

BAGAN WARNA DAUN: ALAT UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PEMUPUKAN NITROGEN PADA TANAMAN PADI

Leaf Color Chart: a Tool to Increase Nitrogen Fertilizer Efficiency in Rice

Erythrina

Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian
Jalan Tentara Pelajar No. 10, Bogor 16114, Indonesia
Telp. (0251) 8351277, Faks. (0251) 8350928, 8322933
E-mail: erythrina_58@yahoo.co.id; bbp2tp@litbang.pertanian.go.id

Diterima: 15 Juni 2015; Direvisi: 16 Desember 2015; Disetujui: 22 Januari 2016

ABSTRAK

Nitrogen (N) merupakan unsur hara utama pada tanaman padi, tetapi ketersediaannya terbatas pada hampir semua jenis tanah. Pemberian pupuk N secara berlebihan menyebabkan tanaman berwarna hijau gelap, mudah rebah, serta rentan terhadap hama dan penyakit. Di pihak lain, kekurangan N menyebabkan tanaman tumbuh kerdil, sistem perakaran tidak berkembang, daun menjadi kuning, dan gabah cenderung cepat rontok. Makalah ini mengulas perkembangan penggunaan bagan warna daun (BWD) pada tanaman padi sawah, mencakup cara dan manfaat penggunaannya dalam meningkatkan hasil gabah, menekan serangan hama dan penyakit tanaman, serta memperbaiki kondisi lingkungan. Pemberian pupuk N sesuai kebutuhan merupakan kunci dalam memperbaiki pertumbuhan tanaman untuk memperoleh hasil yang optimal. Waktu penggunaan BWD dapat dengan dua cara, yaitu: 1) berdasarkan kebutuhan tanaman, yaitu dengan membandingkan warna daun padi dengan skala warna pada BWD dan 2) berdasarkan waktu yang telah ditetapkan, yaitu pada saat pembentukan anakan aktif (21–28 HST) dan primordia (35–40 HST). Pemberian N yang berlebihan pada stadia awal pertumbuhan tanaman meningkatkan kerentanan terhadap hama wereng coklat dan penggerek batang serta penyakit blas, sehingga rekomendasi pupuk spesifik lokasi menjadi sangat penting. Gerakan penggunaan BWD secara masif ke depan dapat didukung melalui penggunaan kamera digital atau telepon seluler beresolusi tinggi.

Kata kunci: Padi, pemupukan, bagan warna daun, efisiensi pupuk N, produktivitas

ABSTRACT

Nitrogen (N) is the most important nutrient in rice, but its availability on almost all types of soil is limited. When N fertilizer is applied excessively, it resulted in dark green plants, susceptible to lodging, and vulnerable to pests and diseases. On the other hand, N deficiency causes stunted plant growth, undeveloped root system, leaf yellowing and quick falling grain. This article reviewed the use of leaf color chart (LCC) in rice crops, including a technical usage, the benefits of its use in improving productivity, suppressing plant pests and diseases, and improving environmental conditions. The addition of N fertilizer needed by plants is a key to improve plant

growth and production. LCC offers substantial opportunities for farmers to estimate plant N requirement in real time for efficient fertilizer use and high rice yields. There are two major approaches in the use of LCC: 1) based on rice requirement of N by matching the color of rice leaves with the scale on LCC and 2) based on rice growth stage, that is active vegetative tillering (21–28 days after planting) and reproductive phase (35–40 days after planting). High application rate of N at the initial phase growth increased plant susceptibility to brown planthopper and stemborer and blast disease, therefore specific fertilizer recommendations is very important. The use of LCC in a massive movement in the future could be supported by digital cameras or cellular phone with high resolution.

Keywords: Rice, nitrogen management, leaf color chart, N fertilizer efficiency, productivity

PENDAHULUAN

Petani telah lama menggunakan warna daun padi secara visual sebagai petunjuk untuk mengetahui kesuburan tanaman. Bagi petani, memandang hamparan padi di sawah yang berwarna hijau sungguh menyejukkan hati karena membawa sejuta harapan. Keadaan ini sering mendorong petani untuk memberikan pupuk urea dalam jumlah yang berlebihan, padahal cara ini dapat menimbulkan permasalahan.

Pemberian pupuk nitrogen (N) secara berlebihan menyebabkan anakan tanaman berwarna hijau gelap, lemas, tebal, dan berair (Oroka 2011) sehingga tanaman lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit (Qiu *et al.* 2004; Ballini *et al.* 2013). Pemberian N yang berlebihan juga memperlambat pematangan gabah, melunakkan jerami sehingga tanaman mudah rebah, dan menurunkan kualitas gabah (Qiu *et al.* 2004). Di pihak lain, kekurangan N menyebabkan tanaman tumbuh kerdil, perakaran terbatas, daun menjadi kuning karena kandungan klorofil rendah, produksi biomassa berkurang sehingga hasil menurun, dan gabah cenderung mudah rontok (Adhikari *et al.* 1999; Oroka 2011).

Nitrogen adalah unsur hara utama pada tanaman padi, tetapi ketersediaannya paling terbatas pada hampir semua jenis tanah (Dobermann *et al.* 2002). Nitrogen diperlukan tanaman dalam proses fotosintesis sebagai bahan pembuat zat hijau daun atau klorofil (Wanga dan Baerenklau 2014). Penambahan pupuk N yang sesuai dengan kebutuhan tanaman merupakan kunci dalam memperbaiki pertumbuhan tanaman untuk mendapatkan hasil yang optimal (Buresh 2007).

Melalui pendekatan pemupukan hara spesifik lokasi (PHSL), pemberian pupuk diatur berdasarkan hara yang dibutuhkan tanaman untuk memperoleh tingkat hasil tertentu, dikurangi ketersediaan hara secara alami di dalam tanah, penambahan bahan organik, sisa tanaman, pupuk kandang, dan unsur hara yang terbawa air irigasi (Peng *et al.* 1996). Pada tahun 2001–2004, hasil penelitian PHSL mulai dikembangkan melalui teknologi bagan warna daun (BWD) untuk membantu petani memantau status N dalam jaringan tanaman secara lebih objektif (Witt *et al.* 2005). Di Negara Bagian Bengali Barat, India, penggunaan BWD setelah tiga tahun mencakup 20% dari total rumah tangga petani padi sawah. Penggunaan BWD meningkatkan efisiensi pemupukan N dan mengurangi interval penyemprotan pestisida (Islam *et al.* 2007). Di Iran, penggunaan BWD dengan tiga kali pemberian pupuk N masing-masing 30 kg N/ha atau takaran total 90 kg N/ha, memberikan hasil gabah sebanding dengan takaran 120 kg N/ha dengan dua kali pemberian, dan menghemat pupuk N 25% (Houshmandfar dan Kimaro 2011; Yosef-Tabar 2013).

