

PEMUPUKAN N, P, DAN K SPESIFIK LOKASI PADA TANAMAN JAGUNG DI KABUPATEN GOWA SULAWESI SELATAN

Syafuruddin

Balai Penelitian Tanaman Serealia
Jl. Dr. Ratulangi No 274, Maros, Indonesia
Email: syaf.syafuruddin@gmail.com

Diterima: 20 Januari 2016; Perbaikan: 28 Maret 2016; Disetujui untuk Publikasi: 11 Juli 2016

ABSTRACT

Fertilizer Recommendation of N, P and K Site-Specific Location for Maize Cropping in Gowa District, South Sulawesi. Agroecosystem of maize cropping areas in Indonesia is very varied. Site-specific fertilization can improve efficiency and productivity, increase farmer's income and support sustainability of production system, environmental safety as well as saving energy resources. This research aimed to obtain fertilizer recommendation of N, P, and K for maize in specific location based on agro-ecosystem cropping areas. The research was carried out in Gowa district, South Sulawesi from March to September 2012. A survey method was used to collect data using questions in Nutrient Expert (NE) program forms. Average yield productivity of farmers' field, yield potential or highest yield, physical and chemical properties of soil, crop management, fertilizers application at each maize cropping area were grouped and simulated using NE program to determine fertilizer dosage. Dosage obtained through NE simulation program then was used to analyze Marginal Rate of Return (MRR). Simulation results were feasible as recommended fertilizer if value of MRR >100%. Results of this research showed that site-specific fertilizer recommendation for maize in lowland of Gowa District were 190-210 kg N, 30-66 kg P₂O₅, and 33-55 kg K₂O per hectare with MRR value at 180-479%, which could increase yield up to 3.3 t/ha; whilst on dryland, the dosage of N, P₂O₅ and K₂O were 90-170 kg, 47-57 kg, 33-63 kg per hectare, respectively with MRR value 180-407%. It increased yield up to 2.7 t/ha. Although the fertilizer recommendations had a higher cost than existing fertilizer application at the farmers level, the gross revenue, income and RC ratio were higher than existing fertilizer application both in lowland and dryland. Recommended fertilizer dosages were able to decrease N fertilizer application in lowland up to 32.3 kg/ha, and on dryland 34.3 kg/ha. However, it also caused the increasing of P application by 35.7 kg and 36.4 kg K₂O in lowland, whereas in dryland up to 31.5 kg P₂O₅/ha and 38.5 kg K₂O. The recommendation of site specific fertilizer application is very useful and beneficial to increase maize productivity.

Keywords: *fertilization, site-specific, corn*

ABSTRAK

Agroekosistem pengembangan jagung di Indonesia sangat beragam. Pemupukan spesifik lokasi dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, produktivitas, pendapatan petani, mendukung keberlanjutan sistem produksi, kelestarian lingkungan, dan penghematan sumberdaya energi. Penelitian ini bertujuan mendapatkan rekomendasi pemupukan N, P, dan K spesifik lokasi pada tanaman jagung berdasarkan agroekosistem lahan. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan Maret sampai September 2012. Metode survei digunakan dalam penelitian ini. Data dikumpulkan berdasarkan pertanyaan pada isian program *Nutrient Expert* (NE). Data rata-rata produktivitas yang diperoleh petani, potensi hasil atau hasil tertinggi yang pernah dicapai, sifat fisik dan kimia tanah, pengelolaan tanaman, pemupukan pada masing-masing sentra pertanaman jagung dikelompokkan dan disimulasikan menggunakan program NE untuk menentukan takaran pupuk. *Marginal Rate of Return* (MRR) selanjutnya dianalisis

melalui simulasi NE. Hasil simulasi layak direkomendasikan jika $MRR > 100\%$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rekomendasi pemupukan jagung spesifik lokasi pada lahan sawah di Kabupaten Gowa yaitu 190-210 kg N, 30-66 kg P_2O_5 , dan 33-55 kg K_2O per hektar dengan nilai MRR 180-479% dan dapat menaikkan hasil 3,3 t/ha. Pemupukan dengan 90 – 170 kg N, 47-57 kg P_2O_5 , dan 33-63 kg K_2O per hektar dengan nilai MRR 180-407% menaikkan hasil 2,7 t/ha pada lahan kering. Rekomendasi pemupukan tersebut membutuhkan biaya lebih tinggi dibandingkan pemupukan eksisting di tingkat petani. Namun demikian, penerapan teknologi ini menghasilkan pendapatan kotor, keuntungan, dan RC ratio lebih tinggi dibanding pemupukan eksisting, baik pada lahan sawah maupun pada lahan kering. Rekomendasi pemupukan tersebut mengurangi penggunaan pupuk N pada lahan sawah sebanyak 32,3 kg N/ha dan pada lahan kering sebesar 34,3 kg N/ha. Akan tetapi, rekomendasi tersebut meningkatkan penggunaan P dan K, masing-masing sebanyak 35,7 kg/ha dan 36,4 kg/ha di lahan sawah, serta 31,5 kg/ha dan 38,5 kg/ha di lahan kering. Rekomendasi pemupukan spesifik lokasi sangat diperlukan dan bermanfaat untuk meningkatkan produktivitas jagung.

Kata kunci: *pemupukan, spesifik lokasi, jagung*

PENDAHULUAN

Hara nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang seimbang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan optimal tanaman jagung. Defisiensi unsur-unsur hara tersebut sering terjadi di dalam tanah, sehingga memerlukan tambahan pupuk yang jumlahnya sangat bergantung pada kondisi lingkungan dan pengelolaan tanaman. Tanaman jagung membutuhkan N, terutama untuk pertumbuhan vegetatif, proses fotosintesis, dan pembentukan protein. Pemberian pupuk N meningkatkan ukuran tongkol, bobot biji, nisbah bobot biji-tongkol, indeks panen, dan hasil biji (Syafuruddin *et al.*, 2006; Khan *et al.*, 2011). Unsur P dibutuhkan untuk menyimpan dan mentransfer energi hasil fotosintesis dalam proses pertumbuhan dan produksi. Pemupukan P meningkatkan volume akar, sehingga dapat menyerap hara lebih baik dan mempercepat pemasakan biji pada jagung. Kalium berperan dalam membentuk karbohidrat dan kadar lemak, mengatur pembukaan dan penutupan stomata, sehingga tanaman lebih tahan kering, lebih tahan terhadap hama dan penyakit, dan tidak mudah rebah (Marschner, 1995; Monsanto, 2010).

Pemberian pupuk secara lengkap (NPK) memberikan hasil lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian salah satu hara N, P, atau K (Syafuruddin *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2011). Keseimbangan kombinasi pupuk N, P, dan K mempengaruhi efisiensi penggunaan hara

(Syafuruddin *et al.*, 2006). Pemupukan N atau K yang berlebih pada tanaman jagung menyebabkan pertumbuhan vegetatif lebih dominan dibandingkan generatif, sehingga mengakibatkan penurunan hasil jagung (Grzebisz *et al.*, 2014). Oleh karena itu, pemupukan N, P, dan K berimbang sangat diperlukan. Pemberian pupuk dalam jumlah cukup dan seimbang menjadi faktor kunci dalam peningkatan produktivitas dan produksi jagung (Attanandana dan Yost, 2003). Hasil jagung dan keuntungan meningkat jika menggunakan pupuk N, P, dan K seimbang (Ferguson *et al.*, 2002; Murni *et al.*, 2010; Satyanarayana *et al.*, 2011).

