

PROFIL KARAKTER TANAMAN PADI POPULASI BULK GENERASI F4 PADA KONDISI KAHAT HARA NPK

*Profile of Rice Characters of F4 Bulk Population Under
NPK Nutrient Deficiencies*

Muhammad Hatta¹ dan Rosmayati²

¹Mahasiswa Program Doktor Prodi Ilmu Pertanian Universitas Sumatera Utara
email: hatta2ksg@gmail.com

²Staf Pengajar Prodi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara

ABSTRACT

High dependence of rice farming on chemical fertilizers has an adverse impact on environment and the economy. Thus, it is necessary to develop varieties that are tolerant to low nutrient conditions. This experiment was arranged in a randomized block design with a total sample of 88 plants. The results showed that grain weight per panicle was the variable that has the highest diversity, followed by the number of leaf chlorosis per productive tillers and number of panicles. Plant height was a variable that has the lowest diversity. Moreover, the number of panicles showed significant positive skewness, which indicates that the number of panicles have complementary gene interaction. Plant height, number of leaf chlorosis per productive tiller, and number of panicles had positive kurtosis values, which indicate that these variables are controlled by a few genes. In contrast, grain weight per panicle, number of tillers, and the number of leaves had negative kurtosis values, which indicate that these variables are controlled by many genes. F4 bulk population gave 32 clusters, which indicate that this F4 population has a high variation among individuals.

Keywords: rice, tolerant, nutrient, diversity, character, lines, bulk, F4

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang menghasilkan sekitar 7,8 persen padi dunia (Childs, 2013) dan menempatkan padi sebagai komoditas yang paling penting dan paling banyak mendapat perhatian. Sebagai makanan pokok bagian terbesar penduduk Indonesia, padi dibutuhkan dalam jumlah yang sangat besar dan harus tetap tersedia sepanjang masa. Menurut Anggoro (2012), pada tahun 2013 diperlukan produksi padi sebesar 72 juta ton dengan luas panen sekitar 14,3 juta ha dan produktivitas 5 ton/ha. Untuk mencapai produksi padi tahun 2013, maka dibutuhkan peningkatan produksi padi sekitar 6,3 juta ton gkg dari tahun 2011 (65,7 juta ton gkg). Jika produktivitas tetap, maka diperlukan pertambahan luas panen 125 ribu ha.

Jika luas panen tetap maka diperlukan peningkatan produktivitas 0,45 ton/ha.

Namun demikian, fakta menunjukkan bahwa kondisi fisik persawahan di Indonesia sangat memprihatinkan. Sawah semakin hari semakin berkurang luasnya akibat dikonversi menjadi kawasan pemukiman ataupun industri. Menurut Nrm news (2012) saat ini, laju kehilangan sawah di Indonesia mencapai 110.000 hektar per tahun, sementara pencetakan lahan sawah baru lajunya 45.000 ha per tahun dan potensi perluasan sawah di Indonesia saat ini hanyalah 10 juta hektar. Jika dibiarkan maka diprediksi tahun 2015 akan terjadi defisit kebutuhan luas lahan panen seluas 730.000 ha.

Sampai saat ini produktivitas padi sebagian besar masih didukung oleh penggunaan pupuk kimia.

Ketergantungan pertanian padi yang sangat berlebihan pada pemberian pupuk, khususnya pupuk kimia akan memberikan dampak buruk dalam jangka panjang baik terhadap lingkungan maupun terhadap ekonomi. Deptan (2012) menyatakan tahun 2012 pemerintah mengalokasikan pupuk kimia bersubsidi sebanyak 9,7 juta ton, terdiri dari urea 5,1 juta ton, SP36 1 juta ton, ZA 1 juta ton, dan NPK 2,6 juta ton.

