

Pemupukan Tanaman Gandum

Syafruddin

Balai Penelitian Tanaman Serealia

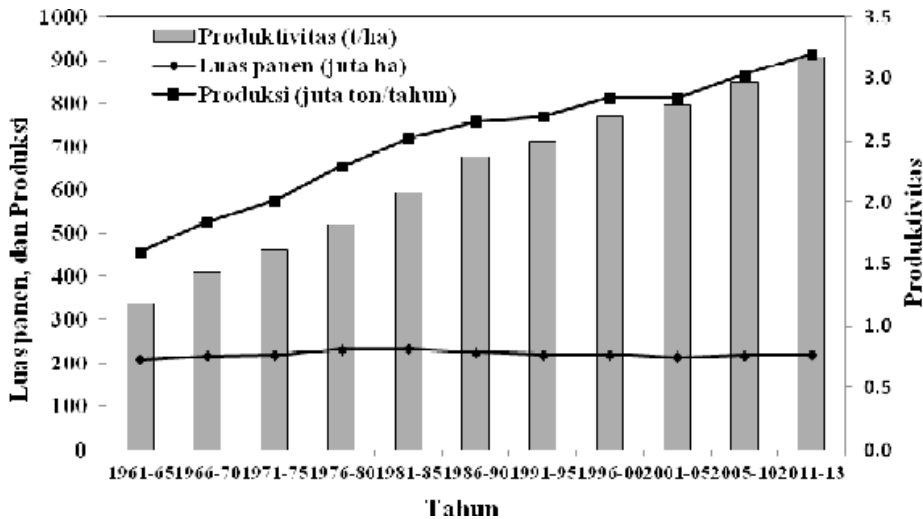
PENDAHULUAN

Dibandingkan dengan jagung dan padi, respon tanaman gandum terhadap pupuk lebih rendah, tercermin dari rata-rata produktivitas gandum dunia pada tahun 2013 yang hanya 3,2 t/ha. Produktivitas <4 t/ha lebih dominan yang mencapai 78% dari luas pertanaman gandum dunia, 172 juta hektar. Produktivitas gandum yang tinggi mencapai 7-9 t/ha di Perancis, Denmark, Inggris, Jerman, Belanda, Irlandia, dan Selandia Baru. Di China, produktivitas gandum termasuk sedang, 5 t/ha (FAOSTAT 2015).

Laju pertumbuhan produksi gandum dunia pada awal revolusi hijau tahun 1965 hingga 1990 meningkat 3,3% per tahun, tetapi pada periode 1991-2012 rata-rata pertumbuhan produksi gandum hanya sekitar 1,0 persen pertahun. Peningkatan produksi tersebut terutama disebabkan oleh peningkatan produktivitas. Pada periode 1961-1990 produktivitas gandum dunia meningkat dari 1,2 t/ha menjadi 2,5 t/ha atau meningkat 2 kali lipat, sedangkan perluasan areal tanam dari 207 juta ha menjadi 222 juta ha atau meningkat 6,7% (Gambar 1). Pada periode 1991-2013 produktivitas gandum meningkat dari 2,5 menjadi 3,2 t/ha, sedangkan luas tanam melandai. Peningkatan produktivitas yang tinggi pada periode 1961-1990, karena kontribusi relatif varietas unggul baru tipe batang pendek yang mempunyai potensi hasil lebih tinggi dibanding varietas sebelumnya. Di samping itu, penggunaan pupuk juga meningkat sama mendukung pengembangan varietas tipe batang pendek tersebut. Penggunaan pupuk untuk tanaman serealia (gandum, padi, sorgum, jagung, dan serealai lainnya) pada awal revolusi hijau tahun 1961-1965 rata-rata 36,5 juta ton/tahun, meningkat menjadi 133 juta ton/tahun pada periode 1986-1990 dengan rata-rata peningkatan 8,8%/tahun. Kemudian pada periode 1991-1995 sampai 2006-2010 penggunaan pupuk meningkat menjadi 153,9 juta ton/tahun yang berarti meningkat rata-rata 0,8% setiap tahun (Philips and Norton 2012).

Gandum menjadi pangan pokok sumber kalori utama bagi warga dunia, ditinjau dari jumlah konsumennya yang lebih banyak dibandingkan dengan beras atau jagung. Negara-negara di Eropa, Amerika Utara, Asia Selatan dan Asia Timur, Australia dan New Zealand, penduduknya menggunakan gandum sebagai makanan pokok dan negara-negara pengonsumsi beras pun sebagian penduduknya menjadi konsumen bahan pangan gandum, seperti halnya Indonesia, Filipina, dan Malaysia.

Indonesia yang semula tidak mengenal pangan yang bersumber dari gandum, kini lebih dari 90% penduduk telah menjadi konsumen gandum secara rutin dalam bentuk mie, roti, kue kering dan cake. Kebutuhan gandum Indonesia



Gambar 1. Produksi, luas tanam, produktivitas gandum dunia dalam periode 1961-2013 (FAOSTAT 2015).

meningkat rata-rata 10% setiap tahun, karena penambahan penduduk dan pola konsumsi yang meningkat. Kebutuhan gandum seluruhnya dipenuhi dari impor, dan Indonesia merupakan negara pengimpor gandum terbesar kedua setelah Mesir. Dalam tiga tahun terakhir (2012-2014) impor gandum mencapai > 7 juta/tahun dan setiap tahun impor gandum diperkirakan meningkat 5% (BPS 2015).

Tanaman gandum pada dasarnya tergolong tanaman subtropis. Namun pengembangannya di daerah tropika seperti di Indonesia memungkinkan pada wilayah dengan ketinggian >800 m dpl dengan temperatur <25°C. Oleh karena tanaman gandum berasal dari daerah subtropis, maka faktor pembatas utama pengembangannya di Indonesia adalah temperatur yang tinggi. Selain temperatur, kecukupan hara dari dalam tanah juga mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, hasil dan kualitas gandum. Umumnya tanah-tanah di daerah tropika basah defisiensi hara, terutama N, P, dan K. Karena itu, untuk mencukupi kebutuhan hara di dalam tanah diperlukan pemupukan. Pemberian pupuk yang tepat bersifat spesifik lokasi bergantung pada ketersediaan hara, bahan organik dalam tanah, dan target hasil yang ingin dicapai.

Pemberian pupuk yang dititikberatkan untuk mencapai hasil maksimal, berakibat negatif berupa efisiensi penggunaan pupuk yang rendah, ketidakseimbangan hara tanah, dan sebagian lahan kahat unsur mikro. Pemupukan harus mempertimbangkan ketersediaan hara dalam tanah dan produktivitas optimal yang bersifat spesifik lokasi. Pemupukan spesifik lokasi dengan dosis yang tepat akan diperoleh hasil yang optimal, meningkatkan efisiensi pemberian pupuk, dan menekan dampak negatif pemupukan. Pemupukan yang tepat menggabungkan rekomendasi dosis pemupukan anorganik dan anjuran penggunaan suplementasi bahan organik.

KEBUTUHAN HARA TANAMAN GANDUM

Tanaman gandum mempunyai pola serapan hara hampir sama dengan tanaman sereal lainya. Sebanyak 17 hara esensial yang dibutuhkan tanaman gandum untuk dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal dapat diperoleh dari dalam tanah, air, dan udara. Hara karbon, hydrogen, dan oksigen diperoleh dari udara atau air. Hara lainnya umumnya diperoleh dari dalam tanah. Nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) diklasifikasikan sebagai hara makro primer karena dibutuhkan dalam jumlah banyak dan ketersediaannya sering kekurangan dalam tanah. Sulfur (S), magnesium (Mg), dan kalsium (Ca) diklasifikasikan sebagai hara makro sekunder, karena dibutuhkan dalam jumlah agak banyak, namun ketersediaannya dalam tanah sering mencukupi dibanding hara primer. Hara besi (Fe), zinc (Zn), khlor (Cl), mangan (Mn), tembaga (Cu), boron (B), molybdenum (Mo), dan nikel (Ni) digolongkan sebagai hara mikro karena dibutuhkan dalam jumlah sedikit. Ketersediaan hara dan serapan hara oleh tanaman dipengaruhi oleh kondisi tanah, tanaman dan lingkungan, termasuk kelembaban tanah, suhu, pH, dan sifat kimia dan fisik tanah. Kecukupan dan keseimbangan hara dalam tanah sejak perkecambahan hingga fase pengisian biji sangat menentukan produktivitas tanaman gandum.