Sebagian besar rekomendasi pemupukan pada tanaman jagung yang digunakan petani bersifat umum, sementara agroekosistem pengembangan jagung di Indonesia sangat beragam. Pemupukan spesifik lokasi yang sesuai dengan agroekosistem lahan diperlukan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan hasil optimal. Pemupukan spesifik lokasi selain meningkatkan efisiensi pemupukan, produktivitas, dan pendapatan petani, juga dapat mendukung keberlanjutan sistem produksi, kelestarian lingkungan, dan penghematan sumberdaya energi. Untuk meningkatkan efisiensi pemupukan yang tinggi, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah (1) jenis atau varietas tanaman dan kebutuhan hara untuk mencapai hasil optimal, (2) tingkat ketersediaan hara dalam tanah, dan (3) bentuk pupuk serta cara dan waktu pemberian yang tepat (Suyanto, 2010). Konsep pengelolaan hara spesifik lokasi

mempertimbangkan kemampuan tanah menyediakan hara secara alami dan pemulihan hara (Doberman and Fairhurst, 2000; Witt and Doberman, 2002). Salah satu cara untuk menentukan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi pada tanaman jagung adalah dengan penggunaan perangkat lunak *Nutrient Expert* (NE). Rekomendasi pemupukan berdasarkan NE meningkatkan hasil, pendapatan petani, serapan hara dan efisiensi penggunaan hara N, P, dan K (Yun-peng *et al.*, 2013).

Informasi kebutuhan pupuk yang optimal pada tanaman jagung dan spesifik lokasi sangat dibutuhkan petani atau pengguna lainnya untuk menjamin pertumbuhan, produktivitas jagung, dan keuntungan memuaskan. Penelitian bertujuan mendapatkan perbaikan rekomendasi pemupukan N, P, dan K pada tanaman jagung yang spesifik lokasi berdasarkan agroekosistem pada lahan pengembangan jagung di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan sejak Maret sampai September 2012. Penelitian menggunakan metode survei. Data dikumpulkan berdasarkan pertanyaan pada isian program perangkat lunak *Nutrient Expert* (NE) versi 1.11 yang dikembangkan oleh *International Plant Nutrition Institute* (IPNI). Tahapan pelaksanaan penelitian dilakukan sebagai berikut:

Desk Study

Data sekunder yang dikumpulkan adalah data luas lahan pertanian jagung pada setiap kecamatan di Kabupaten Gowa, termasuk hasil-hasil penelitian pemupukan untuk mengetahui peluang hasil atau hasil tertinggi yang pernah dicapai di lokasi penelitian.

Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Kegiatan ini dilaksanakan di masing-masing lokasi setiap responden. Data bahan organik, hara P, K, pH dianalisis menggunakan Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK), kadar N menggunakan Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS), dan tekstur tanah dilakukan secara manual.

Simulasi Data dengan *Nutrient Expert* (NE)

Data yang dikumpulkan dari setiap kecamatan adalah produksi jagung di tingkat petani, sifat fisik dan kimia tanah, pengelolaan tanaman, pemupukan serta potensi hasil atau hasil tertinggi yang pernah dicapai berdasarkan hasil penelitian di lahan sawah dan lahan kering. Data-data tersebut disimulasikan menggunakan perangkat lunak *Nutrient Expert* (NE) versi 1.1 yang dikembangkan menjadi *Nutrient Expert* (NE) versi 1.11 oleh *International Plant Nutrition Institute* (IPNI). Rekomendasi pemupukan N, P, dan K masing-masing lokasi diperoleh melalui hasil simulasi tersebut.

Penggunaan metode NE dalam menentukan rekomendasi takaran pupuk N, P, dan K pada tanaman jagung didasarkan atas respon tanaman jagung terhadap pupuk N, P, atau K, yaitu perbedaan antara hasil dari pemberian pupuk N, P, dan K dibandingkan dengan hasil dari tanpa pemupukan N, P, dan K. Setiap peningkatan respon hasil biji sebesar 1 t/ha antara yang diberi N, P, atau K dan tanpa N, P atau K memerlukan tambahan pupuk per hektar sebanyak 20 kg N, 20 kg P₂O₅, dan 30 kg K₂O/ha (IPNI dan Badan Litbang Pertanian, 2009).

Perangkat lunak NE selaras dengan prinsip pengelolaan hara spesifik lokasi, yang bertujuan: (a) menggunakan hara yang tersedia pada daerah tersebut, (b) menggunakan pupuk N, P, dan K dan hara lainnya untuk meminimalkan kendala hara dan mencapai hasil tinggi, (c) meningkatkan keuntungan jangka pendek dan jangka panjang, (d) menghindari kelebihan penggunaan hara oleh tanaman, dan (e)

mengurangi penurunan kesuburan tanah (IPNI dan Badan Litbang Pertanian, 2009).

Peluang usahatani dianalisis berdasarkan pemupukan menggunakan metode NE. Analisis yang digunakan mencakup biaya, penerimaan, keuntungan, dan *RC ratio* menggunakan standar upah dan biaya yang ada pada saat survei di masing-masing lokasi. Selain peluang hasil dan keuntungan, analisis juga dilakukan untuk mendapatkan nilai *Marginal Rate of Return* (MRR) yang tinggi. Penghitungan MRR dengan menggunakan rumus menurut CIMMYT, 1988, sebagai berikut:

$$MRR = (PNE - PEx) / (BNE - BEx) * 100\%$$

Keterangan:

- PNE = Pendapatan berdasarkan pemupukan NE
PEx = Pendapatan berdasarkan pemupukan yang biasa digunakan di petani
BNE = Biaya berdasarkan pemupukan NE
BEx = Biaya berdasarkan pemupukan yang biasa digunakan di petani

Jika $MRR > 100\%$ maka pemupukan berdasarkan NE layak direkomendasikan untuk memperbaiki pemupukan yang biasa digunakan oleh petani.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Lahan

Luas lahan pertanaman jagung di Kabupaten Gowa yaitu 35.555 ha terdiri atas 3.810 ha (10,5%) lahan sawah dan 32.305 ha (89,5%) lahan kering (BPS, 2013). Sebagian besar pertanaman jagung dilakukan pada lahan kering dengan kemiringan lebih dari 45%. Sifat fisik dan kimia tanah lahan sawah berbeda dengan lahan kering. Tekstur tanah lahan sawah tergolong lempung atau lempung berpasir,

sedangkan lahan kering tergolong lempung berliat sampai berliat. Kandungan hara N, baik pada lahan sawah maupun pada lahan kering antara rendah sampai sedang. Kandungan P dan K di lahan sawah sedang – tinggi dan di lahan kering antara rendah – sampai sedang. Kandungan P dan K yang tinggi pada lahan sawah terdapat di Kecamatan Bontonompo Utara, Bontonompo Selatan, Bajeng, Barombong, dan Sombaopu. Kandungan bahan organik, baik di lahan sawah maupun di lahan kering, tergolong rendah dengan pH tanah berkisar antara 5 dan 7 (Tabel 1). Kisaran pH tersebut cukup baik untuk pengembangan tanaman jagung.