Menurut Cummings dan Orr (2010) kendatipun aplikasi pupuk kimia telah memberikan keuntungan yang nyata pada produksi pangan dan ketahanan pangan dunia dalam jangka pendek, namun ada keprihatinan yang meluas terhadap keberlanjutan penggunaan teknologi ini untuk jangka panjang agar dapat terus memberi makan seluruh populasi dunia yang terus meningkat. Penggunaan pupuk kimia secara terus menerus akan menyebabkan perusakan tanah pertanian, antara lain sebagai akibat dari hilangnya bahan organik, pemadatan tanah, peningkatan salinitas, dan pencucian nitrat anorganik. Vinod dan Heuer (2012) menyatakan bahwa pupuk kimia ketika diberikan secara berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi ekosistem sungai dan pantai dan juga meningkatnya emisi gas rumah kaca seperti nitrous oksida (N_2O).

Selain itu, penggunaan pupuk kimia yang berlebihan juga berdampak buruk bagi ekonomi negara dan petani. Pemerintah terlalu banyak mengeluarkan anggaran untuk penyediaan pupuk. Pada tahun 2012, Indonesia diperkirakan membelanjakan 35 triliun rupiah untuk pupuk bersubsidi, yaitu 18,5 triliun rupiah dibayar oleh petani dan 16,9 triliun rupiah subsidi pemerintah. Lihat laporan Deptan (2012), pada tahun 2012, pemerintah telah menetapkan anggaran subsidi harga pupuk sebesar 16,944 triliun, untuk penyediaan pupuk urea, SP36, ZA, NPK, dan pupuk organik.

Bila saja jumlah pemakaian pupuk kimia ini dapat dikurangi setidaknya sampai setengahnya saja maka akan ada keuntungan yang luar biasa dapat diperoleh. Keuntungan kualitas lingkungan yang sehat tentu

tidak ternilai harganya. Dari segi ekonomi, untuk Indonesia saja, akan ada penghematan pengeluaran anggaran negara setidaknya 17,5 triliun per tahun. Untuk itu diperlukan upaya-upaya yang mengarah pada pengurangan pemakaian pupuk kimia ini. Ada beberapa pendekatan yang dapat dilakukan, seperti penggunaan varietas yang toleran terhadap cekaman, pengembangan pertanian organik, penggunaan pupuk hijau, dan pemanfaatan pupuk hayati. Namun demikian, penggunaan varietas yang toleran terhadap cekaman hara merupakan pilihan yang sangat menjanjikan. Ini sejalan dengan pendapat Vinod dan Heuer (2012) bahwa pengembangan varietas dengan hasil tinggi di bawah kondisi cekaman hara merupakan prioritas kegiatan pemuliaan. Oleh karenanya, diperlukan penelitian yang terkait dengan pengembangan varietas yang toleran terhadap cekaman hara.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran profil karakter dari populasi padi bulk generasi F4 pada kondisi kahat hara NPK.

METODE PENELITIAN

Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Cot Cut Kecamatan Kuta Baro Kabupaten Aceh Besar, dari April sampai Agustus 2013.

Bahan

Benih padi yang digunakan adalah populasi generasi Bulk F4 dari persilangan galur *landrace* "Cot Irie" dengan varietas Pandan Wangi.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah traktor tangan, cangkul, garu, ember, pisau, meteran, kantong plastik, timbangan analitis kapasitas 1 kg, tali rafia, dan alat tulis-menulis.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK)

dengan jumlah sampel sebanyak 96 tanaman. Tanaman ditanam dalam 18 baris dan setiap baris tanaman berisi 22 tanaman. Dengan demikian, jumlah populasi tanam adalah 18 x 22 tanam, sama dengan 396 tanaman. Untuk keperluan analisis, baris dan tanaman pinggir tidak diikutsertakan dalam pengambilan sampel. Tanaman sampel diambil dari 16 baris tanaman di tengah (baris ke 2 sampai baris ke 17) dan di setiap baris, diambil secara acak sebanyak 6 tanaman sampel dari 20 tanaman. Dengan demikian, jumlah tanaman sampel keseluruhan adalah 16 baris x 6 tanaman sehingga berjumlah 96 tanaman. Pengacakan dilakukan dengan aplikasi program Excel 2007 (Excel, 2007). Namun, beberapa tanaman sampel tidak berhasil dipanen, sehingga jumlah sampel yang berhasil diperoleh data lengkapnya adalah sebanyak 88 sampel.

