., & Chen, L. (2016). Effect of continuous reduction of nitrogen application to a rice-wheat rotation system in the middle-lower Yangtze River region (2013–2015). *Field Crops Research.*, 196, 348-356. doi:10.1016/j.fcr.2016.07.003
- Lu, D.J., Li, C.Z., Sokolwski, E., Magen, H., Chen, X.Q., Wang, H.Y., & Zhou, J.M. (2017). Crop yield and soil available potassium changes as affected by potassium rate in rice–wheat systems. *Field Crops Res.*, 214, 38-44. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.08.025>
- Ma, J.Y., Chen, T.T., Lin, J., Fu, W.M, Feng, B.H., Li, G.Y., Li, H., Li, J.C., Wu, Z.H, Tao, L.X., & Fu, G.F. (2022). Functions of nitrogen, phosphorus, and potassium in energy status and their influences on rice growth and development. *Rice Science*, 29(2),166-178.<http://dx.doi.org/10.1016/j.rsci.2022.01.005>
- Mboyerwa, P. A., Kibret, K., Mtakwa, P.W., & Aschalew, A. (2021). Evaluation of growth, yield, and water productivity of paddy rice with water-saving irrigation and optimization of nitrogen fertilization. *Agronomy*, 11, 1629.doi:10.3390/agronomy11081629
- Nagumo, T., Tajima, S., Chikushi, S., & Yamashita, A. (2013). Phosphorus balance and soil phosphorus status in paddy rice fields with various fertilizer practices. *Plant Prod. Sci.*, 16(1), 69-76. <https://doi.org/10.1626/pps.16.69>
- Naher, U.A., Saleque, M.A., Panhwar, Q.A. Radziah, O., & Jusop, S. (2011). Techniques of efficient fertilizer management for wetland rice, a review. *Austr. J. Crop Sci.*, 5(12), 1661-1669. <http://psasir.upm.edu.my/id/eprint/23757>
- Peng, J., Feng, Y., Wang, X., Li, J., Xu, G., Phonenasay, S., Luo, Q., Han, Z., & Lu, W. (2021). Effects of nitrogen application rate on the photosynthetic pigment, leaf fluorescence characteristics, and yield of indica hybrid rice and their interrelations. *Sci. Rep.*, 11(1), 7485. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86858-z>
- Peng, S., Roland, J.B., Jianliang, H., Jianchang, Y., Yingbin, Z., Xuhua, Z., Guanghuo, W., & Fusuo, Z. (2006). Strategies for overcoming low agronomic nitrogen use efficiency in irrigated rice systems in China. *Crop Res.*, 96(1), 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.05.004>
- Rahma, S., Yusran, & Umar, H. (2014). Sifat kimia tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan di Desa Bobo Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. *Warta Rimba*, 2(1): 88–95. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/WartaRimba/issue/view/1967>
- Rahmad, D., Nurmiaty, Halid, E., Ridwan, A., & Baba, B. (2022). Karakterisasi pertumbuhan dan produksi beberapa varietas padi unggul. *Agroplanta*, 11(1), 37–45.
- Rajesh, K., Thatikunta, R., Naik, D.S., & Arunakumari, J. (2017). Effect of different nitrogen levels on morpho-physiological and yield parameters in rice (*Oryza sativa* L.). *Int J Curr Microbiol Appl Sci.*, 6(8), 2227-2240. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.608.262
- Rea, R., Islam, M., Rahman, M., & Mix, K. (2019). Study of nitrogen use efficiency and yield of rice influenced by deep placement of nitrogen

- fertilizers. *SAARC J. Agric.*, 17(1), 93–103.
<https://doi.org/10.3329/sja.v17i1.42764>.
- Riyani, R. & Purnamawati, H. (2019). Pengaruh metode pemupukan kalium terhadap pertumbuhan dan produktivitas padi gogo (*Oryza sativa* L.) varietas IPB 9G. *Bul Agrohort*, 7(3), 363-374. DOI: <https://doi.org/10.29244/agrob.v7i3.30473>
- Schmierer, M., Knopf, O., & Asch, F. (2021). Growth and photosynthesis responses of a super dwarf rice genotype to shade and nitrogen supply. *Rice Sci*, 28(2), 178-190. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsci.2021.01.007>
- Suwarto, Adi, D.D., Lubis, I., & Sugiyanta. (2021). Efisiensi penggunaan nitrogen pada padi gogo varietas IPB 9G. *J. Agron. Indones.*, 49(1), 23-28. <https://doi.org/10.24831/jai.v49i1.33626>
- Syamsiyah, K.N. & Wicaksono, K.S. (2023). Evaluasi retensi hara pada lahan padi di Kabupaten Pamekasan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 10(1), 175–184. doi:10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.20
- Tahir, R.M., A.M. Noor-us-Sabah, A.M., G. Sarwar, I. Rasool, & I.R. Norka. (2019). Smart nutrition management of rice crop under climate change environment. In Y. Jia (Eds). *Protecting Rice Grains in The Post-Genomic Era*. pp. 1-11. UK: *IntechOpen Limited*. DOI:<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.86094>
- Watkins, K.B., Hignight, J.A., Norman, R.J., Roberts, T.L., Slaton, N.A., Wilson Jr, C.E., & Frizzell, D.L. (2010). Comparison of economic optimum nitrogen rates for rice in Arkansas. *Agron. J.*, 102(4), 1099-1108. doi:10.2134/agronj2009.0497
- Witt, C., R.J. Buresh, S. Peng, V. Balasubramanian, & A. Dobermann. (2007). Nutrient management. In T.C. Fairhurst, C. Witt, & R. Buresh, A. Dobermann (Eds). *Rice: A Practical Guide to Nutrient Management*. pp. 1-45. Metro Manila, Philippines: International Rice Research Institute.
- Yang, H., Li, J., Yang, J., Wang, H., Zou, J., & He, J. (2014). Effects of Nitrogen Application Rate and Leaf Age on the Distribution Pattern of Leaf SPAD Readings in the Rice Canopy. *PLoS ONE*, 9(2), e88421. doi:10.1371/journal.pone.0088421
- Ye, T.H., Li, Y.W., Zhang, J.L., Hou, W.F., Zhou, W.F., Lu, J.W., Xing, Y.Z., & Li, X.K. (2019). Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization affects the flowering time of rice (*Oryza sativa* L.). *Glob Ecol.* 20(2019), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00753>
- Zhang, J., Tong, T., Potcho, P.M., Huang, S., Ma, L. & Tang, X. (2020). Nitrogen effects on yield, quality, and physiological characteristics of giant rice. *Agronomy*, 10, 1816. doi: 10.3390/agronomy10111816