Untuk menghasilkan setiap satu ton biji, tanaman gandum menyerap hara N, P, dan Mg lebih banyak untuk pembentukan biji dibandingkan untuk jerami. Sebaliknya, hara K, S, dan Ca lebih banyak diserap untuk pembentukan jerami dibanding biji. Hara mikro Zn, B, dan Fe diserap hampir sama banyaknya untuk jerami maupun biji (Tabel 1).

Laju serapan hara N, P dan K sangat cepat, mulai pada saat pembentukan anakan sampai pembentukan malai. Hara N yang diperlukan tanaman telah terserap semuanya pada fase pembungaan, sedangkan P dan K terserap semuanya pada saat pembentukan malai (Tabel 2).

Tabel 1. Unsur hara yang diserap tanaman gandum dari setiap produksi 1 ton biji.

Hara	Biji (kg)	Brangkasan (kg)
Nitrogen (N)	24,83	11,67
Fosfor (P ₂ O ₅)	9,50	2,67
Kalium (K ₂ O)	5,50	20,00
Sulfur (S)	1,67	2,33
Magnesium (Mg)	2,50	2,17
Kalsium (Ca)	0,42	1,25
Tembaga (Cu)	0,01	0,004
Mangan (Mn)	0,03	0,08
Zink (Zn)	0,04	0,04
Boron (B)	0,01	0,01
Iron (Fe)	0,09	0,09

Sumber: Whitney (1997).

Tabel 2. Persentase serapan hara N, P, dan K oleh tanaman gandum pada setiap fase tumbuh.

Fase tumbuh	Serapan hara maksimum (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Perkecambahan	8	3	6
Pembentukan Anakan	25	17	36
Pemanjangan batang	49	47	72
Pembentukan daun bendera	71	64	95
Pembentukan malai	97	100	100
Pembungaan	100	93	82
Pembentukan biji	100	90	72
Masak fisiologi	100	86	68

Sumber: Heyland dan Werner (2014).

PEMUPUKAN N, P, K, DAN S

Pemupukan merupakan bagian integral dari teknologi peningkatan produksi tanaman. Pemupukan dalam takaran/jumlah, jenis hara, cara dan waktu pemberian yang tepat merupakan faktor kunci dalam peningkatan efisiensi pemupukan dan hasil. Umumnya tanah-tanah untuk pengembangan gandum di Indonesia kekurangan N, P, K atau S, sedangkan unsur mikro belum menjadi masalah.

Nitrogen

Nitrogen merupakan salah satu hara yang sangat menentukan dalam memperoleh hasil gandum yang tinggi. Nitrogen merupakan bagian dari klorofil, yang memungkinkan tanaman mengkonversi energi sinar matahari menjadi karbohidrat. Nitrogen berperan dalam pembentuk protein dan merupakan komponen DNA dan RNA pada setiap sel tanaman. Nitrogen paling banyak dibutuhkan tanaman dan sering menjadi defisien dibanding hara lainnya. Tanaman gandum seperti halnya sereal lainya sangat sensitif terhadap ketidakcukupan hara N dan sangat respon terhadap pemupukan N.

Nitrogen bersifat mobil dalam tanaman, pada kondisi suplai hara dari dalam tanah rendah, maka N pada daun tua ditransfer ke daun muda, sehingga gejala kekurangan hara akan tampak pada daun tua. Gejala tanaman gandum yang kekurangan N adalah tumbuh lambat, batang kecil, tipis dan mudah rebah, daun menyempit dan pendek, jumlah anakan berkurang dan hasil biji rendah. Apabila terjadi kahat N pada fase awal pertumbuhan maka seluruh permukaan daun berwarna hijau pucat atau hijau kekuningan yang disebabkan rendahnya klorofil daun. Jika kahat N pada fase pembentukan anakan, maka daun yang terletak pada bagian bawah menguning, dimulai dari pinggir ke tulang daun, kemudian berubah menjadi pucat kecokelatan dan akhirnya daun layu dan

anakan mati. Tanaman gandum menunjukkan gejala kekurangan hara N jika kadar N di daun <3,4% (Snowbal and Robson 1991). Kekurangan N sering dijumpai pada tanah dengan kandungan bahan organik rendah, bertekstur pasir, curah hujan tinggi, intensitas pertanaman tinggi, dan tanaman tergenang (Sharma and Kumar 2011).

Pemberian N yang berlebih dapat menyebabkan tanaman gandum mudah rebah, mudah terserang hama dan penyakit dan hasil panen rendah. Di samping itu, pemupukan N yang berlebih akan meningkatkan emisi gas N_2O dan NH_3 yang berdampak buruk terhadap lingkungan (Wang *et al.* 2014). Pemupukan N yang optimal pada tanaman gandum meningkatkan jumlah anakan, jumlah malai, panjang malai, jumlah biji/malai, bobot biji, hasil, indeks panen, dan kadar protein biji (Rahman *et al.* 2011; Woyema 2012, Shahzad *et al.* 2013, Yousaf *et al.* 2014).

Dosis pemupukan N perlu mempertimbangkan ketersediaan N dalam tanah, kandungan bahan organik, dan potensi hasil yang ingin dicapai. Tanah dengan kandungan bahan organik tinggi membutuhkan pupuk N lebih sedikit dibanding tanah dengan kandungan bahan organik rendah. Pada tanah dengan kandungan bahan organik >4% tanaman gandum membutuhkan 55-80 kg N/ha, pada tanah dengan bahan organik 2-4% membutuhkan 80-105 kg N, dan bila kandungan bahan organik tanah <2% tanaman gandum membutuhkan 105-130 kg N/ha (Shelley 2014). Secara umum takaran pupuk N untuk tanaman gandum untuk memperoleh hasil 4 t/ha adalah 80-125 kg N/ha (Leikam *et al.* 2003). Untuk menghasilkan biji gandum dengan kandungan protein tinggi memerlukan hara N relatif lebih banyak dibanding untuk produksi biji secara optimal (Whitney 1997).

Hasil penelitian pemupukan N pada tanah lempung liat berpasir dengan kandungan bahan organik rendah (1,1%) dan kandungan N sangat rendah (0,07 %) menunjukkan pemupukan N yang optimal untuk tanaman gandum adalah 100-120 kg/ha (Tabel 3). Takaran 100-120 kg N/ha menghasilkan jumlah malai/m² dan hasil biji yang nyata lebih tinggi dibanding pemberian 80 kg/ha (Rahman *et al.* 2011). Pada tanah lempung berliat dengan pH 8, bahan organik rendah 0,6% total N sangat rendah 0,03%, tanaman gandum membutuhkan pupuk N 120 kg N/ha. Pada takaran 120 kg N/ha, pertumbuhan tanaman jumlah biji/malai, bobot biji, hasil biji, dan indeks panen nyata lebih tinggi dibanding tanaman yang dipupuk dengan 100 kg N/ha. Apabila takaran pupuk dinaikkan menjadi 180 kg N/ha, hasil biji gandum sama dengan pemberian 120 kg N/ha (Tabel 4). Pada tanah liat pH 7,1 dengan bahan organik tergolong tinggi 4,5%, dan total N tergolong sedang 0,24%, tanaman gandum yang dipupuk 69 kg N/ha menghasilkan 4,33 t/ha (Tabel 5).

Pemupukan N pada tanah alkali atau bersifat basa memerlukan dosis 25% lebih tinggi dibanding tanah nonalkali (Gupta and Abrol 1990, Mehdi *et al.* 2007). Umumnya pemupukan N pada tanah alkali di Asia Selatan 150 kg N/ha yang diaplikasikan secara bertahap (Swarup and Yaduvanshi 2012).

Tabel 3. Pengaruh takaran pemupukan N terhadap malai, jumlah biji/malai, bobot biji dan hasil biji tanaman gandum pada tanah dengan bahan organik rendah (0,6%). Gazipur, Bangladesh, 2008.

Takaran N (kg/ha)	Jumlah malai/m ²	Jumlah biji/malai	Bobot 1.000 (g)	Hasil biji (t/ha)
80	286 b	35	48,8	3,03 b
100	306 a	36	49,0	3,61 a
120	305 a	37	49,4	3,73 a
LSD	18	tn	tn	0,28

Sumber: Rahman *et al.* (2011).

Tabel 4. Pengaruh takaran pemupukan N terhadap tinggi tanaman, jumlah biji/malai, bobot biji, dan hasil biji dan indeks panen tanaman gandum pada tanah dengan bahan organik (0,6%). D.I. Khan, Pakistan, 2010.

Takaran N (kg/ha)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah biji/malai	Bobot 1.000 biji (g)	Hasil (t/ha)	Indeks panen
0	47 e	25 d	39,7 d	1,72 d	28,5 d
80	71d	34c	41,9 c	2,16 c	32,2 c
100	85 c	40b	42,2 c	2,35 b	29,6 d
120	92 b	46 a	43,0 b	3,08 a	37,4 a
180	95 a	45 a	43,1 a	3,09 a	34,5 b
LSD	1,2	1,38	0,21	0,2	1,9

Sumber: Yousaf *et al.* (2014).