Data dari 88 sampel ini dianalisis dengan metode deskriptif dan cluster, menggunakan program aplikasi statistika Minitab 14 dan SPSS 19 (Munir, 2012; Minitab 2004; SPSS 2010; Santoso, 2012; Steel and Torrie, 1980).

Pelaksanaan Penelitian

Pengolahan tanah

Pengolahan tanah dilakukan dengan menggunakan traktor tangan. Tanah diolah sedalam 20 cm, dengan menggunakan bajak rotari.

Penyediaan benih

Benih padi diperoleh dari hasil pertanaman generasi bulk F3. Metode yang digunakan adalah metode *single seed descend* modifikasi yang dikombinasikan dengan metode *bulk*. Pelaksanaannya adalah setiap malai tanaman F3 dipanen dan setiap malainya diambil 10 butir padi yang bernas. Setelah itu, semua butir padi tersebut digabungkan jadi satu (*bulk F4*). Untuk keperluan penelitian ini, diambil 1000 butir dari bulk padi generasi F4 tersebut dan sisa benih disimpan.

Benih padi bulk F3 berasal dari persilangan galur Cot Irie dengan varietas Pandan Wangi. Tetua betina adalah galur

lokal petani (*local farmer line*), yaitu galur Cot Irie sedangkan tetua jantan adalah Varietas Pandan Wangi. Karakter agronomi yang menonjol dari galur Cot Irie adalah malainya sangat panjang dan jumlah bulir per malai sangat banyak, sedangkan karakter varietas Pandan Wangi yang menonjol adalah jumlah anakan produktifnya sangat banyak (Hatta, 2011).

Perkecambahan benih

Benih padi bulk F4 direndam dalam air selama 24 jam. Kemudian, benih yang telah direndam tersebut dimasukkan ke dalam goni kain untuk diperam selama 48 jam.

Persemaian

Benih yang telah berkecambah kemudian dipindahkan ke tempat persemaian dengan cara menaburkannya di atas media semai secara merata. Tempat persemaian adalah talam plastik berlubang yang diberi media semai. Media semai adalah campuran tanah dengan pupuk kandang (1 : 1).

Penanaman

Penanaman bibit menggunakan pola bujur sangkar dengan jarak tanam 20 x 20 cm. Bibit ditanam pada umur 15 hari setelah semai (HSS). Jumlah bibit adalah satu bibit per lubang dengan tanam dangkal 1 - 1,5 cm. Pada saat tanam, air dalam keadaan macak-macak.

Pemupukan

Tanaman tidak diberi pupuk sama sekali.

Pemeliharaan

Pemeliharaan meliputi: pengairan, penyulaman, penyiangan gulma, pengendalian hama dan penyakit. Pengairan dilakukan secara macak selama dua minggu untuk menghindari serangan keong mas. Setelah itu, air diberikan setinggi 5 cm untuk mencegah pertumbuhan gulma. Pemberian air dihentikan sama sekali seminggu sebelum pemanenan.

Penyulaman dilakukan pada umur 7 hari setelah pindah tanam

(HSPT). Tanaman sulaman tidak dijadikan sampel.

Penyiangan gulma dilakukan sekali yaitu pada umur 30 HSPT dihitung dari umur pindah tanam. Penyiangan dilakukan secara manual dengan cara mencabut gulma. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan bila terlihat serangan yang berarti.

Panen

Panen dilakukan setelah tanaman mempunyai kriteria panen dengan ditandai menguningnya semua bulir secara merata. Bila digigit, bulir gabah tidak berair atau telah berisi padat.