Di antara berbagai strategi manajemen pengelolaan N pada tanaman padi, penggunaan teknologi BWD adalah yang paling sederhana, murah, dan mudah untuk menentukan waktu pemberian dan takaran pupuk N yang optimal pada padi sawah (Fairhurst dan Witt 2002). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Litbang Pertanian menggunakan BWD dalam penentuan takaran dan waktu pemberian pupuk N untuk melengkapi alat pemupukan P dan K pada Perangkat Uji Tanah Sawah (Setyorini dan Abdulrachman 2008). BWD sangat baik untuk pengelolaan pemupukan N pada daerah terpencil yang tidak tersedia fasilitas untuk analisis tanah dan daun.

Setelah melalui penelitian yang cukup panjang di berbagai lembaga penelitian di banyak negara (Balasubramanian *et al.* 2000, 2002; Dobermann *et al.* 2002), dan uji verifikasi lapangan (Abdulrachman *et al.* 1999; Zaini dan Erythrina 1999; Singh *et al.* 2010), BWD mulai dipromosikan di negara-negara di Asia. Pada Juni 2004, lebih dari setengah juta keping BWD telah didistribusikan ke petani di enam negara di Asia Tenggara, dan jumlah yang lebih kecil disebarkan di 21 negara lain di Asia, Afrika, dan Amerika Latin (Witt *et al.* 2005). Di Indonesia, pada kurun waktu 1998–2014 telah didistribusikan sekitar 164.000 keping BWD (IRRI-Indonesia 2014). Abdulrachman *et al.* (2009) memasukkan BWD sebagai salah satu komponen teknologi PHSL yang

bersifat *compulsory* dalam pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) padi sawah. Teknologi PTT diadopsi oleh Direktorat Jenderal Tanaman Pangan sejak tahun 2008 dan diimplementasikan dalam bentuk Sekolah Lapang PTT (SL-PTT) padi sawah (Ditjenta 2012).

Tulisan ini mengulas perkembangan penggunaan BWD pada tanaman padi sawah, mencakup cara penggunaan untuk mendapatkan hasil panen yang tinggi serta manfaatnya dalam meningkatkan hasil, menekan serangan hama dan penyakit, serta memperbaiki lingkungan.

PRINSIP DASAR BAGAN WARNA DAUN

Nitrogen (N) merupakan salah satu unsur hara utama untuk pertumbuhan tanaman, sebagai komponen utama klorofil dan protein yang terkait erat dengan warna daun, pertumbuhan, dan hasil tanaman. Spektrum pemantulan daun tanaman atau kanopi berkorelasi dengan status N (Chen *et al.* 2010; Li *et al.* 2014).

Pada tahun 2001 telah dilakukan percobaan lapangan dengan menggunakan 10 varietas unggul padi yang ditanam dengan tiga tingkat takaran pemupukan N selama dua musim tanam dalam upaya mengembangkan pola spektrum pantulan target ideal protipe BWD (Witt *et al.* 2004). Pola spektrum pantulan menggambarkan komposisi cahaya yang dipantulkan daun padi pada seluruh spektrum panjang gelombang, dari biru (400 nm), lebih hijau (550 nm) ke inframerah (700 nm) (Peng *et al.* 1995). Berdasarkan spektrum pantulan, selanjutnya dikembangkan prototipe BWD berbentuk empat persegi panjang dengan enam skala warna, mulai dari hijau kekuningan sampai hijau tua.

Instrumen untuk mengukur spektrum pemantulan, yaitu klorofil meter (Lin *et al.* 2010; Cabangon *et al.* 2011), multi-spektral sensor (Reyniers *et al.* 2006), dan kamera digital komersial (Li *et al.* 2010; Sakamoto *et al.* 2011), digunakan dalam pertanian presisi untuk memantau pertumbuhan, mendiagnosis status N, dan pengelolaan tanaman spesifik lokasi. Singh *et al.* (2002) membandingkan penggunaan klorofil meter (SPAD) pada batas kritis 35 dan BWD skala 4 dan 5 terhadap hasil padi di India (Tabel 1). Hasil gabah tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara pembacaan klorofil meter dan BWD skala 4 maupun skala 5. BWD skala 4 cenderung memberikan nilai efisiensi agronomi tertinggi.

Yang *et al.* (2002) menemukan hubungan linier antara skala BWD dan konsentrasi N dalam daun pada setiap tahap pertumbuhan tanaman (R^2 0,25–0,97). Skala BWD terkait erat dengan nilai SPAD pada stadia anakan aktif dan inisiasi malai (R^2 0,62–0,98). Hal ini menunjukkan bahwa BWD sesuai digunakan petani padi pada waktu pemberian pupuk N susulan (*topdressing*). Intensitas warna hijau daun berkorelasi positif dengan kandungan

Tabel 1. Hasil gabah dan efisiensi agronomi pemupukan N berdasarkan nilai SPAD dan skala BWD.

Perlakuan N	Total pupuk N (kg/ha)	Hasil gabah k.a. 14% (t/ha)	Efisiensi agronomi (EA) (kg gabah/kg N diberikan)
0 N	0	3,4	-
Rekomendasi umum	120	5,8	20,0
SPAD 35	125	5,8	19,3
SPAD 35, tanpa pupuk N dasar	105	5,9	23,7
BWD skala 4	110	6,3	26,3
BWD skala 5	120	6,1	24,4

Sumber: Singh *et al.* (2002); EA = (hasil gabah perlakuan N dikurangi hasil gabah tanpa pupuk N) dibagi jumlah pupuk N yang diberikan.

klorofil dan hasil padi (Juliardi dan Abdulrachman 1997; Wang *et al.* 2014).

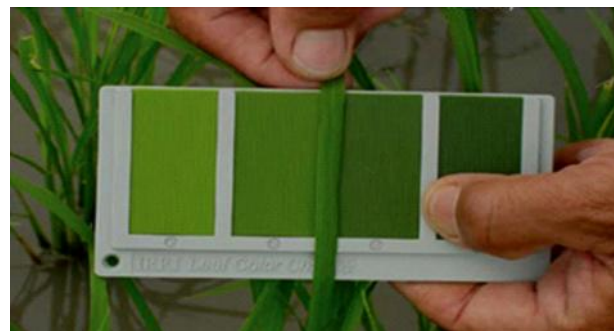
BAGAN WARNA DAUN

Petani umumnya memberikan pupuk N beberapa kali, tetapi interval pemberian, jumlah pupuk N tiap kali pemberian, dan waktu pemberiannya bervariasi. BWD awalnya dikembangkan di Jepang (Buresh 2007) untuk membantu petani menentukan intensitas warna daun yang berhubungan langsung dengan kandungan klorofil dan status N dalam daun. Peneliti Tiongkok dari Zhejiang Agricultural University kemudian mengembangkan BWD dan mengkalibrasinya untuk padi indica, japonica, dan padi hibrida (Peng *et al.* 1993, 1995).