Tabel 5. Pengaruh takaran pemupukan N terhadap tinggi tanaman, panjang malai, bobot biji, dan hasil biji, indeks panen dan kandungan protein biji tanaman gandum pada tanah dengan bahan organik tinggi (4,5%). Sinana, Ethiopia, 2009.

Takaran N (kg/ha)	Tinggi tanaman (cm)	Panjang malai (cm)	Hasil (t/ha)	Indeks panen	Bobot 1000 biji (g)	Kandungan protein biji (%)
0	84,5 c	5,9 b	2,99 c	36 a	44,5 b	11,3 b
23	86,0 b	6,1 a	3,45 b	34 b	45,1 ab	11,3 b
46	88,2 a	6,2 a	3,85 b	32 c	45,9 a	11,9 b
69	89,4 a	6,2 a	4,33 a	32 c	45,9 a	13,0 a
LSD (P<,05)	1,4	0,12	0,27	0,02	1,07	0,71

Sumber: Woyema *et al.* (2012).

Selain takaran pupuk N yang tepat, sinkronisasi waktu pemberian N dengan kebutuhan tanaman juga sangat berperan dalam meningkatkan hasil, kualitas hasil, dan menekan kehilangan pupuk N. Umumnya tanaman menyerap N sangat cepat pada fase pertumbuhan vegetatif maksimum; karena itu pupuk N perlu diberikan pada fase pertumbuhan tersebut (Scharf and Lory 2002). Tanaman gandum akan tumbuh dengan cepat sejak fase 5 awal pemanjangan batang (Alley *et al.* 2009, Wise *et al.* 2014), sehingga pemberian pupuk N dalam jumlah yang sesuai pada awal fase 5 diperlukan untuk menunjang kebutuhan hara bagi tanaman.

Untuk mengurangi kehilangan pupuk dan meningkatkan efisiensi pemupukan N, sebaiknya aplikasi pupuk N dilakukan secara bertahap. Pemberian N secara bertahap meningkatkan jumlah anakan produktif, jumlah biji per malai, bobot biji, dan hasil, lebih tinggi dibanding pupuk diberikan semuanya pada awal tanam (Tabel 6 dan 7). Pemberian N secara bertahap juga

Tabel 6. Pengaruh waktu pemberian N terhadap indeks luas daun, tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, jumlah biji/malai, dan hasil biji gandum. D.I. Khan, Pakistan, 2006.

Waktu pemberian N	Indeks luas daun	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan produktif/m ²	Jumlah biji/malai	Hasil (t/ha)
Tanpa N	1,34 c	77 c	91d	37 d	1,051 d
Semuanya saat tanam	2,34 b	11 b	225 c	47 c	3,43 c
2/3 saat tanam + 1/3 60HST	2,49 b	113 ab	246 b	52 b	3,93 b
1/2 saat tanam + 1/2 saat 60 HST	2,98 a	115 a	257 ab	57 a	4,06 ab
1/3 saat tanam + 2/3 saat 60 HST	3,04 a	112 ab	269 a	57 a	4,15 a
LSD (5%)	0,21	3,8	12	2,4	0,196

Sumber: Naved *et al.* (2013).

Tabel 7. Pengaruh waktu pemberian N terhadap jumlah anakan produktif, jumlah biji/malai, bobot biji, dan hasil biji gandum. Peshawar, Pakistan, 2012.

Waktu pemberian	Jumlah anakan produktif/m ²	Jumlah biji/malai	Bobot 1.000 biji (g)	Hasil (t/ha)
100% S1 (saat tanam)	234 cd	51 a	39,93 ab	2,75 c
100% S2 (25 HST)	244 bc	42 d	40,89 a	2,65 c
100% S3 (45 HST)	227 d	47 bc	36,62 c	2,67 c
1/2S1 + 1/2S2	230 d	46	37,78 c	2,94 ab
1/2S1 + 1/2S3	229 d	48 b	38,23 bc	2,86 ab
1/2S2 + 1/2S3	251 b	46 bc	40,13 ab	2,96 a
1/3S1 + 1/2S2 + 1/2S3	266 a	45 c	41,33 a	2,78 bc
LSD (5%)	14	2	2,42	0,17

S1= saat tanam, S2= fase pembentukan anakan (25 HST), S3= fase booting (45 HST)

Sumber: Jan *et al.* (2011).

mengurangi peluang tanaman rebah (Murdock *et al.* 2009), meningkatkan efisiensi penggunaan hara N dan kandungan protein biji (Velasco *et al.* 2012). Pemupukan N secara bertahap diberikan sepertiga takaran N pada saat tanam (< 10 HST) dan dua pertiga takaran N pada antara fase pembentukan anakan dan awal pemanjangan batang (25-35 HST). Pada tanah yang kadar N rendah, pemberian N sebelum fase 2 sangat diperlukan untuk meningkatkan jumlah anakan (Wise *et al.* 2014). Apabila kadar N dalam tanah tinggi, pemupukan N cukup satu kali, yaitu semua takaran N diberikan pada awal fase pemanjangan batang 30 HST. Jika pupuk diberikan pada awal tanam maka tanaman mudah rebah dan banyak anakan tidak produktif. Kekurangan N pada fase awal pemanjangan batang menyebabkan banyak anakan mati sehingga populasi tanaman berkurang dan hasil menurun (Alley *et al.* 2009). Pemberian N pada fase pengisian biji tidak meningkatkan hasil, tetapi dapat meningkatkan kandungan protein (Alley *et al.* 2009, Heyland and Werner 2014).

Pemberian pupuk N secara bertahap dapat dilakukan dengan memantau warna daun (kehijauan daun) menggunakan Bagan Warna Daun (BWD) pada fase tertentu. Tingkat kehijauan daun menunjukkan status kecukupan hara N pada tanaman. Penggunaan BWD untuk menentukan tambahan pupuk N setelah pemberian N pada awal tanam (pemberian basal) meningkatkan efisiensi pemupukan N pada tanaman padi (Witt *et al.* 2005) dan jagung (Syafuruddin *et al.* 2008 dan Effendi *et al.* 2012). Pemberian N pada tanaman gandum berdasarkan BWD menghemat penggunaan pupuk N sebesar 29 kg N/ha (Singh *et al.* 2014). Pemberian 20 kg N/ha berdasarkan skala BWD setelah anakan maksimum meningkatkan hasil 0,8 t/ha (Alam *et al.* 2006). Batas kritis BWD untuk pemupukan N tambahan adalah pada skala 4-5 (Singh *et al.* 2012). Penggunaan BWD untuk menentukan tambahan pupuk N pada tanaman gandum tidak efisien jika dilakukan pada fase awal pertumbuhan (< 1 bulan setelah tanam) karena daun masih kecil, dan akan efektif jika tambahan N setelah pembentukan anakan maksimum (\pm 55 HST). Pemupukan N berdasarkan BWD dilakukan dengan cara pemberian 25 kg N/ha pada saat tanam sebagai pupuk dasar, 45 kg pada umur 14-2 HST, dan kemudian berdasarkan BWD pada fase pembentukan anakan maksimum. Jika nilai BWD < 4, tanaman dipupuk dengan 45 kg N/ha dan jika nilai BWD > 4 dipupuk 30 kg N/ha (Singh *et al.* 2012).

Sumber pupuk N yang umum tersedia di tingkat petani adalah urea (45-46% N), amonium sulfat/ZA (21% N dan 24% S), phoska (15% N, 15% P₂O₅, 15% K₂O), dan NPK (20%N, 10% K₂O, dan 10% P₂O₅). Pemupukan N menggunakan urea pada tanah dengan pH 5,9 tidak berbeda pengaruhnya terhadap pertumbuhan vegetatif maupun hasil gandum dibanding ZA (Tabel 8). Namun pada tanah alkali dengan pH.7,5 penggunaan pupuk yang berasal dari ZA lebih baik.

Tabel 8. Pengaruh sumber N terhadap tinggi tanaman, jumlah biji/malai, jumlah malai/m² bobot biji, dan hasil gandum. Selviria, Brazil, 2006.