Peubah yang diamati

Peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Tinggi tanaman
Pengamatan tinggi tanaman dilakukan pada umur 60 HSPT, diukur dari pangkal batang sampai ujung daun tertinggi.
2. Jumlah anakan per rumpun
Pengamatan dilakukan pada umur 60 HSPT
3. Jumlah anakan produktif per rumpun
Pengamatan jumlah anakan produktif per rumpun dilakukan pada saat sebelum panen, dengan cara menghitung anakan yang menghasilkan malai dalam satu rumpun tanaman.
4. Jumlah daun
Pengamatan jumlah daun dilakukan pada umur 60 HSPT.
5. Jumlah daun klorosis
6. Pengamatan jumlah daun klorosis dilakukan pada umur 60 HSPT.
7. Berat gabah berisi per rumpun
Pengamatan berat gabah berisi per rumpun dilakukan saat panen dengan

cara memisahkan gabah berisi dari gabah hampa terlebih dahulu, dan kemudian menimbang gabah berisi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa ada keragaman yang cukup besar pada variabel pertumbuhan dan hasil padi yang diamati. Berdasarkan nilai koefisien keragaman (CV), maka terlihat variabel berat gabah berisi per rumpun merupakan variabel yang memiliki keragaman yang paling tinggi, diikuti oleh jumlah daun klorosis per anakan produktif dan jumlah malai. Variabel tinggi tanaman merupakan variabel yang memiliki keragaman yang paling rendah. Data profil karakter populasi padi bulk generasi F4 disajikan pada Tabel 1.

Keragaman merupakan karakteristik yang sangat penting dalam pemuliaan tanaman. Menurut Guimarães (2009) keberhasilan dari strategi pemuliaan sangat tergantung pada keragaman genetik suatu tanaman. Pada kegiatan seleksi, keragaman merupakan bahan baku utama agar seleksi dapat dilakukan dengan baik. Keragaman yang besar akan memungkinkan seleksi tanaman dapat dilakukan dengan efektif. Sebaliknya, keragaman yang kecil membuat kegiatan seleksi menjadi sulit dilakukan. Selain itu, Ovung et al. (2012) menyatakan bahwa keragaman genetik menentukan potensi turunan dari suatu persilangan terhadap heterosis dan frekuensi rekombinan yang diinginkan pada generasi lanjut.

Padi memiliki keragaman yang luas (Guimarães, 2009). Namun demikian, keragaman yang ada pada sumber genetik perlu dikarakterisasi dengan baik. Menurut Humphreys (2003), pemanfaatan dari ketersediaan keragaman genetik yang berguna sering terkendala oleh lemahnya karakterisasi sumber genetik.

Tabel 1. Profil karakter populasi padi bulk generasi F4

Peubah	N	Rerata	SE	CV	Skewness	Kurtosis	P
Tinggi Tanaman (cm)	88	73.443	0.901	11.51	0.34	0.21	0.527
Jumlah anakan	88	13.841	0.422	28.61	-0.15	-0.32	0.144
Jumlah daun	88	52.30	1.61	28.85	0.13	-0.22	0.690
Jumlah daun klorosis per anakan produktif	88	2.396	0.096	37.39	0.77	1.40	0.266
Jumlah malai	88	7.864	0.289	34.45	0.54*	0.16	0.023
Berat gabah berisi per rumpun (g)	88	16.687	0.703	39.52	0.32	-0.42	0.307

P = probabilitas berdasarkan uji normalitas Anderson-Darling

Data pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa ada perbedaan kemencengan (*skewness*) di antara variabel pertumbuhan dan hasil yang diamati. Namun demikian, sebagian besar variabel menunjukkan kemencengan yang positif, kecuali variabel jumlah anakan yang menunjukkan kemencengan yang negatif. Dari variabel yang memiliki kemencengan positif, maka variabel jumlah malai menunjukkan kemencengan yang signifikan, sedangkan variabel lainnya tidak signifikan.