Takaran Pupuk dan Hasil di Tingkat Petani

Takaran pupuk yang digunakan petani bervariasi pada setiap lokasi. Secara umum, standar perhitungan petani di Kabupaten Gowa dalam menggunakan pupuk pada tanaman jagung, baik petani di lahan sawah maupun di lahan kering, berdasarkan jumlah benih yang digunakan. Sebagai contoh, untuk 1 kg benih jagung hibrida menggunakan satu zak pupuk (pupuk Urea atau pupuk Urea dikombinasi dengan pupuk majemuk, SP36 atau ZA). Petani di lahan sawah menggunakan pupuk 69–367 kg N/ha, 0–45 kg P_2O_5 /ha, dan 0–45 kg K_2O /ha. Di lahan kering, petani menggunakan takaran pupuk 170–266 kg N/ha, 0–45 kg P_2O_5 /ha, dan 0–45 kg K_2O /ha. Pemberian pupuk N di Kecamatan Pallangga dan Sombaopu tergolong sangat tinggi, yaitu sebesar 314 kg N/ha, termasuk juga di Bontonompo Utara sebesar 367 kg N/ha (Tabel 2). Berdasarkan hasil penelitian Syafruddin *et al.* (2009), apabila C-organik tanah tergolong rendah, maka untuk memperoleh hasil jagung sebesar 5-9 t/ha membutuhkan 60-160 kg N/ha. Oleh karena itu, takaran pupuk N yang diaplikasikan petani berdasarkan tingkat hasil yang di peroleh saat ini (4,9–8,7 t/ha) pada semua lokasi tergolong tinggi, kecuali di Kecamatan Bajeng dan Tinggimoncong yang dosisnya masing-masing 123 dan 69 kg N/ha.

Tabel 1. Status hara, pH, dan tekstur tanah setiap lokasi pengembangan tanaman jagung di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan

No	Kecamatan	Luas Pertanaman (ha)	Ketersediaan				pH	Tekstur Tanah
			N	P	K	Bahan Organik		
Lahan Sawah								
1	Bontonompo Utara	725	R	T	T	R	5-6	lempung
2	Bontonompo Selatan	1.968	S	T	T	R	5-6	Lempung
3	Bajeng	213	R	T	T	R	5-6	Lempung
4	Bajeng Barat	258	R	S	T	R	5-6	Lempung
5	Pallangga	140	T	T	S	R	5-6	Liat
6	Barombong	210	R	T	T	R	6-7	Lempung berpasir
7	Sombaopu	141	R	T	T	R	5-6	Lempung berpasir
8	Tinggimoncong	155	R	S	S	R	5-6	Liat
Total lahan sawah		3.810						
Lahan Kering								
9	Pattalassang	1.168	R	S	S	R	5-6	Liat
10	Parangloe	1.015	R	R	S	R	5-6	Lempung
11	Manuju	1.174	S	S	R	R	6-7	Lempung berliat
12	Bontomarannu	1.984	R	S	R	R	5-6	Lempung berliat
15	Bungaya	6.689	R	S	R	R	5-6	Liat
16	Bontolempangan	1.658	S	S	R	R	5-6	Liat
17	Tompobulu	6.928	R	S	S	R	5-6	Liat
18	Biringbulu	11.129	R	S	S	R	5-6	Liat
Total lahan kering		32.305						

Keterangan:

R = rendah, S= sedang, T= tinggi; P, K, bahan organik, dan pH dianalisis menggunakan Perangkat Uji Tanah Kering PUTK, sedangkan N dianalisis menggunakan Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS)

Petani di Kabupaten Gowa umumnya menggunakan Urea yang dikombinasi dengan pupuk majemuk, seperti NPK-Phonska, NPK-Pelangi, ZA, dan SP36 untuk pemupukan tanaman jagungnya. Namun demikian, petani di Kecamatan Tinggimoncong hanya menggunakan Urea, karena lahan pertanaman jagung yang ditanami mengandung endapan tanah akibat banjir (Tabel 3).

Metode aplikasi pemupukan pada tingkat petani di semua lokasi dengan meletakkan pupuk di samping barisan tanaman. Semua takaran pupuk yang digunakan pada lahan sawah di

Kecamatan Bontonompo Selatan, Bajeng, Pallangga, Sombaopu, dan Tinggimoncong serta lahan kering di Parangloe diaplikasikan satu kali pada umur 15-20 HST (hari setelah tanam). Pada lahan sawah di Kecamatan Bajeng Barat, Barombong, dan di semua lokasi lahan kering, terkecuali di Parangloe, mengaplikasikan pupuk secara bertahap, yaitu pemberian pertama pada umur 10-20 HST dan pemberian kedua pada umur 45-50 HST. Di sisi lain, petani di Kecamatan Bontonompo Utara melakukan pemupukan sebanyak tiga tahap, yaitu umur 10, 35, dan 60 HST.

Tabel 2. Takaran pupuk di tingkat petani jagung di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan

No	Kecamatan	Takaran pupuk yang digunakan petani (kg/ha)			Hasil (t/ha)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Lahan Sawah					
1	Bontonompo Utara	367	45	45	8,7
2	Bontonompo Selatan	188	0	0	6,8
3	Bajeng	123	7,5	7,5	5,5
4	Bajeng Barat	299	22,5	22,5	5,8
5	Pallangga	314	15	15	6,8
6	Barombong	210	30	30	7,3
7	Sombaopu	314	15	15	6,8
8	Tinggimoncong	69	0	0	5,3
	Rata-rata	237	16	16	6,6
Lahan Kering					
9	Pattalassang	206	45	45	6,8
10	Parangloe	188	0	0	4,9
11	Manuju	170	0	0	5,8
12	Bontomarannu	199	0	0	5,8
13	Bungaya	266	0	0	5,5
14	Bontolempangan	211	33	15	5,8
15	Tompobulu	229	45	45	5,8
16	Biringbulu	245	33	15	5,8
	Rata-rata	214	20	15	5,8

Produktivitas jagung di lahan sawah lebih tinggi dibandingkan dengan lahan kering. Di lahan sawah produktivitas sebesar 5,3–8,7 t/ha, sedangkan di lahan kering 4,9–5,8 t/ha (Tabel 2). Produktivitas lahan sawah lebih tinggi akibat pemberian air optimal karena menggunakan air tanah dangkal yang dipompa. Budidaya jagung di lahan kering memanfaatkan air hujan dengan curah hujan fluktuatif, misalnya curah hujan cukup tinggi, atau mengalami kekeringan pada saat pengisian biji. Tingkat hasil yang diperoleh tersebut masih sangat rendah. Varietas yang umum dibudidayakan petani di lahan sawah yaitu Pioner-21, Bisi-18, dan NK-22 dengan potensi hasil rata-rata sekitar 13 t/ha, sedangkan di lahan kering sebagian besar petani membudidayakan varietas Bisi-2 yang mempunyai potensi hasil sekitar 12 t/ha (Aqil *et al.*, 2012). Lebih lanjut, hasil penelitian yang pernah dilakukan di Kabupaten Gowa pada lahan sawah dapat menghasilkan produktivitas ± 11 t/ha (Syafuruddin, 2012b) dan di lahan kering ± 9 t/ha (Syafuruddin 2012a; Syafuruddin dan Zubachtirodin, 2012c). Oleh karena itu, terdapat peluang untuk

meningkatkan hasil jagung di tingkat petani di Kabupaten Gowa dengan memperbaiki pemupukan dan pengelolaan tanaman.