Sumber N	Tinggi tanaman (cm)	Kandungan N daun (g/kg)	Jumlah biji/malai	Jumlah malai/m ²	Bobot 1000 biji (g)	Hasil (t/ha)
ZA	74,73 b	44,21 a	41 a	266 a	36,4 a	3,43 a
Urea	75,20 b	43,84 a	41 a	253 a	37,1 a	3,41 a
LSD (%)	1,08	1,19	1,6	16	1,2	1,63

Sumber: Filho *et al.* (2011)

Fosfor

Fosfor sangat penting dalam proses metabolisme tanaman, antara lain untuk pembentukan energy (ATP) dan fotosintesis, dan kompoen utama dari materi genetik DNA. P berpengaruh terhadap perkembangan akar, pembentukan anakan, pengisian biji, dan pemasakan biji.

Tanaman gandum yang kekurangan P berwarna hijau gelap, batang memendek, sistem perakaran tidak berkembang dengan baik (pendek dan kurang menyebar) dan dapat menunda pemasakan, ukuran biji dan malai kecil sehingga hasil menurun. P dalam tanaman bersifat mobil, jika pasokan hara P dalam tanah rendah, maka P akan dimobilisasi dari daun tua ke daun muda. Gejala kahat P pada daun akan menunjukkan warna ungu-kemerahan, dimulai dari ujung sampai pangkal daun. Tanaman gandum defisien P apabila pada daun mempunyai kadar P <0,2% (Snowbal and Robson 1991). Pada tanah yang kahat P, bahan organiknya rendah, bereaksi masam dengan pH <4,5, tanah alkalin atau kalkarik pH >7,5, dan top soilnya telah hilang karena erosi (Sharma and Kumar 2011).

Takaran pupuk P yang dibutuhkan tanaman gandum untuk memperoleh hasil 4 t/ha adalah 17 -67 kg P₂O₅/ha (Leikam *et al.* 2003). Pemberian P yang optimal meningkatkan indeks luas daun, jumlah anakan, dan bahan kering (Jiang *et al.* 2006, Khalid *et al.* 2004) bobot 1.000 biji, hasil dan biomas tanaman (Chaturvedi 2006). Pemberian P yang tepat meningkatkan serapan P dan N (Jiang *et al.* 2006).

Hasil penelitian pada tanah kalkareus dengan sifat lempung berpasir, pH 8,2, kandungan P (olsen) 8,0 ppm, kadar bahan organik 1,13% menunjukkan pemupukan P meningkatkan jumlah anakan, jumlah biji/malai, bobot biji, hasil dan indeks panen gandum. Takaran pupuk yang optimal pada tanah ini adalah 81 kg P₂O₅ (Tabel 9). Pemupukan P pada tanah kalkareus dengan tekstur lempung berpasir, pH tanah 8,08, kadar P 5,25 ppm, dan kandungan bahan organik 0,69% meningkatkan tinggi tanaman, jumlah biji/malai bobot biji, indeks luas daun, hasil dan indeks panen serta mempercepat masak fisiologi tanaman gandum (Tabel 10). Pemupukan optimal pada tanah ini adalah 120 kg P₂O₅/ha (Hussain *et al.* 2008).

Tabel 9. Pengaruh pemupukan P terhadap jumlah anakan, jumlah biji/malai, bobot biji, hasil, dan protein biji gandum pada tanah kalkareous (pH 8,2). Toba Tek Singh, Pakistan, 2006.

Takaran P ₂ O ₅	Jumlah anakan/m ²	Jumlah biji/malai	Bobot 1.000 biji (g)	Hasil (t/ha)	Protein biji (%)
0	229 d	26 c	26,28 d	1,58 d	8,01 d
47	271 c	31 b	31,92 c	3,33 c	9,66 c
81	307 a	39 a	36,25 a	3,94 a	11,29 b
111	295 b	37 a	34,48 b	3,67 b	12,35 a
LSD 0,05	7,6	1,9	1,047	0,107	0,083

Sumber: Rahim *et al.* (2010).

Tabel 10. Pengaruh pemberian P terhadap tinggi tanaman, jumlah biji, bobot biji, indeks luas daun, indeks panen dan masak fisiologi pada tanaman gandum tanah kalkareous (pH 8,08). Multan, Pakistan, 2007.

Takaran P ₂ O ₅ (kg/ha)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah biji/malai	Bobot 1.000 biji (g)	Indeks luas daun	Hasil (t/ha)	Indeks panen (%)	Masak fisiologi (hari)
60	89 c	41	36 c	4,19 c	3,57 c	38,82 c	138 a
90	91 b	43 ab	37 b	4,38 b	3,69 b	39,11 b	134 b
120	92 a	44	38 a	4,54 a	3,80 a	39,93 a	129 c
LSD	0,56	Ns	0,16	0,047	0,112	0,222	1,998

Sumber: Hussain *et al.* (2008).

Pemupukan P pada tanah lempung berpasir dengan pH netral (6,8) dan kandungan bahan organik 0,48% meningkatkan tinggi tanaman, jumlah malai, bobot 1.000 biji, dan hasil (Tabel 11). Takaran P optimal untuk tanaman gandum pada tanah ini adalah 22-44 kg P₂O₅/ha (Mojid *et al.* 2012).

P di dalam tanah tidak bersifat mobil, karena itu pemupukan P pada tanaman gandum jika memungkinkan dekat dengan benih dan pada awal tanam secara alur, terutama jika kadar P dalam tanah sangat rendah. Pemberian P pada awal tanam dimaksudkan untuk mempercepat perkembangan akar agar dapat menyererap hara lainnya dengan baik. Pemberian P dilakukan bersamaan dengan pemberian N tahap pertama. Hasil penelitian Rahim *et al.* 2010 menunjukkan pemberian P secara alur dekat benih meningkatkan hasil biji, kadar P dalam biji dan jerami, efisiensi penggunaan P total serapan P dan protein biji dibanding pemberian P secara sebar (Tabel 12). Pemberian P sekaligus pada awal tanam lebih baik dibanding secara bertahap (Tabel 13).

Sumber pupuk P yang umum tersedia di tingkat petani adalah pupuk tunggal SP36 (36% P₂O₅) dan TSP (45% P₂O₅), dan pupuk majemuk NPK. Hasil penelitian Maqbool *et al.* (2012) menunjukkan sumber pupuk P dalam bentuk TSP tidak

Tabel 11. Pengaruh takaran pemupukan P terhadap tinggi tanaman, jumlah malai, bobot biji, hasil, dan indeks panen pada tanah dengan pH netral (6,8).Mymensingh, Bangladesh, 2010.

Takaran P ₂ O ₅ (kg/a)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah malai/m ²	Bobot 1.000 biji (g)	Hasil (t/ha)	Indeks panen
0	94 a	296 a	41,03 a	2,82 a	36,4 a
22	100 b	343 b	40,96 a	3,51 ab	36,2 a
44	101 b	361 b	40,30 a	4,16 b	38,6 a
66	102 b	372 b	41,13 a	4,09 b	36,7 a
88	102 b	366 b	41,13 a	3,78 b	33,6 a
HSD0,05	3,9	41,9	2,98	0,8	5,0

Sumber: Mojid *et al.* (2012).

Tabel 12. Pengaruh cara pemberian pupuk P terhadap hasil biji, kadar P dalam biji dan jerami, efisiensi penggunaan P, total serapan P dan protein biji gandum.Toba Tek Singh, Pakistan, 2006.

Cara pemberian	Hasil (t/ha)	P dalam biji (%)	P dalam jerami (%)	Efisiensi penggunaan P (%)	Total serap P (kg/ha)	Protein biji (%)
Alur	3,17	0,156 a	0,108 a	10,98 a	10,09 a	10,73 a
Sebar	3,10	0,140 b	0,100 b	9,72 b	8,47 b	9,93 b
LSD (P=0,05)	0,076	0,003	0,0024	0,182	0,217	0,059

Sumber: Rahim *et al.* (2010).

Tabel 13. Pengaruh waktu pemberian P terhadap hasil, bobot jerami, indeks panen, dan total serapan P. Faisalabad, Pakistan, 2001.

Perlakuan	Hasil (t/ha)	Bobot kering jerami (t/ha)	Indeks panen (%)	Total serapan P (kg/ha)
Kontrol (tanpa P)	2,88 b	6,25 b	31,3	16,9 c
100% awal tanam	3,54 a	7,10 a	33,2	31,3 ab
50% awal tanam+50% pada 45 HST	2,98 b	6,60 b	33,1	37,4 a

Sumber: Yaseen *et al.* (2003).

Tabel 14. Pengaruh sumber pupuk P terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah malai, bobot biji, hasil dan indeks panen. D.I Khan, Pakistan, 2010.