Dua jenis BWD digunakan petani dan penyuluh, yaitu BWD dengan enam panel yang menggambarkan enam pita warna dari hijau kekuningan (skala 1) sampai hijau tua (skala 6) dan BWD dengan empat panel (skala 2–5). BWD empat panel mulai diperkenalkan pada tahun 2001 dengan menghilangkan dua panel di dua sisi ekstrem, yaitu skala 1 dan skala 6 (Gambar 1) (Witt *et al.* 1999).

Bagan warna daun dapat membantu petani untuk mengetahui waktu dan frekuensi pemberian serta takaran pupuk N (Witt *et al.* 2005). Pemberian pupuk N berdasarkan hasil pengukuran warna daun dengan BWD skala 4 dapat menghemat pemakaian pupuk 15–20% dari takaran yang umum digunakan petani tanpa menurunkan hasil (Tabel 2) (Nguyen dan Le 1999; Tin *et al.* 1999; Erythrina 2001).

Penelitian manajemen pemupukan N telah mengalami perubahan, yaitu: 1) dari pendekatan menekan kehilangan hara menjadi pemberian pupuk sesuai kebutuhan tanaman, 2) dari indikator utama *recovery efficiency* menjadi *agronomic efficiency*, yaitu setiap kg kenaikan hasil gabah per kg pupuk yang diberikan, dan *partial factor productivity* (PFP) yaitu jumlah gabah yang dihasilkan untuk setiap kg pemberian pupuk, 3) dari rekomendasi yang bersifat umum menjadi rekomendasi berdasarkan respons tanaman dan efisiensi agronomi



Gambar 1. Bagan warna daun dengan empat skala warna.

serta spesifik lokasi, dan 4) dari pemberian N yang berlebihan pada tahap awal pertanaman menjadi pemberian N sesuai stadia dan kebutuhan tanaman (Buresh 2007). Perubahan ini mengharuskan dosis pupuk N berbeda antarlokasi, musim tanam, dan varietas yang digunakan. Pengaruh spesifik lokasi pemupukan ini memberi peluang untuk meningkatkan hasil per unit pemberian pupuk, mengurangi kehilangan pupuk, dan memperbaiki efisiensi agronomi pupuk (Witt *et al.* 2005).

HUBUNGAN STADIA TANAMAN DAN PEMUPUKAN NITROGEN

Stadia pertumbuhan tanaman padi terdiri atas stadia pertumbuhan lambat mulai minggu pertama sampai minggu kelima setelah tanam dan stadia pertumbuhan cepat mulai minggu keenam sampai kedelapan setelah tanam, yang merupakan fase pembentukan anakan aktif (de Datta 1981). Pada stadia pembentukan anakan aktif, tanaman membutuhkan unsur hara N lebih banyak untuk mendukung pertumbuhan yang optimal. Sebaliknya pada stadia pertumbuhan awal, tanaman tidak memerlukan N dalam jumlah banyak. Pada minggu kesembilan hingga kesepuluh, tanaman padi kembali memasuki stadia pertumbuhan lambat (fase pembungaan).

Tabel 2. Efisiensi agronomi beberapa cara pemupukan N pada padi sawah varietas IR64 di Sumatera Utara, MH 1999/2000.

Pengelolaan pupuk N	Total pupuk N (kg/ha)	Hasil gabah k.a. 14% (t/ha)	Peningkatan hasil gabah (t/ha)	Efisiensi agronomi (kg gabah/kg N)
Kabupaten Simalungun				
Tanpa pupuk N ¹⁾	0,0	2.119	0	0
BWD skala 3	45,0	3.316	1.197	26,6
BWD skala 4	90,0	5.028	2.909	32,3
BWD skala 5	112,5	5.292	3.173	28,2
N displit dua kali ²⁾	135,0	5.237	3.118	23,1
Kabupaten Deli Serdang				
Tanpa pupuk N	0,0	2.341	0	0
BWD skala 3	45,0	3.522	1.181	26,2
BWD skala 4	90,0	5.174	2.833	31,5
BWD skala 5	112,5	5.490	3.149	28,0
N displit dua kali	135,0	5.576	3.235	24,0
Kabupaten Langkat				
Tanpa pupuk N	0,0	2.045	0	0
BWD skala 3	45,0	3.133	1.088	24,2
BWD skala 4	90,0	4.620	2.475	28,6
BWD skala 5	112,5	4.962	2.917	25,9
N displit dua kali	135,0	5.014	2.969	22,0

¹⁾Pupuk P dan K masing-masing diberikan 54 kg P₂O₅ dan 60 kg K₂O/ha.

²⁾Pupuk N cara petani sebagai pembandingan diberikan masing-masing 1/2 takaran pada umur 7 dan 21 HST.

Sumber: Erythrina (2001).

Takaran pemberian pupuk N sangat bervariasi di Jawa. Pemberian pupuk N takaran tinggi tidak menjamin peningkatan hasil gabah (Abdulrachman *et al.* 2004). Oleh karena itu, penggunaan BWD berkaitan erat dengan tingkat hasil padi sawah yang dapat dicapai di suatu tempat.

Pemberian pupuk N sekaligus pada awal pertanaman dapat menekan biaya tenaga kerja, tetapi pada waktu tersebut tanaman belum membutuhkan hara N. Di beberapa provinsi di Indonesia, petani memberikan pupuk N 40–70% dari takaran total sebagai pupuk dasar pada 0–20 hari setelah tanam (Gambar 2). Padahal berdasarkan rekomendasi pemupukan hara spesifik lokasi (PHSL), pada saat tersebut tanaman hanya membutuhkan N 30% dari takaran total (Singh *et al.* 2010). Sebaliknya pada saat tanaman memerlukan pupuk urea untuk pertumbuhan cepat, saat pupuk yang tersedia dalam tanah berkurang, petani memberikan pupuk N dalam jumlah yang jauh di bawah kebutuhan tanaman dibandingkan rekomendasi PHSL yaitu 35% dari total pupuk N untuk mendapatkan hasil yang optimal (Gambar 3).