Kemencengan (*skewness*) memiliki arti penting di dalam pemuliaan tanaman karena dapat memberikan informasi mengenai natur dari aksi gen. Menurut Samak et al. (2011) bila suatu variabel memiliki nilai kemencengan nol, maka variabel tersebut berdistribusi normal dan itu menunjukkan bahwa pada variabel tersebut tidak terjadi interaksi gen. Sebaliknya bila nilai kemencengan lebih besar dari nol (positif) maka ada interaksi gen komplementer dan bila nilai kemencengan lebih kecil dari nol (negatif) maka ada interaksi gen duplikatif (aditif x aditif) pada variabel tersebut. Lebih lanjut Samak et al. (2011) menyatakan bahwa gen yang mengontrol karakter dengan distribusi yang menceng cenderung bersifat dominan

terlepas apakah gen itu memiliki pengaruh negatif atau positif terhadap karakter tersebut.

Menurut Jayaramachandran et al. (2010), kemencengan dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti kombinasi tertentu dari gen yang bersifat letal, kehadiran linkage yang tidak lengkap dari gen tertentu, kehadiran epistasis, dan sangat besarnya pengaruh satu gen yang melebihi gen lainnya. Arah kemencengan dapat membantu kita menarik kesimpulan mengenai aksi gen terhadap karakter tertentu. Kemencengan positif menunjukkan kehadiran aksi gen epistasis yang komplementer terhadap suatu karakter. Pada kemencengan positif, keberhasilan seleksi akan lebih cepat dicapai dengan seleksi yang intensif terhadap suatu karakter dan lebih lambat dengan seleksi ringan. Sebaliknya, kemencengan negatif menunjukkan kehadiran aksi gen epistasis yang duplikatif. Dengan kondisi tersebut, keberhasilan lebih cepat dengan seleksi ringan dan lebih lambat dengan seleksi intensif.

Menurut Kisman et al. (2008), nilai kemencengan di sekitar nol menunjukkan bahwa karakter tersebut dikendalikan oleh banyak gen (poligenik) dengan total gen minor lebih besar dari pengaruh lingkungan, namun demikian pengaruh per satuan gen

lebih kecil dari pengaruh lingkungan. Sebaliknya, bila nilai kemencengan signifikan berbeda dari nol, maka suatu karakter dikendalikan oleh gen minor tetapi terdapat satu atau dua gen mayor.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa karakter hasil berat gabah berisi per rumpun dengan nilai skewness 0,32 ($P=0,307$) mengikuti distribusi normal. Demikian pula, karakter tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah daun klorosis per anakan produktif ($P>0,05$) juga mengikuti distribusi normal. Dengan demikian, keempat karakter ini (berat gabah berisi per rumpun, tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah daun klorosis per anakan produktif) dikendalikan oleh gen-gen secara bebas tanpa adanya interaksi yang berarti.

Menariknya, karakter jumlah malai, dengan nilai skewness 0,54 dan $P < 0,05$ tidak mengikuti distribusi normal dan secara signifikan memiliki nilai skewness yang positif. Ini menunjukkan bahwa karakter jumlah malai memiliki gen yang berinteraksi dalam bentuk aksi gen epistasis yang komplementer. Selain itu, gen-gen yang mengontrol karakter ini cenderung bersifat dominan (Samak et al., 2011). Dengan sifat gen yang seperti ini, maka keberhasilan seleksi untuk karakter ini akan lebih cepat dilakukan secara intensif.