Jenis pupuk	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan/m ²	Jumlah malai	Bobot 1.000 biji (g)	Hasil (t/ha)	Indeks panen
MAP	63,46	428,37	13,14	43,61	5,55	49,69
DAP	63,08	419,87	13,13	43,70	5,42	49,53
TSP	63,78	430,06	13,36	44,62	5,59	49,77
LSD (0,05)	TN	TN	TN	TN	TN	TN

MAP= mono-amonium posfat, DAP=Diamonium posfat (46% P₂O₅, 18% N), TSP=triple super posfat 45% P, TN (tidak nyata).
Sumber: Maqbool *et al.* (2012).

memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil gandum dibanding DAP maupun MAP (Tabel 14).

Kalium

Kalium berperan dalam aktivitas fungsi biokimia tanaman, misalnya mengaktifkan berbagai enzim dan co-enzim, pembentukan protein, karbohidrat dan kadar lemak, mengatur dalam membuka dan menutup stomata, sehingga tanaman dapat terhindar dari pengaruh kekeringan, meningkatkan ketahanan terhadap hama dan penyakit, dan tanaman tidak mudah rebah.

Gejala kahat K pada tanaman gandum adalah daun berwarna kuning, dimulai pada ujung daun kemudian menjalar ke sepanjang pinggir daun dan lambat laun daun berwarna coklat tetapi tulang daun tetap hijau. Pada tanaman yang sangat kahat K, anakan muda banyak yang mati sebelum membentuk malai, bila terbentuk, malai pendek sehingga sedikit biji yang dihasilkan, bobot biji ringan, tanaman mudah rebah, dan mudah terinfeksi fungi yang ada di tanah. Tanaman gandum kekurangan K apabila kandungan K dalam jaringan daun < 1,3% (Snowbal and Robson 1991). Kahat K umumnya dijumpai pada tanah bertekstur ringan karena terjadinya pencucian akibat curah hujan tinggi, bahan organik tanah rendah, pH yang ekstrim (basa atau masam), rasio Na:K, Mg:K, atau Ca:K tinggi (Sharma and Kumar 2011).

Takaran K pada tanaman gandum untuk mencapai hasil 4 t/ha adalah 17-72 kg K₂O/ha (Leikam *et al.* 2003). Hasil penelitian Tahir *et al.* (2008) dan Abbas *et al.* (2013) menunjukkan pemupukan K pada tanaman gandum meningkatkan jumlah anakan produktif, tinggi tanaman, jumlah biji per malai, bobot biji, dan hasil biji (Tabel 15). Pada tanah dengan pH 8,1 dan ketersediaan K 139 ppm, tanaman gandum membutuhkan 90 kg K₂O/ha (Tabel 16).

Tanaman gandum di wilayah tropis sering tidak bermalai (*unfertile*). Penyemprotan KNO₃ dengan dosis 10 kg/ha yang diaplikasikan sebelum tanaman berbunga akan membantu sinkronisasi pembungaan dan mengatasi tanaman *unfertile*.

Tabel 15. Pengaruh takaran pemupukan K terhadap jumlah anakan produktif, tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot biji, dan hasil. Faisalabad, Pakistan, 2005.

Takaran K ₂ O/ha	Jumlah anakan produktif/m ²	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah biji/malai	Bobot 1.000 biji (g)	Hasil (t/ha)
30	313 c	90, b	45 b	40,0 c	4,1 c
60	376 b	91, a	45 a	40,9 b	4,3 b
90	385 a	89, c	46 a	41,8 a	4,4 a
LSD (5%)	1,74	0,34	0,24	0,18	0,04

Sumber: Tahir *et al.* (2008).

Tabel 16. Pengaruh pemupukan K terhadap jumlah anakan produktif, tinggi tanaman, jumlah biji/malai, bobot biji dan hasil tanaman gandum. Miawali, Pakistan, 2008.

Takaran K ₂ O (kg/ha)	Jumlah anakan produktif	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah biji/malai	Bobot 1.000 biji (g)	Hasil (t/ha)
0	410 b	99 a	33 e	40 c	3,75 c
31	431 a	99 a	38 e	43 c	4,17 b
62	430 a	100 a	42 c	45 ab	4,45 a
93	431 a	100 a	47 a	49 a	4,53 a
124	430 a	100 a	46 b	47ab	4,48 ab
LSD	12,05	99,5	1,15	3,44	1,18

Sumber: Abbas *et al.* (2013).

Pemberian K lebih awal diperlukan untuk mendapatkan pertumbuhan dan hasil maksimum. Pada tanah berpasir dengan potensi pencucian hara K tinggi, pemberian K sebaiknya secara bertahap (dua kali aplikasi), setengah dosis diberikan pada awal tanam dan setengah dosis lainnya, pada fase pembentukan anakan. Pemberian K setelah fase pembentukan anakan kurang bermanfaat (Crozier *et al.* 2015).

Sumber pupuk K yang umumnya tersedia di petani adalah pupuk tunggal KCl (60-66% K₂O), kalium sulfat/ZK (50% K₂O dan 17% S), dan KNO₃ (13% N dan 44% K₂O), atau K dalam pupuk majemuk NPK.

Sulfur

Sulfur berperan sebagai pembentuk asam amino dan klorofil. Tanaman gandum yang kekurangan S akan memendek, kurus dan tipis, ukuran malai kecil dan jumlah biji per malai rendah (jumlah malai sangat berkontribusi terhadap hasil), pemasakan biji lambat. Gejala kahat S mirip dengan gejala kahat N, karena S dalam tanaman bersifat tidak mobil sehingga gejala klorosis terlihat pada daun

muda dan daun yang terletak dekat pucuk. Pangkal daun muda berwarna hijau pucat hingga kuning. Kekurangan S dalam tanaman tidak hanya sebagai faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman dan hasil biji, tetapi juga menurunkan kualitas biji dan tepung, karena S merupakan penyusun dari beberapa senyawa penting, seperti sistein, metionin, koenzim, thioedoxine, dan sulfolipids (Marschner 1997).

Kahat S pada tanaman gandum sering dijumpai pada tanah yang kandungan bahan organiknya rendah, tekstur berpasir, kadang juga pada tanah lempung berpasir dengan kandungan bahan organik sedang, atau pada tanah kalkarik (Sharma and Kumar 2011, Camberato and Casteel 2010). Kadar S pada daun gandum <0,15% menunjukkan tanaman kekurangan S (Leikam *et al.* 2003). Kadar S dan rasio N:S dalam jaringan tanaman digunakan untuk mengidentifikasi status S. Semakin rendah konsentrasi S dan semakin tinggi rasio N:S semakin besar kemungkinan tanaman kekurangan S. Kadar S dalam jaringan tanaman gandum <0,12% dan rasio N:S dalam jaringan tanaman >20:1 menunjukkan defisiensi S. Hara sulfur kemungkinan besar cukup jika kadar S dalam jaringan tanaman >0,20% dan rasio kadar N:S dalam jaringan tanaman <12:1. Apabila rasio kadar N:S lebih besar dari 15:1 dapat dilakukan pemupukan S sebanyak 24–48 kg S/ha (Camberato and Casteel 2010). Pemupukan S yang rasional pada tanaman gandum meningkatkan kapasitas fotosintesis dan protein daun pada setiap fase tumbuh, daun bendera, jumlah malai, jumlah biji per malai, bobot biji dan hasil (Chun-ying *et al.* 2005).

Pemupukan S pada tanah alkalin meningkatkan jumlah anakan, tinggi tanaman, panjang malai, jumlah biji/malai, bobot biji, bobot jerami, serapan S dalam biji dan hasil (Ali *et al.* 2012)

Penelitian pada tanah alkalin lempung berliat dengan pH 8,2, kandungan bahan organik 1,3%, dan kadar S(SO₄) 7,66 ppm menunjukkan pemupukan optimal adalah 50 kg S/ha dengan hasil 4,04 t/ha (Tabel 17).

Tabel 17. Pengaruh pemupukan S terhadap pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman gandum. Sheikhpura, Pakistan, 2010.

Takaran S (kg/ha)	Jumlah anakan/ 5 tanaman	Tinggi tanaman (cm)	Panjang malai (cm)	Jumlah biji/malai	Bobot 1.000 biji (g)	Bobot jerami (t/ha)	Hasil (t/ha)
0	64 c	87 c	7,4 c	42 c	32 c	4,53 d	3,2 c
25	96 b	105 a	9,5 b	56 b	43 b	5,03 c	3,6 b
50	110 a	98 b	10,7 a	63 a	47 a	5,80 a	4,0 a
75	96 b	100 ab	9,5 b	46 c	41 b	5,53 b	3,6 b
LSD	4,21	5,7	0,49	6,6	3,03	0,25	0,35

Sumber: Ali *et al.* (2012).