WAKTU DAN CARA PENGGUNAAN BWD

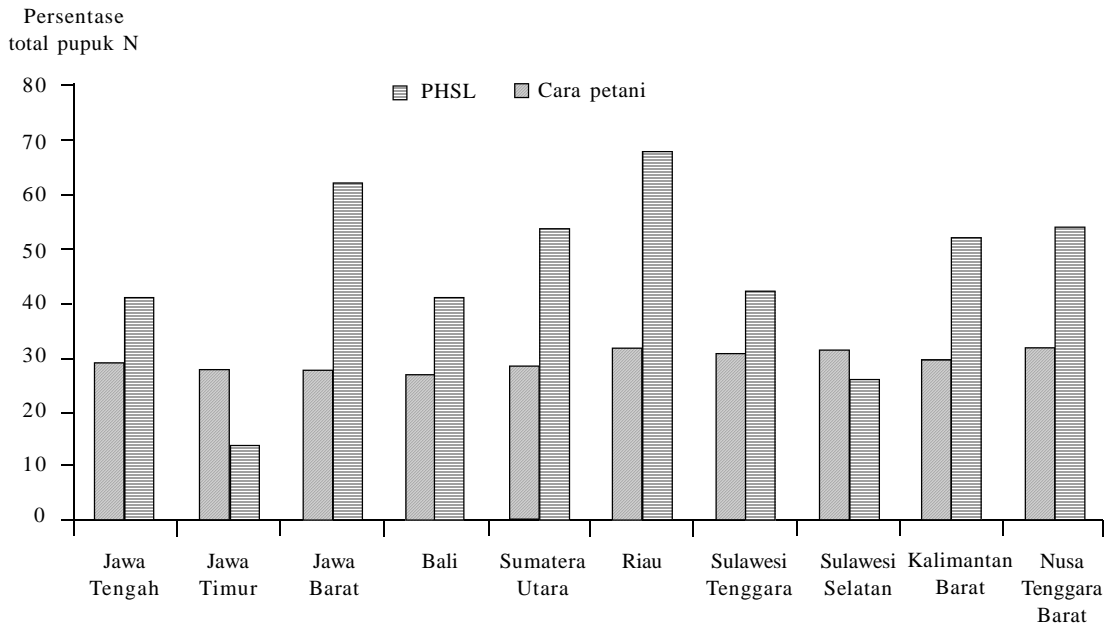
Waktu Penggunaan

Bagan warna daun hanya digunakan dalam pemberian pupuk susulan. Waktu penggunaan BWD dapat melalui

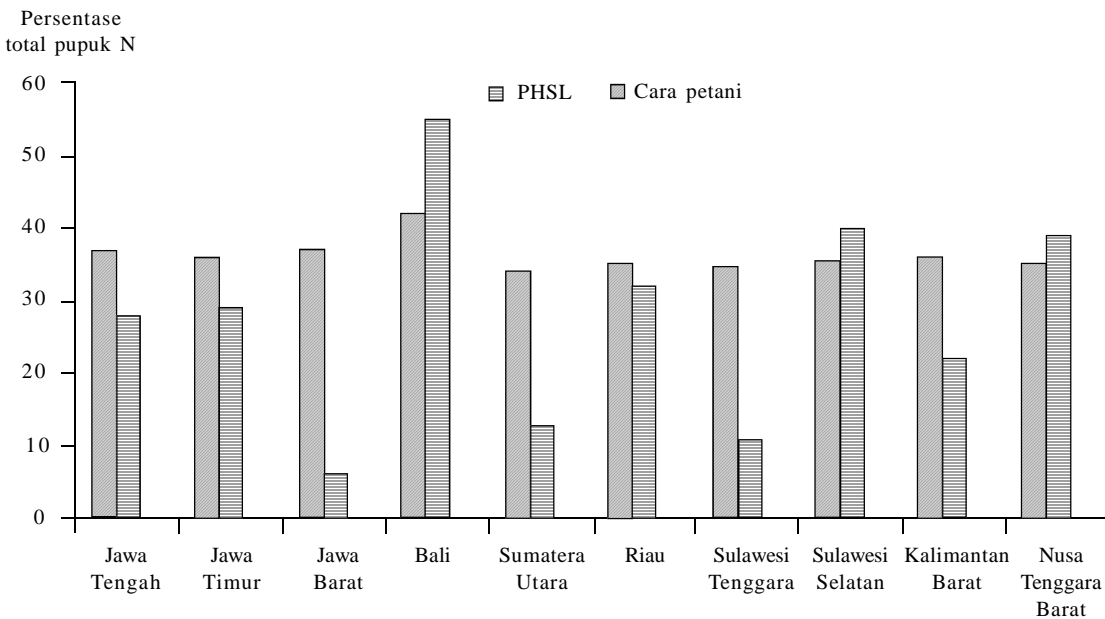
dua pendekatan. *Pertama*, berdasarkan kebutuhan tanaman, dengan membandingkan warna daun padi dengan skala warna pada BWD sejak tanaman berumur 21–45 HST. Tanaman segera diberi pupuk N bila warna daun berada di bawah skala 4 BWD (Tabel 3). Dengan cara ini petani perlu sering ke sawah untuk membandingkan warna daun padi dengan BWD. *Kedua*, berdasarkan waktu yang telah ditetapkan, yaitu pada saat pembentukan anakan aktif (21–28 HST) dan primordia (35–40 HST). Dengan cara ini hanya diperlukan dua kali pengukuran warna daun padi dengan BWD (Witt *et al.* 2005).

Pada umumnya hasil padi pada musim kemarau berbeda dengan hasil pada musim hujan. Tingkat hasil padi yang tercantum dalam Tabel 3 bukan hasil tertinggi yang ingin dicapai di semua tempat. Misalnya, di suatu tempat dengan tingkat hasil tertinggi 6 t GKG/ha, pemberian urea melebihi takaran yang dianjurkan belum tentu dapat menaikkan hasil menjadi 7 atau 8 t GKG/ha.

Bila warna daun berada pada skala 2 sampai 3 maka pupuk urea diberikan 125 kg/ha kalau hasil yang biasa dicapai di suatu tempat ialah 7 t/ha GKG. Urea cukup diberikan 75 kg/ha kalau hasil yang ingin dicapai 5 t/ha GKG (Tabel 3). Bila warna daun berada pada skala 3 dan 4 maka pupuk urea diberikan 100 kg/ha kalau hasil yang ingin dicapai 7 t/ha GKG. Pupuk urea cukup diberikan 50 kg/ha kalau hasil yang diinginkan 5 t/ha GKG. Bila warna daun pada skala 4 sampai 5, pupuk urea diberikan 50 kg/ha kalau hasil yang ingin dicapai 7–8 t/ha GKG dan tanaman tidak perlu dipupuk N kalau tingkat hasil adalah 5–6 t/ha.