Rekomendasi Pemupukan Spesifik lokasi di Kabupaten Gowa

Peluang hasil jagung di Kabupaten Gowa berbeda antara lahan sawah dengan lahan kering. Pada lahan sawah, hasil yang dapat dicapai yaitu 10 t/ha, kecuali di Kecamatan Bajeng dengan hasil sebesar 9 t/ha. Sedangkan di lahan kering, peluang hasil yang dapat diperoleh sekitar 8 t/ha, kecuali di Kecamatan Bungaya, Tompobulu, dan Biringbulu dengan produktivitas 9 t/ha. Takaran pupuk yang digunakan untuk satu jenis tanaman akan berbeda untuk masing-masing kondisi tanah, karena setiap jenis tanah memiliki karakteristik dan susunan kimia beragam. Oleh karena itu, rekomendasi pemupukan ditentukan oleh tiga faktor yang saling berkaitan, yaitu (a) kemampuan tanah menyediakan hara, (b)

kebutuhan hara tanaman, dan (c) target/peluang hasil yang dapat dicapai.

penggunaan pupuk N sebanyak 32,3 kg N/ha di lahan sawah dan 34,3 kg N/ha di lahan kering.

Tabel 3. Dosis, jenis, dan waktu pemberian pupuk pada tanaman jagung di tingkat petani di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan

No	Kecamatan	Dosis, Jenis, dan Waktu Pemberian Pupuk
Lahan Sawah		
1	Bontonompo Utara	300 kg Urea + 150 kg NPK-Phonska umur 10 HST, 200 kg Urea + 150 kg NPK-Phonska umur 35 HST, 200 kg Urea umur 60 HST
2	Bontonompo Selatan	375 kg Urea + 75 kg ZA umur 20 HST
3	Bajeng	250 kg Urea + 50 kg NPK-Phonska umur 15 HST
4	Bajeng Barat	300 kg Urea + 150 kg NPK-Phonska umur 20 HST, 300 kg Urea umur 50 HST
5	Pallangga	650 kg Urea + 100 kg NPK-Phonska umur 15 HST
6	Barombong	200 kg Urea + 100 kg NPK-Pelangi umur 15 HST, 200 kg Urea + 100 kg NPK-Pelangi umur 45 HST
7	Sombaopu	650 kg Urea + 100 kg ZA umur 20 HST
8	Tinggimoncong	150 kg Urea umur 15 HST
Lahan Kering		
9	Pattalassang	200 kg Urea + 150 kg NPK-Phonska umur 10 HST, 150 kg Urea + 150 kg NPK-Phonska umur 40 HST
9	Parangloe	375 kg Urea + 75 kg ZA umur 20 HST
11	Manuju	250 kg Urea umur 15 HST, 50 kg Urea + 150 kg ZA umur 50 HST
12	Bontomarannu	250 kg Urea umur 15 HST, 125 kg Urea+125 kg ZA umur 45 HST
13	Bungaya	250 kg Urea umur 15, 225 kg Urea + 225 kg ZA umur 40-50 HST
14	Bontolempangan	175 Urea+100 kg NPK-Phonska+50 kg SP36 umur 20 HST, 250 kg Urea umur 50 HST
15	Tompobulu	200 kg Urea + 300 kg NPK-Phonska umur 10 HST, 200 kg Urea umur 30-40 HST
16	Biringbulu	250 kg Urea+100 kg NPK-Phonska+50 kg SP36 umur 20 HST, 250 kg Urea umur 40-50 HST

Keterangan: pupuk majemuk NPK-Phonska dan NPK-Pelangi (15% N; 15%P₂O₅; 15%K₂O, dan 10%)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan program NE dengan memasukkan data sifat fisik dan kimia tanah seperti pada Tabel 1 dan dengan peluang hasil 9–10 t/ha, maka pemupukan pada tanaman jagung di lahan sawah direkomendasikan 190–210 kg N, 46–66 kg P₂O₅, dan 33–55 kg K₂O. Pada lahan kering dengan peluang hasil 8–9 t/ha direkomendasikan 170–190 kg N, 47–57 kg P₂O₅, dan 33–63 kg K₂O. Rincian rekomendasi pemupukan yang tepat di masing-masing wilayah disajikan pada Tabel 4.

Takaran pupuk yang direkomendasikan berdasarkan metode NE berpotensi meningkatkan hasil jagung per hektar di lahan sawah dan lahan kering, masing-masing sebesar 3,3 dan 2,7 ton dan dapat mengurangi

Namun demikian, rekomendasi tersebut meningkatkan penggunaan P dan K per hektar, masing-masing sebanyak 35,7 kg P₂O₅/ha dan 36,4 kg K₂O di lahan sawah, dan sebanyak 31,5 kg P₂O₅ dan 38,5 kg K₂O di lahan kering. Rekomendasi pemupukan yang disimulasi menggunakan perangkat lunak NE meningkatkan efisiensi pemupukan N, P, dan K berturut-turut sebesar 28,76%, 13,15%, dan 43,31% (Yi-lun *et al.*, 2014).

Pemupukan jagung spesifik lokasi menggunakan metode NE telah divalidasi di beberapa lokasi di Kediri, Jawa Timur, dan di Bone, Sulawesi Selatan. Rekomendasi pemupukan berdasarkan metode NE tersebut dapat meningkatkan efisiensi pemupukan pada

tanaman jagung sebesar 8–22% dibandingkan dengan pemupukan yang dilakukan di tingkat petani (Zaini, 2011). Validasi di India menunjukkan bahwa pemupukan menggunakan

Namun, kandungan hara ketiga pupuk tersebut sudah terdapat pada pupuk majemuk (NPK-Phonska dan NPK-Pelangi), sehingga jenis pupuk rekomendasi untuk Kabupaten Gowa adalah

Tabel 4. Rekomendasi pemupukan N, P, K dan peluang hasil jagung berdasarkan metode *Nutrient Expert* (NE)

No	Kecamatan	Peluang hasil (t/ha)	Rekomendasi pemupukan (kg/ha)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Lahan Sawah					
1	Bontonompo Utara	10	210	46	55
2	Bontonompo Selatan	10	210	46	55
3	Bajeng	9	190	30	33
4	Bajeng Barat	10	210	66	55
5	Pallangga	10	210	46	55
6	Barombong	10	210	66	55
7	Sombaopu	10	210	46	55
8	Tinggimoncong	10	190	66	55
Rata-rata		9,9	205	51,5	52,25
Lahan Kering					
9	Pattalassang	9	190	60	63
10	Parangloe	8	170	57	59
11	Manuju	8	170	47	59
12	Bontomarannu	8	170	47	59
13	Bungaya	9	190	50	63
14	Bontolempangan	8	170	47	59
15	Tompobulu	9	190	50	33
16	Biringbulu	9	190	50	33
Rata-rata		8,5	180	51	53,5

metode tersebut mampu meningkatkan hasil sebesar 10–15% lebih tinggi dibandingkan dengan pemupukan di tingkat petani dan rekomendasi umum (Satyanarayana *et al.*, 2013; Shahi *et al.*, 2014), dan di China meningkatkan efisiensi takaran pupuk sebesar 34% serta menekan kehilangan hara N dan dampak lingkungan (Xu *et al.*, 2014).