Selain berpengaruh pada hasil biji, hara S berpengaruh positif terhadap kualitas gabah dan tepung. Pemupukan S meningkatkan kandungan asam amino dalam protein. Pemberian S meningkatkan kandungan rata-rata sistein 24,5%, metionin 35,3%, treonin 14,4% dan lisin 7,7% lebih tinggi dibanding tanpa pemupukan S (Jarvan *et al.* 2008).

Sumber pupuk S yang dapat digunakan adalah gipsum (CaSO₄), kalium sulfat/ZK, dan amonium sulfat. Pemupukan menggunakan gipsum memberikan hasil yang sama dengan pemberian kalium sulfat (Ceh *et al.* 2008) dan amonium sulfat (Islam *et al.* 2013).

KESEIMBANGAN HARA

Pemupukan dengan takaran yang tepat dan seimbang antar berbagai hara meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan meningkatkan hasil biji secara berkesinambungan. Defisiensi salah satu hara yang dibutuhkan tanaman menurunkan efisiensi setiap hara, sehingga produktivitas tanaman menurun. Pemupukan pada tanaman sereal (jagung, padi, gandum dan sorgum) di tingkat petani umumnya mengutamakan penggunaan N dan cenderung dengan dosis berlebih dengan maksud untuk meningkatkan produktivitas. Pemberian pupuk N tanpa P dan K dan hara lainnya yang masih kekurangan menyebabkan keseimbangan hara terganggu. Pengaruh negatif ketidakseimbangan hara dapat berupa tanaman mudah rebah, persaingan dengan gulma, mudah terserang hama dan penyakit, serta penurunan produktivitas. Hasil penelitian Wang *et al.* (2008) pada tanah berkapur dengan tekstur lempung menunjukkan jika tanaman dipupuk lengkap dengan 375 N, 150 P₂O₅, 200 kg K₂O dan 15 Zn kg/ha memberikan hasil biji 7,79 t/ha tetapi jika salah satu hara yang dibutuhkan tidak diberikan, maka hasil menurun. Tanpa N, K, P dan Zn akan menurunkan hasil berturut-turut 53, 18, 4, dan 7%, dan jika tanpa pupuk terjadi penurunan hasil 56% (Tabel 18).

Tabel 18. Pengaruh pemupukan N,P,K, dan Zn terhadap hasil gandum. Shanxi, China, 2005.

Kombinasi pupuk (375 N, 150 P ₂ O ₅ , 200 K ₂ O, dan 15 Zn kg/ha)	Hasil (t/ha)	Penurunan hasil (%)
NPKZn	7,79	-
NPK (-Zn)	7,25	7
NKZn (-P)	6,35	18
NPZn(-K)	7,45	4
PKZn (-N)	3,60	54
Tanpa pupuk	3,44	56

Sumber: Wang *et al.* (2008).

PEMBERIAN BAHAN ORGANIK

Penggunaan pupuk anorganik pada awalnya meningkatkan produktivitas, tetapi dalam jangka panjang, terutama jika pemupukan tidak seimbang dan dengan intensitas pertanaman yang tinggi, menyebabkan degradasi kesuburan lahan, sehingga lambat laun produktivitas menurun. Karena itu, untuk menjamin keberlanjutan produksi diperlukan tambahan pupuk organik. Penelitian pemupukan jangka panjang (1988-2002) dalam pola tanam sorgum-gandum pada tanah Vertisol, typic Haplustert, menunjukkan pemberian pupuk setiap musim tanam menggunakan NPK+bahan organik atau NPK secara berimbang meningkatkan hasil setiap tahun pada tanaman sorgum masing-masing 0,044 dan 0,052 t/ha dan pada tanaman gandum 0,052, dan 0.103 t/ha (Manna *et al.* 2005). Jika hanya dipupuk dengan NP atau NK atau tanpa pemupukan terjadi penurunan hasil setiap tahun pada tanaman sorgum masing-masing 0,103; 0,119; dan 0,113 t/ha dan gandum 0,014; 0,046; dan 0,023 t/ha. Di samping meningkatkan hasil, indeks keberlanjutan hasil tanaman sorgum maupun gandum pada pemupukan NPK + bahan organik lebih tinggi dibanding pemberian pupuk NPK, NP, NK, dan tanpa pupuk (Tabel 19).

Pemberiaan bahan organik selain meningkatkan produktivitas, juga berdampak terhadap peningkatan efisiensi penggunaan pupuk anorganik dan dalam jangka panjang memperbaiki kesuburan biologi dan sifat fisik tanah. Hasil penelitian pemupukan jangka panjang pada tanah Inceptisol dengan pola tanam gandum-jagung menunjukkan pemberian pupuk organik atau separuh pupuk organik+NPK mempunyai kandungan C dan N yang lebih tinggi serta jumlah mikrobia aktif (jamur dan bakteri) lebih banyak dibanding pemupukan NPK, NP, NK dan tanpa pupuk (Mandal *et al.* 2007, Gong *et al.* 2009). Keseimbangan pemberian pupuk anorganik dengan organik meningkatkan

Tabel 19. Perubahan hasil, indeks keberlanjutan hasil pada penelitian pemupukan organik dan anorganik jangka panjang dalam pola tanam sorgum-gandum. Akola, India, 1988–2002.

Perlakuan		Perubahan hasil (t/ha)	t- statistik	Nilai-p	Hasil awal (t/ha)	Indeks keberlanjutan hasil
Sorgum (MT I), takaran pupuk 100 N, 50 P ₂ O ₅ , dan 40 K ₂ O kg/ha	Tanpa pupuk	-0,103	-3,095	0,008	1,63	0,02
	N	-0,119	-2,191	0,046	2,84	0,14
	NP	-0,113	-1,479	0,161	3,54	0,21
	NPK	0,044	0,573	0,576	3,41	0,27
	NPK+pupuk org.	0,052	0,734	0,476	3,4	0,41
Gandum (MT II) 100 N, 60 P ₂ O ₅ , dan 60 K ₂ O kg/ha	Tanpa pupuk	-0,014	-1,994	0,006	0,30	0,01
	N	-0,046	-2,177	0,047	1,38	0,15
	NP	-0,023	-0,621	0,544	1,65	0,21
	NPK	0,052	1,130	0,278	1,55	0,28
	NPK+pupuk org.	0,103	1,856	0,085	1,67	0,36

Sumber: Manna *et al.* (2005).

karbon tanah dan produktivitas tanaman tetap tinggi dalam jangka panjang (Liu *et al.* 2013, Brar *et al.* 2015).

Budi daya gandum di Indonesia umumnya setelah pertanaman sayuran di dataran tinggi. Pada pertanaman sayuran, petani menggunakan pupuk organik (kompos atau pupuk kandang), sehingga pupuk organik di areal tersebut cukup tersedia untuk tanaman gandum. Pemanfaatan jerami gandum untuk bahan baku pupuk organik juga perlu dilakukan sehingga terjadi siklus hara.

Pemanfaatan bahan organik perlu memperhitungkan kandungan haranya untuk menentukan takaran pupuk anorganik. Hasil penelitian Shah *et al.* (2010) menunjukkan bahwa penggunaan 25% N yang berasal dari kotoran sapi, kotoran ayam, atau sampah kota yang dikombinasi dengan 75% N dari urea untuk tanaman gandum memberikan pengaruh yang sama dengan pemberian 100% N urea (Tabel 20). Pemberian pupuk kandang 100% dari takaran N yang dibutuhkan tanaman tidak dapat mengganti seluruh kebutuhan hara N dalam meningkatkan produktivitas tanaman gandum, karena itu tetap diperlukan tambahan N yang berasal dari pupuk anorganik (urea). Hasil penelitian Shah dan Ahmad (2006) menunjukkan rasio yang baik pupuk kandang dengan urea adalah 25:75% atau 50:50% (Tabel 21).

Setiap sumber bahan organik mempunyai kandungan hara yang berbeda, karena itu diperlukan analisis kandungan hara dari bahan organik yang akan digunakan. Secara umum kandungan hara masing-masing bahan organik tercantum pada Tabel 22.

Tabel 20. Pengaruh pupuk organik terhadap tanaman gandum. Khyber, Pkhantunkhwa, Pakistan, 2005.