Gambar 2. Persentase total pupuk N yang diberikan petani sebagai pupuk dasar pada 0–20 hari setelah tanam, n = 501 (Buresh *et al.* 2012).



Gambar 3. Persentase total pupuk N yang diberikan petani pada saat inisiasi malai, 34–45 hari setelah tanam, n = 501 (Buresh *et al.* 2012).

Cara Penggunaan

Untuk menggunakan BWD, dipilih secara acak 10 rumpun tanaman sehat pada hamparan yang seragam, kemudian dipilih daun teratas yang telah membuka penuh pada satu rumpun. Bagian tengah daun diletakkan di atas BWD dan dibandingkan antara warna daun dan skala warna pada BWD. Jika warna daun berada di antara 2 skala warna maka digunakan nilai rata-ratanya, misalnya 3,5 untuk warna antara 3 dan 4 (Erythrina 1999). Pada waktu mengukur

warna daun dengan BWD, perlu dihindari menghadap sinar matahari karena pantulan sinar matahari dari daun padi dapat memengaruhi pengukuran warna daun. Waktu pembacaan adalah pagi atau sore hari. Sebaiknya pengukuran dilakukan pada waktu yang sama dan oleh orang yang sama. Jika 6 atau lebih dari 10 daun yang diamati warnanya berada dalam batas kritis, yaitu di bawah skala 4, maka tanaman perlu segera diberi pupuk N susulan sesuai dengan tingkat hasil di tempat bersangkutan.

Tabel 3. Takaran pupuk urea sesuai dengan nilai warna daun pada BWD berdasarkan waktu yang telah ditetapkan dan kebutuhan riil tanaman.

Nilai warna daun dengan BWD	Hasil (t/ha GKG)			
	~ 5,0	~ 6,0	~ 7,0	~ 8,0
	Takaran pupuk urea yang digunakan (kg/ha), berdasarkan waktu yang telah ditetapkan			
2 – 3	75	100	125	150
Antara 3 dan 4	50	75	100	125
4 – 5	0	0–50	50	50
	Takaran pupuk urea yang digunakan (kg/ha), berdasarkan kebutuhan riil tanaman			
Di bawah 4	50	75	100	125

Tingkat hasil pada kondisi kebutuhan tanaman akan unsur lain seperti P dan K terpenuhi serta faktor lain seperti pengendalian organisme pengganggu tanaman dan pengelolaan air dilakukan secara optimal.

Sumber: Fairhurst dan Witt (2002).

Keterbatasan BWD

Beberapa faktor dapat memengaruhi pembacaan BWD, di antaranya varietas, kerapatan tanaman, radiasi matahari pada musim kemarau dan musim hujan, kadar hara lain di dalam tanah dan tanaman, serta cekaman biotik dan abiotik yang menyebabkan warna daun berubah (Witt *et al.* 2005). Tanaman yang mengalami kahat N memperlihatkan gejala pertumbuhan kerdil dan menguning dan daun lebih kecil dibanding daun tanaman sehat. Pada tanaman muda seluruh tanaman menguning, sedangkan pada tanaman dewasa daun bagian bawah berwarna hijau kekuningan hingga kuning (Oroka 2011).

Tanaman padi yang terinfeksi virus tungro juga menunjukkan perubahan warna daun yang bergradasi dari kuning hingga jingga. Gejala penyakit tungro dimulai dengan munculnya warna kekuningan pada ujung daun muda, kemudian diikuti klorosis di antara vena daun. Serangan tungro di suatu hamparan sawah pada umumnya berkelompok, suatu indikasi waktu infeksi berbeda-beda. Sebaran tanaman sakit yang mengelompok dapat menyebabkan hamparan tanaman padi terlihat bergelombang karena adanya perbedaan tinggi tanaman sehat dan tanaman sakit (Palmer 1981).

Memperbaiki manajemen pengelolaan pupuk N dan pemupukan berimbang merupakan komponen kunci dalam PHSL. Respons tanaman terhadap pemberian pupuk P dan K sering kali hanya terlihat melalui hasil gabah yang meningkat dengan peningkatan manajemen pupuk N dengan PHSL (Dobermann *et al.* 2004). Oleh karena itu, pelatihan penggunaan BWD bagi penyuluh dan teknisi pertanian dapat membantu mengoptimalkan penggunaannya. Mereka harus memahami bahwa penggunaan alat BWD tidak hanya meningkatkan efisiensi pemupukan dan penghematan pupuk N, tetapi juga berpengaruh positif terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia.

Jika dibandingkan bacaan klorofil meter dengan BWD, perbedaan antara dua skala warna BWD adalah 4 sampai 5 unit pada klorofil meter. Dengan demikian, BWD

tidak dapat mengukur kehijauan daun padi seakurat klorofil meter. Namun, pengujian di lapangan menunjukkan bahwa untuk tujuan praktis, BWD jauh lebih murah (Rp15.000/keping dibandingkan USD 1.500 harga klorofil meter) dan lebih sederhana untuk menentukan waktu aplikasi pupuk N yang tepat pada tanaman padi.

Hubungan Skala BWD dan Hasil Gabah

Nilai skala BWD dapat dikelompokkan dalam tiga bagian (Tabel 4), yaitu 1) hasil gabah meningkat, tetapi penggunaan pupuk N juga lebih tinggi, 2) penghematan penggunaan pupuk N tanpa mengurangi hasil gabah, dan 3) hasil gabah meningkat dan penggunaan pupuk N menurun (Balasubramanian *et al.* 2002).

Hubungan Skala BWD dengan Hama dan Penyakit

Serangan hama dan penyakit menyebabkan kehilangan hasil padi sekitar 37% setiap tahun (Heong *et al.* 2013). Selain pengelolaan tanaman yang baik dan benar, diagnosis kebutuhan N tepat waktu dan akurat dapat mengurangi kerugian hasil. Takaran N yang berlebihan meningkatkan kerentanan tanaman terhadap hama dan penyakit. Oleh karena itu, rekomendasi pupuk spesifik lokasi menjadi sangat penting. Pemberian N yang berlebihan pada stadia awal pertumbuhan meningkatkan intensitas serangan penyakit blas (Long *et al.* 2000), hama wereng coklat (Crisol *et al.* 2013; Fujita *et al.* 2013), dan penggerek batang (Chakraborty 2011). Abdulrachman *et al.* (2004) serta Fairhurst dan Witt (2002) mengemukakan pemberian pupuk N dosis tinggi pada stadia awal pertumbuhan tanaman menghasilkan nilai pembacaan BWD di atas skala 4 serta meningkatkan serangan penyakit blas dan wereng coklat.