Untuk mencapai efisiensi pemupukan yang tinggi, rekomendasi pemupukan selain disesuaikan takaran pupuk, juga harus disesuaikan dengan bentuk pupuk, cara, waktu pemberian, dan pengelolaan tanaman yang tepat. Pupuk yang umum tersedia di tingkat petani di Kabupaten Gowa yaitu Urea, pupuk majemuk (NPK-Phonska dan NPK-Pelangi), ZA, dan SP36. Pupuk ZA dan SP36 dan KCl sering bermasalah/tidak tersedia di pasaran/kios pupuk.

pupuk urea dan pupuk majemuk (NPK-Phonska dan NPK-Pelangi). Rekomendasi pemupukan di setiap lokasi menggunakan kedua pupuk tersebut yang dihitung berdasarkan takaran kebutuhan P₂O₅ di masing-masing lokasi (Tabel 4), kemudian dikonversi ke kandungan P₂O₅ pada pupuk majemuk (NPK-Phonska atau NPK-Pelangi). Berdasarkan perhitungan tersebut, takaran pupuk yang digunakan pada lahan sawah yaitu 270–357 kg Urea dan 307 + 440 kg pupuk majemuk per hektar, sedangkan pada lahan kering 246–304 kg Urea dan 313–400 kg pupuk majemuk per hektar. Takaran Urea dan pupuk majemuk masing-masing lokasi ditampilkan pada Tabel 5.

Sinkronisasi antara tingkat kebutuhan hara tanaman dengan waktu pemberian meningkatkan efektivitas dan efisiensi

pemupukan. Laju tumbuh, serapan hara, dan akumulasi bahan kering tanaman jagung meningkat dengan cepat pada fase vegetatif umur ± 38 hari setelah tanam (HST) sampai awal berbunga/awal generatif umur 57–63 HST. Rata-rata serapan hara pada umur 38–63 HST adalah 3,53 kg N, 0,95 kg P₂O₅, dan 2,45 kg K₂O per hari (Jones *et al.*, 2011; Bender *et al.*, 2013; Ransom and Enders, 2014). Kecukupan hara pada periode tersebut sangat penting untuk menjamin pertumbuhan dan produktivitas optimal (Bender *et al.*, 2013; Butzen, 2014). Pemberian hara yang dibutuhkan pada saat mendekati atau saat periode serapan hara maksimum meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk (Schart and Lory, 2002; Jat *et al.*, 2013).

awal tanam. Sementara itu, pupuk Urea diberikan secara bertahap, yaitu 50–60% dari takaran N (Urea kombinasi pupuk majemuk) pada awal tanam ≤ 10 HST sedangkan sisa N (Urea) diberikan pada umur 35–40 HST (Tabel 5). Pemberian semua takaran pupuk N yang dibutuhkan tanaman jagung sebelum tanam atau pada saat tanam dapat mengurangi ketersediaan jumlah N yang dibutuhkan pada saat kebutuhan hara maksimum, menurunkan jumlah biji per tongkol, membatasi hasil dan efisiensi agronomik N (Sangoi *et al.*, 2007). Pemberian pupuk N secara bertahap lebih baik dibandingkan pemberian sekaligus karena lebih efektif, meningkatkan hasil, dan efisiensi penggunaan N (Cassman *et al.*, 2002; Scharf *et al.*, 2006; Roberts, 2008).

Tabel 5. Rekomendasi jenis, dosis, dan waktu pemberian pupuk pada tanaman jagung

No	Kecamatan	Rekomendasi Jenis, Dosis, dan Waktu Pemberian Pupuk		
		≤ 10 HST (kg /ha)		35 – 40 HST (kg/ha)
		Urea	Pupuk majemuk*	Urea
Lahan Sawah				
1	Bontonompo Utara	100	307	257
2	Bontonompo Selatan	100	307	257
3	Bajeng	100	200	248
4	Bajeng Barat	50	440	263
5	Pallangga	100	307	257
6	Barombong	50	440	263
7	Sombaopu	100	307	257
8	Tinggimoncong	50	440	220
Lahan Kering				
9	Pattalassang	50	400	233
10	Parangloe	50	380	196
11	Manuju	50	313	217
12	Bontomarannu	50	313	217
13	Bungaya	60	333	244
14	Bontolempangan	50	313	217
15	Tompobulu	60	333	244
16	Biringbulu	60	333	244

Keterangan: *= Pupuk majemuk yang banyak beredar di tingkat petani adalah NPK-Phonska dan NPK-Pelangi dengan kandungan 15:15:15

Berdasarkan laju tumbuh, akumulasi bahan kering, dan serapan hara tanaman jagung, aplikasi pupuk harus dilakukan secara bertahap. Namun karena pupuk majemuk lambat larut dan sifatnya *slow release* dibandingkan Urea, maka pupuk majemuk diaplikasikan semuanya pada

Untuk mengurangi tingkat pencucian dan penguapan hara membutuhkan waktu dan metode pemberian yang tepat. Pemberian Urea secara tugal di samping barisan tanaman memberikan jumlah biji/tongkol, bobot 100 biji, dan hasil lebih tinggi dibandingkan disebar (Saleem *et al.*,

2009). Lebih lanjut, pemupukan urea dengan cara tugal atau diletakkan di atas permukaan tanah lalu ditutup/ditimbun memberikan hasil lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian Urea dengan cara meletakkan di atas permukaan tanah tanpa ditutup/ditimbun (Zubactirodin, 2011). Oleh karena itu, untuk meningkatkan efisiensi pupuk sebaiknya pemupukan dilakukan secara tugal, bukan diletakkan di atas permukaan tanah seperti yang dilakukan petani di Kabupten Gowa saat ini.

Pola dan Jarak Tanam Jagung untuk Meningkatkan Hasil

Seperti pengaturan jarak tanam untuk populasi tanaman yang optimal. Jarak tanam yang lebar menyebabkan populasi tanaman yang dipanen rendah, sehingga jumlah tongkol hasil panen tidak maksimal. Sebaliknya jarak tanam yang rapat akan menimbulkan persaingan bagi tanaman dalam memperoleh intensitas cahaya matahari, hara dan air yang berakibat ukuran tongkol kecil, sehingga hasil akan rendah.