Kombinasi N dan pupuk organik*	Tinggi tanaman (cm)	Panjang malai (cm)	Jumlah biji/malai	Bobot 1.000 biji (g)	Hasil (t/ha)
Tanpa N	43 c	3,4 c	31 d	20,6 e	2,15 c
100% N	94 a	8,4 b	40 bc	40,1 bcd	2,85 ab
25% N kotoran sapi + 75% N urea	94a	8,5 b	42 ab	39,7 cd	2,70 ab
25% N kotoran ayam + 75% N urea	89 b	8,5 b	41 ab	39,4 d	2,55 b
25% N sampah kota + 75% N urea	95 a	8,4 b	40 bc	41,5 abc	2,90 ab
25% N kotoran sapi + 25% N kotoran ayam + 50% N urea	93 ab	8,4 b	39 bc	42,7 a	3,05 a
25% N kotoran sapi + 25% sampah kota + 50% N urea	95 a	8,5 b	38 c	41,9 ab	3,05 a
25% N sampah kota + 25% N kotoran ayam + 50% N urea	93 ab	9,1 a	43 a	41,3 abcd	2,80 ab
LS	4,3	0,34	3,116	2,1	0,7795

* = Total takaran N adalah 100 kg/ha
Sumber: Shah *et al.* (2010)

Tabel 21. Pengaruh kombinasi N-urea dengan N-pupuk kandang terhadap bobot jerami dan hasil gandum. Peshawar, Pakistan, 2002.

Urea (% N)*	Pupuk kandang (% N)*	Bobot jerami (kg/ha)	Hasil (kg/ha)
0	0	3.877 e	1.322 d
100	0	6.433 c	2.569 b
75	25	7.710 a	3.242 a
50	50	6.959 b	3.199 a
25	75	6.205 c	2.339 b
0	100	5.601 d	1.930 c
LSD 5%	283,5	191,7	

* Total takaran N adalah 120 kg/ha.

Sumber: Shah dan Ahmad (2006).

Tabel 22. Kandungan hara N, P, dan K beberapa bahan organik.

Bahan organik	Kandungan (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Serasah gandum	0,53	0,10	1,10
Serasah jagung	0,42	1,57	0,42
Serasah kedelai	5,55	0,34	2,41
Serasah kacang tanah	1,6-1,8	0,3-0,5	1,1-1,7
Sesbania	3,3	0,7	1,3
Krotalaria	2,6	0,6	2,0
Abu sekam	0,31	0,08	0,28
Jerami padi	0,5	0,30	1,20
Enceng gondok	2,30	0,24	1,98
Kotoran ayam	1,00	0,80	0,40
Kotoran domba	0,95	0,35	1,00
Kotoran Sapi	0,56	0,12	0,08
Kotoran kuda	0,70	0,25	0,55
Kotoran babi	0,50	0,35	0,40

Sumber: Syafruddin (2013), Chandra (2005).

PENUTUP

Selain temperatur yang relatif tinggi, ketersediaan hara yang rendah menjadi faktor pembatas utama dalam pengembangan gandum di Indonesia yang beriklim tropis basah. Untuk mencukupi kebutuhan hara tanaman agar diperoleh hasil gandum yang optimal pada tanah dengan suhu alami, diperlukan tambahan hara melalui pemupukan.

Pemupukan menggunakan prinsip 4T (tepat takaran/dosis, tepat jenis hara, tepat waktu, tepat metode). Perbedaan kesuburan tanah dan pengelolaan

tanaman akan menyebabkan perbedaan pemupukan, karena itu pemupukan bersifat spesifik lokasi. Seperti halnya tanaman padi dan jagung, pemupukan NPK pada tanaman gandum merupakan keharusan, apabila menginginkan hasil yang tinggi.

Hasil gandum dengan pemupukan optimal lebih rendah dibandingkan dengan hasil jagung atau padi. Hal itu kemungkinan disebabkan oleh sifat tanaman gandum yang kemampuannya membentuk biomas lebih rendah, dan tingkat partisioning fotosintat ke dalam “sink” juga rendah. Di wilayah tropis, dengan suhu malam hari tinggi, mengubah gula sebagai bahan biji menjadi CO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, G., J.Z.K. Kattak, G. Abbas, M. Ishaque, M. Aslam, Z. Abbas, M.Amer, and M.B. Khohar. 2013. Profit maximizing level of potash fertilizer in wheat production under arid environment. *Pak. J. Bot.* 45(3):961-965.
- Alam, M.M., J.K. Ladha, Foyjunnessa, Z. Rahman, S.R. Khan, Harun-ur-Rashid, A.H. Khan, and R.J. Buresh. 2006. Nutrient management for increased productivity office-wheat cropping system in Bangladesh. *Field Crops Res.* 96:374-386.
- Alley, M.M., P. Scharf, D.E. Brann, J.J. Hammons. 2009. Nitrogen management for winterwheat Principle and Recommendations. Virginia Cooperative Extension. Publication (424-026). p. 6.
- Ali, A., M. Arshadullah, S.I. Hyder, and I.A. Mahmood. 2012. Effect of different levels of sulfur on the productivity of wheat in a saline sodic soil. *Soil Environ* 31(1):91-95.
- BPS. 2015. Data kebutuhan dan import gandum Indonesia (data diolah). www.BPS.go.id. Tgl 15 Juni 2015.
- Brar, B.S., J. Singh, G. Singh, and G. Kaur. 2015. Effects of long term application of inorganic and organic fertilizers on soil organic carbon and physical properties in maize-wheat rotation. *Agronomy* 5:220-238;
- Camberato, J. and S. Casteel. 2010. Keep an eye open for sulfur deficiency in wheat. Agronomy Department, Purdue University. p. 3.
- Chaturvedi, I. 2006. Effects of different phosphorus levels on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Int'l. J. Plant Sci. (Muzaffarnagar)* 1(2):278-281.
- Chandra, K. 2005. Organic Manure. Regional Centre of Organic Farming, Bangalore. India. p. 46.
- Ceh, B., R. Hrastar, A. Tajnsek, and I.J. Kosir. 2008. Impact of source and application time of sulphur on the yield, oil content and protein content in winter oilseed rape. *Acta agriculturae Slovenica* 91(1):5-14.
- Chun-ying, M., L. Yan-ming, H. Jin-ling. 2005. Effects of different dose of sulfur fertilizer on photosynthetic characteristics and grain yield in winter wheat. *J. Plant Nutrition and Fertilizer Science* 11(2):211-217.
- Crozier, C., R. Heiniger, and R. Weisz. 2015. Nutrient management for small drains. // www.smallgrains.ncsu.edu (15 oktober 2015). p. 7.

- Earth Policy Institute. 2015. Fertilizer consumption and grain production for the world, 1950-2013. www.earth-policy.org. Tgl. 18 November 2015.
- Effendi, R., Suwardi, Syafruddin, dan Zubactirodin. 2012. Penentuan takaran pupuk Nitrogen pada tanaman jagung hibrida berdasarkan klorofil meter dan bagan warna daun. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(1):27-34.
- FAOSTAT. 2015. Harvest area, production, yiel of wheat. www.fao.org. Tgl 12 November 2015.
- Filho, M.C.M.T, S.B.M. Andreotti, and O.A. M. Eustaquio de SaIII. 2011. Application times, sources and doses of nitrogen on wheat cultivars under no till in the Cerrado region *Ciência Rural*, Santa Maria, 41(8):1375-1382.
- Gong, W., Z. Yang, J. Wang, T. Hu, and Y. Gong. 2009. Long-term manure and fertilizert eeffect on soil organic matter fractions and microbes under a wheat-maize cropping system in Northern China. *Geoderma* 149: 318-324.
- Gupta, R.K. and I.P. Abrol. 1990. Salt-affected soils: their reclamation and management forcrop production. *Adv. Soil Sci.* 11: 223-288.
- Heyland, K.Y and A. Werner. 2014. Wheat (*Triticum aestivum* L., T. durum Desf.) Lehrstuhl fuer Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzuechtung, University of Bonn, Germany..http://afghanag.ucdavis.edu/b_field-crops/wheat-1/FS_Wheat_Fert_WFUM_IFA.pdf. Tgl 10 September 2014.
- Hussain, N., M.B. Khan, and R. Ahmad. 2008. Influence of phosphorus application and sowing time on performance of wheat in calcareous soils. *Int. J. Agri. Biol.*10: 399-404.
- Islam, M., M. Akmal, and M.A. Khan. 2013. Effect of phosphorus and sulfur application nutrient balance under chickpea monocropping. *Romanian Agricultural Research* 30:223-232.
- Jan, M.T, M.J. Khan, A. Khan, M. Aif, Farhatullah, D. Jan, M. Saeds, and M.Z. Rafrid. 2011. Improving wheat productivity through source and timing of nitrogen fertilization. *Pak. J. Bot.* 43(2): 905-914.
- Jarvan, M., L. Edesi, A. Adamson, L. Lukme, and A. Akk. 2008. The effect of sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat. *Agronomy Research* 6(2):459-469.
- Jiang, Z.Q., C.N. Feng, L.L. Huang, W.S. Guo, X.K. Zhu, and Y.X. Peng. 2006. Effects of phosphorus application on dry matter production and phosphorus uptake in wheat. *Plant Nut. and Fert. Sci.* 12(5): 628-634.
- Khalid, S., M. Shafi, S. Anwar, J. Bakht, and A.D. Khan. 2004. Effect of nitrogen and phosphorus application on the yield and yield components of wheat. *Sarhad J. Agric.* 20(3): 347-353.
- Leikam, D.F., R.E. Lamond, and D.B. Mengel. 2003. *Soil Test Interpretations and Fertilizer Recommendations*. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. p. 20.
- Liu, E., C. Yan, X. Mei, Y. Zhang, and T. Fan. 2013. Long-term effect of manure and fertilizer on soil organic carbon pools in dryland farming in Northwest China. *Plos One* 8(2): 1-9.
- Maqbool, M.M., M. Ahmad, A. Ali, R. Mehmood, M. Ahmad, and M. Sarwar. 2012. Optimizing the method and source of Phosphatic Nutrition for wheat (*Triticum astivum* L.) Under Agro-Climate of Dera Ghazi Khan, Pakistan. *Pakistan Journal of Nutrition* 11(9): 787-792.