Tabel 4. Penggunaan BWD dibandingkan pemupukan N cara petani di beberapa negara.

Perlakuan	Pupuk N (kg/ha)	Hasil gabah (kg/ha)	PFP-N	Penghematan N
	Maligaya (1), Filipina, tanam pindah, MK (14 petani)			
Cara petani	116	5.749	49	-
BWD skala 4	130	6.046	46	-14
	Maligaya (2), Filipina, tanam pindah, MK (9 petani)			
Cara petani	121	5.104	42	-
BWD skala 4	134	5.296	39	-14
	Cai Lay (1), Vietnam, sebar langsung, MH (28 petani)			
Cara petani	120	5.242	44	-
BWD skala 4	82	5.256	64	38
	Cai Lay (2), Vietnam, sebar langsung, MH (7 petani)			
Cara petani	99	6.342	64	-
BWD skala 4	77	6.314	90	22
	Omon, Vietnam, sebar langsung, MH (20 petani)			
Cara petani	108	4.440	41	-
BWD skala 4	98	4.811	49	10
	Huyen, Vietnam, sebar langsung, MH (20 petani)			
Cara petani	98	4.631	47	-
BWD skala 4	80	4.917	62	18
	Simalungun, Indonesia, tanam pindah, MK (60 petani)			
Cara petani	77	5.292	69	-
BWD skala 4	60	5.389	90	17
	Deli Serdang, Indonesia, tanam pindah, MK (60 petani)			
Cara petani	90	5.672	63	-
BWD skala 4	71	5.609	79	19

Sumber: Balasubramanian *et al.* (2002); PFP-N = *partial factor productivity* N, jumlah gabah yang dihasilkan untuk setiap kg pemberian N.

Hubungan Skala BWD dan Lingkungan

Petani umumnya memberikan pupuk N beberapa kali, tetapi interval pemberian, jumlah pupuk N dalam tiap pemberian, dan waktu pemberiannya bervariasi. Dari total pupuk urea yang diberikan kepada tanaman, hanya 50% yang dapat diserap oleh tanaman, sedangkan sisanya hilang karena tercuci maupun menguap ke udara (de Datta 1981).

Emisi gas N_2O dari lahan sawah meningkat dengan semakin tingginya takaran pupuk N (Engel *et al.* 2010; Weller *et al.* 2015). Pembentukan N_2O dipicu oleh kondisi hara N yang berlebihan di dalam tanah pada kondisi tidak jenuh air (Sander *et al.* 2014). Penerapan BWD dapat menekan secara langsung emisi N_2O karena waktu dan takaran pupuk N disesuaikan dengan kebutuhan tanaman sehingga mengurangi sisa N dalam tanah (Gaihre *et al.* 2014).

Penduduk di banyak negara berkembang umumnya menggunakan air tanah sebagai sumber air minum dan untuk kebutuhan rumah tangga. Kontaminasi nitrogen dan nitrat dalam air minum berbahaya bagi perempuan hamil dan bayi. Nitrat yang berlebihan dapat membatasi transportasi oksigen dalam darah dan pada bayi usia di bawah 4 bulan dapat menyebabkan kekurangan enzim yang diperlukan, yang mengakibatkan penyakit *baby blue syndrome* (Perlman 2015). Penggunaan pupuk N

berlebihan sampai skala 6 pada BWD berdampak negatif terhadap lingkungan, sehingga skala 6 dihilangkan dari BWD (Balasubramanian *et al.* 2002).

Diseminasi BWD melalui Teknologi Informasi

Perangkat lunak PHSL dapat diakses melalui <http://webapps.irri.org/nm/id/phsl>. Huruf "phsl" berarti pemupukan hara spesifik lokasi dan "id" berarti Indonesia. Perangkat lunak ini bermanfaat untuk 1) memperbaiki teknik pengelolaan hara/pupuk di tingkat petani, 2) menentukan target hasil berdasarkan rata-rata hasil yang pernah dicapai, 3) memberikan acuan rekomendasi takaran pupuk N untuk mencapai target hasil yang ditetapkan, dan 4) memberikan saran takaran pupuk N berdasarkan BWD (Buresh *et al.* 2012).

Teknologi ini ditujukan bagi para penyuluh pertanian dan teknisi di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian yang kantornya dilengkapi dengan fasilitas komputer dan internet atau menggunakan telepon pintar (*smart phone*) yang dilengkapi fitur Android. PHSL berbasis web diluncurkan di Indonesia pada Januari 2011 oleh Menteri Pertanian. Pengembangan PHSL secara terintegrasi dengan komponen teknologi lainnya dalam Pengelolaan

Tanaman Terpadu (PTT) diharapkan dapat berkontribusi dalam peningkatan produksi padi nasional.

KESIMPULAN

Pemberian pupuk N takaran tinggi pada stadia awal pertumbuhan tanaman tidak menjamin peningkatan hasil gabah, bahkan meningkatkan kerentanan tanaman terhadap hama dan penyakit. Penggunaan bagan warna daun (BWD) dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu: 1) berdasarkan kebutuhan riil tanaman, yaitu dengan membandingkan warna daun padi dengan skala warna pada BWD dan 2) berdasarkan waktu yang telah ditetapkan, yaitu pada saat pembentukan anakan aktif (21–28 HST) dan primordia (35–40 HST). Penggunaan BWD menghemat penggunaan pupuk N tanpa mengurangi hasil gabah. BWD jauh lebih murah dan lebih sederhana untuk menentukan waktu yang tepat aplikasi pupuk N pada tanaman padi.