Pola tanam jagung di lahan sawah di

tingkat petani umumnya menggunakan pola tanam baris ganda atau legowo, sedangkan di lahan kering menggunakan pola tanam baris tunggal. Jika jarak tanam yang digunakan pada baris ganda 70/50–80/50 cm x 40–50 cm dengan 1–2 tanaman/rumpun, maka populasi sebesar 66.667 – 71.426 tanaman/ha. Pada lahan kering dengan dengan cara tanam baris tunggal jarak tanam antar baris 50–70 cm dan dalam baris tanaman 20–50 cm, 1–2 tanaman/rumpun dengan populasi tanaman sebesar 57.143–80.000 tanaman/ha. Rincian jarak tanam dan populasi tanaman di setiap lokasi disajikan pada Tabel 6.

Populasi tanaman jagung pada lahan sawah di tingkat petani pada semua lokasi umumnya sudah tergolong baik. Pada lahan kering di Bontomarannu, Tompobulu, dan Biringbulu, populasi tanaman optimal. Di Marannu, Parangloe, dan Tinggimoncong, populasi tanaman tergolong rendah, namun di Pattalasang, Bungaya, dan Bontolempangan populasi tanaman agak rapat yaitu ≥ 80.000 tanaman/ha. Populasi yang optimal untuk tanaman jagung di daerah tropis seperti yang disarankan *Maize Nutrient Management*

Tabel 6. Anjuran pola tanam, jarak tanam dan populasi tanaman berdasarkan simulasi NE di tingkat petani di Kabupaten Gowa

No	Kecamatan	Pola Tanam	Jarak Tanam (cm x cm)	Populasi (tanaman/ha)
Lahan Sawah				
1	Bontonombo Utara	Baris ganda	80/60 x 40 (2 tanaman)	71.429
2	Bontonombo Selatan	Baris ganda	70/50 x 50 (2 tanaman)	66.667
3	Bajeng	Baris tunggal	75 x 40 (2)	66.667
4	Bajeng Barat	Baris ganda	80/60 x 40 (2 tanaman)	71.429
5	Pallangga	Baris ganda	90/60 x 40 (2 tanaman)	66.667
6	Barombong	Baris ganda	70/50 x 25 (1)	66.667
7	Sombaopu	Baris ganda	80/60 x 40 (2 tanaman)	66.667
8	Tinggimoncong	Baristunggal	80 x 20 (1)	62.500
Lahan Kering				
9	Pattalasang	Baris tunggal	60 x 40 (2)	83.333
10	Parangloe	Baris tunggal	75 x 45 (2)	59.259
11	Manuju	Baris tunggal	70 x 25 (1)	57.143
	Bontomarannu	Baris tunggal	60 x 25 (1)	66.667
15	Bungaya	Baris tunggal	50 x 50 (2)	80.000
16	Bontolempangan	Baris tunggal	50 x 50 (2)	80.000
17	Tompobulu	Baris tunggal	70 x 20-40 (1-2)	71.429
18	Biringbulu	Baris tunggal	60 x 50 (2)	66.667

sebanyak 65.000 – 75.000 tanaman/ha (IPNI dan Badan Litbang, 2009). Populasi yang optimal untuk pertanaman jagung di Kabupaten Gowa berdasarkan simulasi NE yaitu 71.429 tanaman/ha (Tabel 6).

Pada lahan sawah, petani yang biasa menggunakan pola tanam baris ganda, disarankan menggunakan jarak tanam (80/60) cm x 20 cm sebanyak satu tanaman/rumpun. Pada lahan kering datar petani dapat menggunakan jarak tanam 70 cm x 20 cm sebanyak satu tanaman/rumpun, sedangkan untuk lahan kering miring jarak tanam yang dianjurkan adalah 50 cm x 28-30 cm.

Analisis Usahatani Rekomendasi Pemupukan

Analisis kelayakan usahatani diperlukan untuk merekomendasikan takaran pupuk sebagai upaya perbaikan takaran pupuk di tingkat petani dan meningkatkan produktivitas dibandingkan takaran pupuk yang biasa digunakan petani. Hasil analisis usahatani jagung dengan cara pemupukan yang biasa dilakukan petani menunjukkan bahwa

pada lahan sawah rata-rata biaya pengeluaran untuk saprodi mencapai Rp2.121.000, biaya tenaga kerja sebesar Rp5.379.000, rata-rata pendapatan kotor sebesar Rp13.913.000, keuntungan mencapai Rp6.413.000 dengan RC *ratio* sebesar 1,85. Pada lahan kering, rata-rata biaya saprodi sebesar Rp2.106.000, biaya tenaga kerja Rp2.950.000, pendapatan kotor Rp12.128.000, tingkat keuntungan yang diperoleh mencapai Rp7.071.000 dengan RC *ratio* 2,40 (Tabel 7).

Analisis usahatani berdasarkan pemupukan rekomendasi menunjukkan biaya lebih tinggi (Tabel 7). Namun demikian, rekomendasi tersebut menghasilkan pendapatan kotor, keuntungan, dan RC *ratio* yang lebih tinggi baik pada lahan sawah maupun pada lahan kering. Pada lahan sawah, rata-rata pengeluaran biaya saprodi sebesar Rp2.445.000 dan biaya tenaga kerja Rp.7.024.000. Rata-rata pendapatan kotor mencapai Rp20.738.000, keuntungan Rp11.269.000 dengan RC *ratio* sebesar 2,19. Pada lahan kering, rata-rata pengeluaran untuk saprodi sebesar Rp2.340.000, biaya tenaga kerja

Tabel 7. Biaya tenaga kerja, pendapatan kotor, keuntungan, dan R/C pemupukan dan populasi tanaman jagung yang biasa dilakukan petani Gowa, Sulawesi Selatan

No	Kecamatan	Biaya Tenaga Kerja (Rp)	Biaya Saprodi (Rp)	Pendapatan Kotor (Rp)	Keuntungan (Rp)	R/C
Lahan Sawah						
1	Bontonompo Utara	5.977	3.004	18.270	9.287	2,03
2	Bontonompo Selatan	5.278	1.772	14.280	7.230	2,03
3	Bajeng	5.005	1.557	11.550	4.988	1,76
4	Bajeng Barat	5.218	2.479	12.180	4.483	1,58
5	Pallangga	5.278	2.392	14.280	6.610	1,86
6	Barombong	5.783	2.172	15.330	7.375	1,93
7	Sombaopu	5.278	2.392	14.280	6.610	1,86
8	Tinggimoncong	5.213	1.200	11.130	4.717	1,74
Rata-rata		5.379	2.121	13.913	6.413	1,85
Lahan Kering						
9	Pattalassang	3.128	2.498	14.280	8.654	2,54
10	Parangloe	2.529	1.648	10.290	6.113	2,46
11	Manuju	3.168	1.618	12.180	7.394	2,54
12	Bontomarannu	3.168	1.904	12.180	7.108	2,40
13	Bungaya	2.855	2.286	11.550	6.409	2,25
14	Bontolempangan	2.918	2.211	12.180	7.051	2,37
15	Tompobulu	2.918	2.464	12.180	6.798	2,26
16	Biringbulu	2.918	2.222	12.180	7.040	2,37
Rata-rata		2.950	2.106	12.128	7.071	2,40

Keterangan: Data primer, 2013 (diolah)

Rp4.235.000, pendapatan kotor Rp17.850.000, sedangkan tingkat keuntungan mencapai Rp11.275.000 dengan RC *ratio* sebesar 2,71. Nilai RC *ratio* lebih besar dari 1 pada semua lokasi, baik untuk pemupukan cara petani maupun rekomendasi. Dengan demikian, kedua cara pemupukan tersebut secara finansial layak dikembangkan.