- Mandal, A., A.K. Patra, D. Singh, A. Swarup, and R.E. Mastro. 2007. Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. *Bioresource Technology* 98: 3585-3592.
- Manna, M.C., A. Swarup, R.H. Wanjari, H.N. Ravankar, B. Mishra, M.N. Saha, Y.V. Singh, D.K. Sahi, and P.A. Sarap. 2005. Long-term effect of fertilizer and manure application on soil organic carbon storage, soil quality and yield sustainability under sub-humid and semi-arid tropical India. *Field Crops Res.* 93: 264-280.
- Marschner, H. 1997. Sulfur Supply, Plant Growth, and Plant Composition. In: *Mineral Nutrition of Higher Plants*, Academic Press, Cambridge. p. 261-265.
- Mehdi, S.M., M. Sarfraz, G. Shabbir, and G. Abbas. 2007. Effect of inorganic nitrogenous fertilizer on productivity of recently reclaimed saline sodic soils with and without biofertilizer. *Pakistan. J. Biol. Sci.* 10: 2396-2401.
- Mojid, M.A., G.C.L. Wyseure, and S.K. Biswas. 2012. Requirement of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers for wheat cultivation under irrigation by municipal wastewater. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12(4): 655-665.
- Murdock, L., J. Grove, and G. Schwab. 2009. Fertilizer Management. In: *Lee et al. (Eds.): Comprehensive Guide to Wheat Management in Kentucky*. Cooperative Extension Service. University of Kentucky College of Agriculture, Lexington. p. 25-29.
- Naveed, K., M.A. Khan, M.S. Baloch, N. Khan, and M.A. Nadim. 2013. Effect of time of nitrogen application on morphology and physiological attributes of dual-purpose wheat. *Pak. J. Bot.* 45(4): 1299-1305.
- Phillips, S. and R. Norton. 2012. Global Wheat Production and Fertilizer Use. *Better Crops* 96(3): 4-6.
- Rahim, A.M., Ranjha, Rahamtulla, and E.A. Waraich. 2010. Effect of phosphorus application and irrigation scheduling on wheat yield and phosphorus use efficiency. *Soil and Environ.* 29(1):15-22.
- Rahman M.A., M.A.Z. Sarker, M.F. Amin, A.H.S. JAHAN, and M.M. Akhter. 2011. Yield response and nitrogen use efficiency of wheat under different doses and split application of nitrogen fertilizer. *Bangladesh J. Agril. Res.* 36(2): 231-240.
- Scharf, P.C. and J.A. Lory. 2002. Best management practices for nitrogen fertilizer in Missouri. University of Missouri. Extension Publication. p.11.
- Sharma, M.K. and P. Kumar. 2011. A Guide to Identifying and Managing Nutrient Deficiencies in Cereal Crops. International Plant Nutrition Institute (IPNI). p. 50.
- Shah, S.A., S.M. Shah, W. Mohammad, M. Shafi, H. Nawaz, S. Shehzadi, and M. Amir. 2010. Effect of integrated use of organic and inorganic nitrogen sources on wheat yield. *Sarhad J. Agric.* 26(4): 559-565.
- Shah, Z. and M.I. Ahmad. 2006. Effect of integrated use of farm yard manure and urea on yield and nitrogen uptake of wheat. *J. of Agricultural and Biological Sci.* 1(1): 60-65.
- Shahzad, K.A. Khan, and I. Nawaz. 2013. Response of wheat varieties to different nitrogen levels under agroclimatic conditions of Mansehra. *Sci. Tech. and Dev.* 32(2): 99-103.
- Shelley, K.B. 2014. Nitrogen fertilizer rates and application timing for winter wheat in Wisconsin-What are the economic optimums. Univ. of Wisconsin-Extension Nutrient and Pest Management Program. p. 12.

- Singh, V., B. Singh, Y. Singh, H.S. Thind, G. Singh, and S. Kaur. 2012. Establishment of threshold leaf colour greenness for needbased fertilizer nitrogen management in irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.) using leaf colour chart. *Field Crops Res.* 130:109-119.
- Singh, V., B. Singh, H.S. Thind, Y. Singh, R.K. Gupta, S. Singh, M. Singh, K. Satwinderjit, M. Singh, J.S. Brar, A. Singh, J. Singh, Kumar, S. Singh, A. Kaur, and V. Balasubramanian. 2014. Evaluation of leaf colour chart for need-based nitrogen management in rice, maize and wheat in north-western India. *Journal of Research* 51 (3 and 4): 239-245.
- Snowball, K. and A.D. Robson. 1991. Nutrient Deficiencies and Toxicities in Wheat: A Guide for Field Identification, Mexico, D.F.: CIMMYT. p. 82.
- Swarup, A. and N.P.S. Yaduvnshi. 2012. Nutrient and water management in salt-affected soils in relation to crop production and environment. *In: Soil Science in the Service of Nation.* Indian Society of Soil Science, New Delhi, India. p. 68-78.
- Syafruddin, S. Saenong, dan Subandi. 2008. Penggunaan bagan warna daun untuk efisiensi pemupukan N pada tanaman jagung. *Jurnal Penelitian Tanaman Pangan* 27(1): 24-31.
- Tahir, M., A. Tanveer, A. Ali, M. Ashraf, and A. Wasaya. 2008. Growth and yield response of two wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to different potassium levels. *J. Life Soc. Sci.* 6(2): 92-95.
- Velasco, J.L, H.S. Rozas, H.E. Echeverrý, and P.A. Barbieri. 2012. Optimizing fertilizer nitrogen use efficiency by intensively managed spring wheat in humid regions: Effect of split application. *Can. J. Plant Sci.* 92: 847-856.
- Wang, H., P. He, B. Wang, P. Zhao, and H. Guo. 2008. Nutrient management within a wheat-maize rotation system. *Better Crops.* 92(3):12-14.
- Wang, G., X. Chen, Z. Cui, S. Yue, F. Zhang. 2014. Estimated reactive nitrogen losses for intensive maize production in China Agriculture. *Ecosystems and Environment* 197: 293-300.
- Whitney, D.A. 1997. Nutrient management. *inwheat production handbook wheat production handbook.* Kansas State University. p.13-16.
- Wise, K., B. Johnson, C. Mansfield, and C. Krupke. 2014. *Managing Wheat by Growth Stage.* Purdue university. p. 6.
- Whitney, D.A. 1997. Nutrient Management. *In "Wheat Production Handbook".* Kansas State University. p.12-15.
- Witt, C., J.M.C.A. Pasuquin, R. Mutters, R.J. Buresh. 2005. New leaf color chart for effective nitrogenmanagement in rice. *Better Crops* 89:36-39.
- Woyema A1, Bultosa G*2 and A Taa3. Efect of different nitrogen fertilizer rates on yield and yield related traits for seven durum wheat (*Triticum turgidum* L. var Durum) cultivar grown at Sinana, Sout Easternr Ethiopia. *African J. Of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 12(3): 6079-6094.
- Yaseen, G. I. Mehboob, N. Ahmed, and M. Yaseen. 2003 Effect of phosphorus application time on yield and P use efficienci by wheat crop. *J. Agric Re.* 43(1): 1-7.
- Yousaf, M., S. Fahad, A.N. Shah, M. Shaaban, M.J. Khan, S.A.I. Sabiel, S.A.I. Ali, Y. Wang, and K.A. Osman. 2014. The Effect of Nitrogen Application Rates and Timings of First Irrigation on Wheat Growth and Yield. *International J. of Agri. Innovations and Research* 2(4): 2319-1473.