Kemajuan penggunaan BWD di berbagai negara telah berkembang ke diseminasi secara masif menggunakan telepon seluler. Pelatihan penggunaan BWD bagi penyuluh dan teknisi pertanian dapat membantu penggunaannya secara optimal. Mereka harus memahami bahwa penggunaan BWD tidak hanya meningkatkan efisiensi pemupukan dan menghemat penggunaan pupuk N, tetapi juga berpengaruh positif terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrachman, S., I. Juliardi, and V. Balasubramanian. 1999. Nitrogen use efficiency in irrigated lowland rice at Sukamandi, West Java, Indonesia: An assessment using chlorophyll meter and other methods. Paper Presented in 2nd Cremnet Workshop Cum Group Meeting, 24–27th August 1999, Thanjavur-Tamil Nadu, India.
- Abdulrachman, S., N. Agustian, dan H. Sembiring. 2009. Verifikasi metode penetapan kebutuhan pupuk pada padi sawah irigasi. *Iptek Tanaman Pangan* 4(2): 105–115.
- Abdulrachman, S., Z. Susanti, Pahim, A. Djatiharti, A. Dobermann, and C. Witt. 2004. Site-specific nutrient management in intensive irrigated rice systems of West Java, Indonesia. *Increasing Productivity of Intensive Rice Systems Through Site-Specific Nutrient Management*. pp. 171–192.
- Adhikari, C., K.F. Bronson, G.M. Panuallah, A.P. Regmi, P.K. Saha, A. Dobermann, D.C. Olk, P.R. Hobbs, and E. Pasuquin. 1999. On-farm soil N supply and N nutrition in the rice-wheat system of Nepal and Bangladesh. *Field Crops Res.* 64: 273–286.
- Balasubramanian, V., A.C. Morales, R.T. Cruz, T.M. Thingarajan, R. Nagarajan, M. Babu, S. Abdulrachman, and I.H. Hai. 2000. Adoption of chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time nitrogen management in rice: a review. *Int'l. Rice Res. Notes* 25(1): 48.
- Balasubramanian, V., A.K. Makarim, S. Kartaatmadja, Z. Zaini, N.H. Huan, P.S. Tan, K.L. Heong, and R.J. Buresh. 2002. Integrated resource management in Asian rice farming for enhanced profitability, efficiency, and environmental protection. Presented at the International Rice Congress, Beijing, China, 16–21 September 2002. IRRI, Philippines.
- Ballini, E., T.T. Nguyen, and J.B. Morel. 2013. Diversity and genetics of nitrogen-induced susceptibility to the blast fungus in rice and wheat. *Rice* 6: 32–37.
- Buresh, R.J. 2007. Fertile progress. *Rice Today*. July–Sept. 2007: 32–33.
- Buresh, R.J., Z. Zaini, M. Syam, S. Kartaatmadja, Suyamto, R. Castillo, J. dela Torre, P.J. Sinohin, S.S. Girsang, A. Thalib, Z. Abidin, B. Susanto, M. Hatta, D. Haskarini, R. Budiono, Nurhayati, M. Zairin, H. Sembiring, M.J. Mejaya, and V.B.J. Tolentino. 2012. Nutrient manager for rice: A mobile phone and internet application increases rice yield and profit in rice farming. Paper presented on the International Rice Seminar, Indonesian Center for Rice Research, Sukamandi, West Java, Indonesia.
- Cabangon, R.J., E.G. Castillo, and T.P. Tuong. 2011. Chlorophyll meter-based nitrogen management of rice grown under alternate wetting and drying irrigation. *Field Crops Res.* 121: 136–146.
- Chakraborty, K. 2011. Influence of inorganic N fertilizer on plant characters, yield generation and the incidence of yellow stemborer (*Scirpophaga incertulas*) in the field of local scented paddy cultivar Tulaipanji. *Int'l. J. Appl. Biol. Pharmaceutical Technol.* 2: 264–273.
- Chen, P., D. Haboudane, N. Tremblay, J. Wang, P. Vigneault, and B. Li. 2010. New spectral indicator assessing the efficiency of crop nitrogen treatment in corn and wheat. *Remote Sens. Environ.* 114: 1987–1997.
- Crisol, E., M.L.P. Almazan, P.W. Jones, and F.G. Horgan. 2013. Planthopper-rice interactions: unequal stresses on pure-line and hybrid rice under similar experimental conditions. *Entomol. Exp. Appl.* 147: 18–31.
- De Datta, S.K. 1981. *Principles and Practices of Rice Production*. John Wiley & Sons, Inc. USA. 618 pp.
- Ditjentan. 2012. *Pedoman Umum Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT)*. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Dobermann, A., C. Witt, S. Abdulrachman, H.C. Gines, R. Nagarajan, T.T. Son, P.S. Tan, G.H. Wang, N.V. Chien, V.T.K. Thoa, C.V. Phung, P. Stalin, P. Muthukrishnan, V. Ravi, M. Babu, S. Chatuporn, M. Kongchum, Q. Sun, R. Fu, G.C. Simbahan, and M.A.A. Adviento. 2002. Site-specific nutrient management for intensive rice cropping systems in Asia. *Field Crops Res.* 74: 37–66.
- Dobermann, A., C. Witt, and D. Dawe. (Eds.). 2004. *Increasing productivity of intensive rice systems through site-specific nutrient management*. Science Publishers, Inc., Enfield, NH (USA) and International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños (Philippines). 410 pp.
- Engel, R., D.C. Liang, and R. Wallander. 2010. Influence of urea fertilizer placement on nitrous oxide production from a silt loam soil. *J. Environ. Qual.* 39: 115–125.
- Erythrina. 1999. Penggunaan alat bagan warna daun untuk efisiensi pemupukan urea pada padi sawah. Makalah disampaikan pada Pelatihan Dasar II PPL, Balai Latihan Pegawai Pertanian Gedong Johor, Medan, 29 Juli 1999. 10 hlm.