Pemupukan yang direkomendasikan tidak hanya didasarkan pada keuntungan dan RC *ratio* lebih tinggi namun juga harus mempunyai *marginal rate return* (MRR) yang lebih besar dari 100% (CIMMYT, 1988). Nilai MRR dari pemupukan rekomendasi di semua lokasi lebih dari 100% (Tabel 7) yang berarti semua takaran pemupukan (Tabel 4 dan 5) layak di masing-masing lokasi. Nilai MRR pada lahan sawah antara 180 dan 479% atau rata-rata sebesar 275%, sedangkan pada lahan kering antara 180 dan 369% atau rata-rata sebesar 262%. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan produktivitas jagung di masing-masing lokasi dapat menggunakan rekomendasi pemupukan seperti pada Tabel 4 dan 5 dan disertai dengan perbaikan populasi tanam.

KESIMPULAN

Perbaikan takaran pupuk berpeluang meningkatkan hasil rata-rata pada lahan sawah sebesar 3,3 t/ha dan pada lahan kering sebesar 2,7 t/ha. Takaran pupuk yang direkomendasikan mengurangi penggunaan pupuk N sebanyak 32,3 kg N/ha pada lahan sawah dan 34,3 kg N/ha pada lahan kering. Namun demikian, pemupukan rekomendasi meningkatkan penggunaan P dan K pada lahan sawah sebanyak 35,7 kg P₂O₅/ha dan 36,4 kg K₂O/ha, sedangkan pada lahan kering sebanyak 31,5 kg P₂O₅/ha dan 38,5 kg K₂O/ha.

Rekomendasi pemupukan membutuhkan biaya lebih tinggi dibandingkan dengan pemupukan cara petani, namun dapat meningkatkan pendapatan kotor, keuntungan, dan

RC *ratio*, baik pada lahan sawah maupun pada lahan kering. Rekomendasi pemupukan jagung pada lahan sawah di Kecamatan Bontonompo Utara, Bontonompo Selatan, Bajeng Barat, Pallangga, Barombong, dan Sombaopu yaitu 210 kg N, 46–66 kg P₂O₅, dan 55 kg K₂O/ha, di Tinggimoncong sebanyak 190 kg N, 66 kg P₂O₅ dan 55 kg K₂O/ha, dan di Kecamatan Bajeng direkomendasikan 190 kg N, 30 kg P₂O₅, dan 33 kg K₂O/ha dengan nilai MRR 180–479%. Rekomendasi pemupukan pada lahan kering di Kecamatan Parangloe, Manuju, Bontomarannu, dan Bontolempangan adalah 170 kg N, 47–57 kg P₂O₅, dan 59 kg K₂O/ha, sedangkan di Kecamatan Patalassang, Bungaya, Tompobulu dan Biringbulu sebanyak 90 kg N, 50 kg P₂O₅, dan 33–63 kg K₂O /ha dengan nilai MRR 180–369%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Widayat, SP, PPL WKPP Kecamatan Riovaka Kabupaten Donggala, dan Bapak Kamisan (Sekretaris Gapoktan Mekar Sari Minti Makmur) atas bantuannya selama melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aqil, M.,C. Rapar, dan Zubachtirodin. 2012. Deskripsi varietas unggul jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pertanian. Kementerian Pertanian. 141 hal.
- Attanandana, T., and R.S. Yost. 2003. A site-specific nutrient management approach for maize. Better Crops International. Vol. 17(1): 3-7.

- Murni, A.M., J. Pasuquin, and C. Witt. 2010. Site specific nutrient management for maize on Ultisols Lampung. *J Trop Soils*. Vol. 15(1): 49-54.
- BPS Kabupaten Gowa. 2013. Statistik dalam angka Kabupaten Gowa. Biro Pusat Statistik Gowa. 42 hal.
- Bender, R.R., J.W. Haegerle, M.T Ruffo, and F.E. Below. 2013. Modern corn hybrids, nutrient uptake patterns. *Better Crops With Plant Food*. Vol. 97(1): 7–10.
- Butzen, S. 2014. Nitrogen application timing in corn production. <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/template.CONTENT/guid.1BF7B8F5-99E6-DC1E-0D45-9F5D238A8761>. (dikases tanggal 2 Mei 2014).
- Cassman, K.G., A. Dobermann, and D.T. Walters. 2002. Agroecosystems, nitrogen use efficiency, and nitrogen management. *AMBIO: J. Hum. Environ*. Vol. 31: 132–138.
- CIMMYT. 1988. From agronomic data to farmer recommendations. An economics training manual. 79p.
- Dobermann, A., and T. Fairthurs. 2000. Rice nutrient disorders and nutrient management. *Internasional Rice Research Institute (IRRI)*. Los Banos. 192p.
- Ferguson, R.B, G.W. Hergert, J.S. Schepers, C.A. Gotway, J.E. Ferguson RB, G.W. Hergert, J.S. Schepers, C.A. Gotway, J.E. Cahoon, and T.A. Peterson. 2002. Site-specific nitrogen management of irrigated maize: yield and soil residual nitrate effect. *Soil Sci Soc Am J*. Vol. 66: 544-552.
- Grzebisz, W., A. Baer, P. Bar óg, W. Szczepaniak, and J. Potarzycki. 2014. Effect of nitrogen and potassium fertilizing system on maize grain yield. University of Life Sciences, Pozna, Poland. Agency for Restructuring and Modernization of Agriculture, County Center in Wolsztyn, Poland. 12 p. (http://www.inea_00fcr.user.icpnet.plf).
- IPNI dan Badan Litbang Pertanian. 2009. Petunjuk Menggunakan Perangkat Lunak Pemupukan Jagung Spesifik Lokasi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 31 hal.
- Jat, M.L., T. Satyanarayana, K. Majumdar, C. M. Parihar, S.L. Jat, J.P. Tatarwal, R.K. Jat, and Y.S. Saharawat. 2013. Fertilizer best management practices for maize systems. *Indian J. Fert*. Vol. 9(4): 80–94.
- Jones C., K.Olson–Rutz, and C.P. Dinkins. 2011. Nutrient uptake timing by crops to assist with fertilizing decisions. *Montana State University. Extension*. 8 p.
- Khan, H.Z., S. Iqbal, A.Iqbal, N. Akbar, and D.L. Jones. 2011. Response of maize (*Zea mays* l.) varieties to different levels of nitrogen. *Crop Environ*. Vol. (2): 15-1.
- Liu, K. B.L. Ma, L.Luan, and Chaohai Li. 2011. Nitrogen, phosphor, and potassium nutrient effect on grain filling and yield of high-yielding summer corn. *Journal of Plant Nutrition*. Vol (34): 1516-1531.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plant. *Academic Press Limited Inc*. London. p. 229- 299.
- Monsanto, 2010. Importance of P and K in Corn and Soybean Development. *Agronomic spotlight*. 2p.
- Murni, A.M., J. Pasuquin, and C. Witt. 2010. Site specific nutrient management for maize on Ultisols Lampung. *J Trop Soils*. Vol. 15(1): 49-54.
- Ransom, J. and G.J Enders. 2014. Corn growth and management quick guide. *North Dakota State University*. 8 pp.
- Roberts. T.L. 2008. Improving nutrient use efficiency. *Turk J Agric Forest*. Vol. 32: 177–182.

- Saleem, M.F., M.S. Randhawa, S. Hussain, M.A. Wahid, and S.A. Anjum. 2009. Nitrogen mangement studies autum planted maize. *The J.of Animal & Plant Scie.* Vol. 19 (3): 138–143.
- Sangoi, L., P.R. Ernani, and P.R. Ferreira da Silva. 2007. Maize response to nitrogen fertilization timing in two tillage systems in a soil with high organic matter content. *R. Bras. Ci. Solo.* Vol. 31: 507–517.
- Satyanarayana,T., K. Majumdar, D.P. Biradar. 2011. New approaches and tools for site-specific nutrient management with reference to potassium. *Karnataka J. Agric. Sci.* Vol. 24 (1): 86-90.
- Satyanarayana, T., K. Majumdar, M. Pampolino, A.M. Johnston, M.L. Jat, P. Kuchanur, D. Sreelatha, J.C. Sekhar, Y.Kumar, R.Maheswaran, R.Karthikeyan, A.Velayutahm, Ga. Dheebakaran, N.Sakthivel, S.Vallalkannan, C.Bharathi, T.Sherene, S. Suganya, P.Janaki, R. Baskar, T.H. Ranjith, D.Shivamurthy, Y.R. Aladakatti, D. Chiplonkar, R.Gupta, D.P. Biradar, S. Jeyaraman, and S.G. Patil. 2013. Nutrient expert: A tool to optimize nutrient use and improve prductivity of maize. *Better Crops With Plant Food.* Vol. 97(1): 21–24.
- Scharf, P.C., W.J. Wiebold, and J.A. Lory. 2002. Corn yield response to nitrogen fertilizer timing and deficiency level. *Agronomy J.* Vol. 94: 435–441.
- Scharf, P.C. and J.A. Lory. 2006. Best management practices for nitrogen fertilizer in Missouri. University of Missouri. Extension Publication. 11 p.
- Shahi, V.B., S.K. Dutta, K. Majumdar, T. Satyanarayana, and A. Johnston. 2014. Nutrient expert improves maize yields while balancing fertilizer use. *Better Crops With Plant Food.* Vol. 98(4): 27–28.
- Suyamto. 2010. Strategi dan implementasi pemupukan rasional spesifik lokasi. *J. Inovasi Pengembangan Teknologi Tanaman Pangan.* Vol. 3(4): 306-318.
- Syafruddin, M. Rauf, R.Y. Arvan, dan M. Akil. 2006. Kebutuhan pupuk N, P, dan K tanaman jagung pada tanah Inceptisol Haplusteps. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* Vol.25 (1): 1–8.
- Syaruddin, S. Saenong, dan Subandi. 2009. Strategi pemupukan N pda tanaman jagung. Laporan Pengelolaan Hara Spesifik Lokasi (PHSL) Kerjasama Balitereal dengan Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) (belum dipublikasi). Balai Penelitian Tanaman Sereal. 17 hal.
- Syafruddin. 2012a. Pengaruh silikat terhadap hasil dan efisiensi pemupukan P pada tanam jagung. Halaman 281-286 Dalam Prosiding Seminar Nasional Sereal. 2011. Editor Makarim, K., Zubachtirodin, H.G. Yasin, Soenartiningasih, H. A. Dahlan, J. Tandiang, R. Arief, Suarni, Syafruddin, Hermanto, dan M. Aqil. Inovasi Teknologi Mendukung Swasembada Jagung dan Diversifikasi Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Syafruddin. 2012b. Efektivitas pupuk hayati ecofert terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung. Halaman 287–296 Dalam Prosiding Seminar Nasional Sereal. 2011. Editor Makarim, K., Zubachtirodin, H.G. Yasin, Soenartiningasih, H. A. Dahlan, J. Tandiang, R. Arief, Suarni, Syafruddin, Hermanto, dan M. Aqil. Inovasi Teknologi Mendukung Swasembada Jagung dan Diversifikasi Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

- Syafruddin dan Zubachtirodin. 2012c. Penggunaan pupuk NPK majemuk 20:10:10 pada Tanaman Jagung. Hal.:174-187 Dalam Prosiding Seminar Nasional Serealia 2011. Editor Makarim, K., Zubachtirodin, H.G. Yasin, Soenartiningih, H. A. Dahlan, J. Tandiabang, R. Arief, Suarni, Syafruddin, Hermanto, dan M. Aqil. Inovasi Teknologi Mendukung Swasembada Jagung dan Diversifikasi Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Witt, C. and A. Dobermann. 2002. A site-specific nutrient management approach for irrigated lowland rice in Asia. *Better Crops Int.* 16:20-24.
- Xu, X., P.He, S. Qiu, M.F. Pampolino, S. Zhao, A.M. Johnston, and W. Zhou. 2014. Estimating a new approach of fertilizer recommendation across smallholder farms in China. *Field Crops Research.* Vo. 163: 10–17.
- Yi-lun, W., S. Rui-guang, L. Ju, W. Lei, B. You-lu, T. Jin-fang. 2014. Effects of Nutrient Expert Recommend fertilization on yield, Nutrient absorption and utilization of super-high-yield Summer maize. *J. of Henan Agricultural Sciences.* Vol. 6:44-48.
- Yun-peng, H., K. Li-li, Y. Cai-xia, Q. Yu-bo, L. Qian, X. Jia-gui. 2013. Effects of fertilizer recommendation based on nutrient expert system on maize yield, nutrient uptake and utilization in Jilin Province. *J.I of Jilin Agricultutal University.* Vol. 35(5): 563-567.
- Zaini, Z. 2011. Validasi “nutrien manager” sebagai alat penentuan pemupukan jagung hibrida spesifik lokasi. Laporan Program Insentif Riset. Kementerian Riset dan Teknologi. 32 hal.
- Zubachtirodin. 2011. Peningkatan hasil jagung melalui pendekatan PTT dalam konsep IP380 pada lahan sawah dan lahan kering (tingkat hasil ≥ 32 t/ha/tahun). Laporan akhir Rencana Penelitian Tingkat Peneliti (RPTP) Tahun 2012. Balai Penelitian Tanaman Serealia (belum dipublikasi). 65 hal.