- Erythrina. 2001. Bagan warna daun: Menghemat penggunaan pupuk N pada padi sawah. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara, Medan. 16 hlm.
- Fairhurst, T. and C. Witt. 2002. Rice: a practical guide for nutrient management. Potash & Phosphate Institute/Potash & Phosphate Institute of Canada, Singapore, and International Rice Research Institute, Los Baños. 89 pp.
- Fujita, D., A. Kohli, and F.G. Horgan. 2013. Rice resistance to planthoppers and leafhoppers. *Crit. Rev. Plant Sci.* 32(3): 162–191.
- Gaihre, Y.K., R. Wassmann, A. Tirol-Padre, G. Villegas-Pangga, E. Aquino, and B.A. Kimball. 2014. Seasonal assessment of greenhouse gas emissions from irrigated lowland rice fields under infrared warming. *Agric. Ecosyst. Environ.* 184: 88–100.
- Heong, K.L., H.V. Chien, M.M. Escalada, and G. Trebuil. 2013. Reducing insecticide use in Southeast Asian irrigated rice fields: from experimental ecology to large scale change in practices. *Cah. Agric.* 22(5): 378–384.
- Houshmandfar, A. and A. Kimaro. 2011. Calibrating the leaf color chart for rice nitrogen management in Northern Iran. *Afr. J. Agric. Res.* 6(11): 2627–2633.
- IRRI Indonesia. 2014. IRRI Indonesia Quarterly Report. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Islam, Z., B. Bagchib, and M. Hossaina. 2007. Adoption of leaf color chart for nitrogen use efficiency in rice: Impact assessment of a farmer-participatory experiment in West Bengal, India. *Field Crops Res.* 103(1): 70–75.
- Juliardi, I. dan S. Abdulrachman. 1997. Improvement of N use efficiency through SPAD. *INMnet Bulletin* 1(3): 8.
- Li, F., B. Mistele, Y. Hu, X. Chen, and U. Schmidhalter. 2014. Reflectance estimation of canopy nitrogen content in winter wheat using optimized hyperspectral spectral indices and partial least squares regression. *Eur. J. Agron.* 52: 198–209.
- Li, Y., D. Chen, C.N. Walker, and J.F. Angus. 2010. Estimating the nitrogen status of crops using a digital camera. *Field Crops Res.* 118: 221–227.
- Lin, F.F., L.F. Qiu, J.S. Deng, Y.Y. Shi, L.S. Chen, and K. Wang. 2010. Investigation of SPAD meter-based indices for estimating rice nitrogen status. *Comput. Electron Agric.* 71(1): 60–65.
- Long, D.H., F.N. Lee, and D.O. TeBeest. 2000. Effect of nitrogen fertilization on disease progress of rice blast on susceptible and resistant cultivars. *Plant Dis.* 84: 403–409.
- Nguyen, N.D. and H.H. Le. 1999. Leaf color chart as a farmers' guide for N management in direct-seeded rice in Mekong Delta of Vietnam. Paper presented in 2nd Cremnet Workshop Cum Group Meeting, 24–27th August 1999, Thanjavur-Tamil Nadu, India.
- Oroka, F.O. 2011. Responses of rice and cowpea intercropping to nitrogen fertilizer and plant population: Vegetative growth and correlates of yield and yield components. *Libyan Agric. Res. Center J. Int'l.* 2(4): 174–179.
- Palmer, L.T. 1981. Grassy stunt, ragged stunt and tungro diseases of rice in Indonesia. *Trop. Pest Manag.* 27(2): 212–217.
- Peng, S., F.V. Garcia, M.R.C. Laza, and K.G. Cassman. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. *Agron. J.* 85: 987–990.
- Peng, S., K.G. Cassman, and M.J. Kropff. 1995. Relationship between leaf photosynthesis and nitrogen content of field-grown rice in the tropics. *Crop Sci.* 35: 1627–1630.
- Peng, S., F.V. Garcia, R.C. Laza, A.L. Sanico, R.M. Visperas, and K.G. Cassman. 1996. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. *Field Crops Res.* 47: 243–252.
- Perlman, H. 2015. Nitrogen and water. Excess nitrogen in water can harm people. <http://water.usgs.gov/edu/nitrogen.html> [14 Desember 2015].
- Qiu, H.M., J.C. Wu, G.Q. Yang, B. Dong, and D.H. Li. 2004. Changes in the uptake function of the rice root to nitrogen, phosphorus and potassium under brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae) and pesticide stresses, and effect of pesticides on rice-grain filling in field. *Crop Prot.* 23(11): 1041–1048.
- Reyniers, M., D.J.J. Walvoort, and J. de Baardemaaker. 2006. A linear model to predict with a multi-spectral radiometer the amount of nitrogen in winter wheat. *Int'l. J. Remote Sens.* 27: 4159–4179.
- Sakamoto, T., M. Shibayama, A. Kimura, and E. Takada. 2011. Assessment of digital camera-derived vegetation indices in quantitative monitoring of seasonal rice growth. *J. Photogramm Remote Sens.* 66: 872–882.
- Sander, B.O., M. Samson, and R.J. Buresh. 2014. Methane and nitrous oxide emissions from flooded rice fields as affected by water and straw management between rice crops. *Geoderma* 235: 355–362.
- Setyorini, D. dan S. Abdulrachman. 2008. Pengelolaan hara mineral teknologi tanaman padi. Padi: Inovasi Teknologi dan Ketahanan Pangan. Buku 1. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. hlm. 110–150.
- Singh, B., Y. Singh, J.K. Ladha, K.F. Bronson, V. Balasubramanian, V. Singh, and J. Khind. 2002. Chlorophyll meter- and leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in northwestern India. *Agron. J.* 94: 820–821.
- Singh, H., K.N. Sharma, G.S. Dhillon, Amanpreet, T. Singh, V. Singh, D. Kumar, B. Singh, and H. Singh. 2010. On-farm evaluation of real-time nitrogen management in rice. *Better Crops* 94(4): 26–28.
- Tin, H., S.S. Win, T. Aung, and A. Garcia. 1999. On-station and on-farm research with chlorophyll meter and leaf color chart for nitrogen management in irrigated lowland rice in Myanmar. Paper Presented in 2nd Cremnet Workshop Cum Group Meeting, 24–27th August 1999, Thanjavur-Tamil Nadu, India.
- Wanga, J. and K.A. Baerenklau. 2014. Crop response functions integrating water, nitrogen, and salinity. *Agric. Water Manag.* 139: 17–30.
- Wang, Y., D. Wang, P. Shi, and K. Omasa. 2014. Estimating rice chlorophyll content and leaf nitrogen concentration with a digital still color camera under natural light. *Plant Methods* 10: 36.
- Weller, S., D. Kraus, K.R.P. Ayag, R. Wassmann, M.C.R. Alberto, K. Butterbach-Bhal, and R. Kiese. 2015. Methane and nitrous oxide emissions from rice and maize production in diversified rice cropping systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 101: 37–53.
- Witt, C., A. Dobermann, S. Abdulrachman, H.C. Gines, W. Guanguo, R. Nagarajan, S. Satawatananont, T.T. Son, P.S. Tan, L.V. Tiem, G.C. Simbahan, and D.C. Olk. 1999. Internal nutrient efficiencies of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. *Field Crops Res.* 26(7): 113–128.
- Witt, C., J.M.C.A. Pasuquin, and R. Mutters. 2004. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane,

- Australia, 26 September–1 October 2004. www.cropscience.org.au/icsc2004.
- Witt, C., J.M.C.A. Pasuquin, R. Mutters, and R.J. Buresh. 2005. New leaf color chart for effective nitrogen management in rice. *Better Crops* 89(1): 36–39.
- Yang, W.H., S. Peng, J. Huang, A.L. Sanico, R.J. Buresh, and C. Witt. 2002. Using leaf color charts to estimate leaf nitrogen status of rice. *Agron. J.* 95(1): 212–217.
- Yosef-Tabar, S. 2013. Evaluation of use leaf color chart in rice for nitrogen management. *Sci. Agric.* 3(3): 66–69.
- Zaini, Z. and Erythrina. 1999. Indonesia experience in using leaf color chart for nitrogen management in irrigated, transplanted rice: Case of North Sumatra Province. Paper Presented in 2nd Cremnet Workshop Cum Group Meeting, 24–27th August 1999, Thanjavur-Tamil Nadu, India.