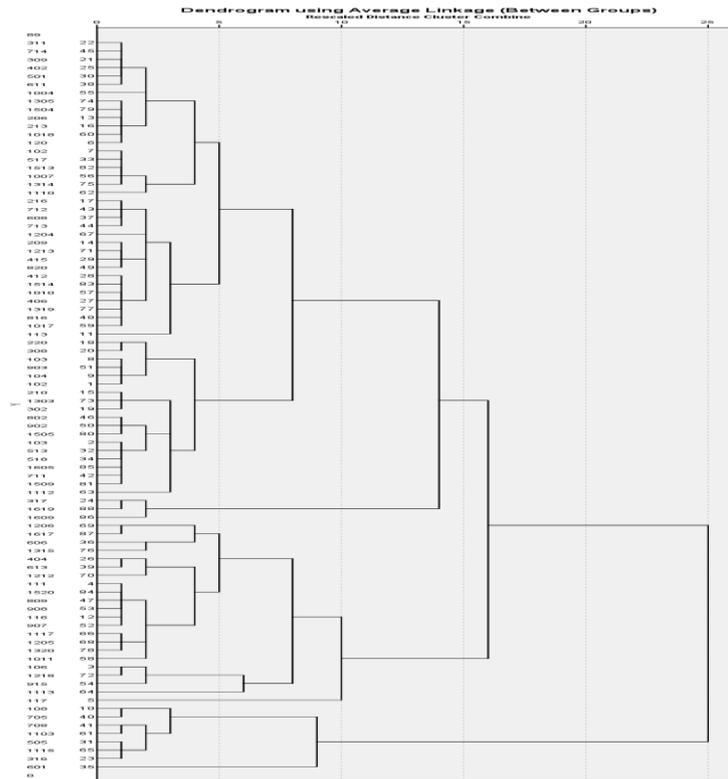
Sebaliknya, karakter jumlah anakan memiliki nilai skewness yang negatif (-0,15), walaupun secara statistik tidak signifikan menyimpang dari distribusi normal ($P=0,144$). Ini menunjukkan bahwa pada karakter ini aksi gennya kemungkinan besar adalah bebas dengan kecenderungan terjadi juga interaksi gen duplikatif. Menurut Jayaramachandran et al. (2010) pada karakter dengan nilai skewness yang negatif, maka seleksi akan lebih cepat bila dilakukan dengan cara seleksi yang ringan.

Selain kemencengan, kurtosis juga memberikan penjelasan mengenai keadaan gen pada suatu karakter. Bila kemencengan memberikan informasi mengenai aksi gen, maka kurtosis memberikan informasi mengenai jumlah gen yang mengendalikan suatu karakter (Samak et al., 2011). Karakter yang menunjukkan distribusi leptokurtic (kurtosis positif) biasanya di bawah kendali sedikit gen, sedangkan karakter yang memperlihatkan distribusi platykurtic (kurtosis negatif) biasanya dikendalikan oleh banyak gen (Jayaramachandran et al., 2010). Distribusi leptokurtic memiliki puncak distribusi yang sangat runcing, sedangkan distribusi platykurtic memiliki puncak distribusi yang agak mendatar (Supranto, 2008).

Pada penelitian ini, variabel tinggi tanaman, jumlah daun klorosis per anakan produktif, dan jumlah malai memiliki nilai kurtosis positif. Dengan demikian ke tiga variabel ini berdistribusi leptokurtic. Oleh karena itu, variabel tinggi tanaman, jumlah daun klorosis per anakan produktif dan jumlah malai dikendalikan oleh sedikit gen.

Sebaliknya, variabel berat gabah berisi per rumpun, jumlah anakan, dan jumlah daun memiliki nilai kurtosis negatif yang berarti distribusinya platykurtic. Distribusi platykurtic mempunyai puncak yang agak datar dan ini menunjukkan bahwa variabel-variabel ini dikendalikan oleh banyak gen.

Bila keenam variabel di atas digabung menjadi satu dan dilakukan analisis cluster, maka akan terbentuk cluster-cluster. Semakin banyak cluster yang terbentuk, maka semakin besar keragaman yang terjadi pada populasi tanaman. Hasil analisis cluster pada populasi F4 ini memberikan 32 cluster. Dendrogram hasil analisis cluster dari ke enam variabel disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Dendrogram individu tanaman dari populasi bulk F4

SIMPULAN

1. Dari enam variabel yang dianalisis (tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah daun, berat gabah berisi per rumpun, jumlah daun klorosis per anakan produktif, jumlah malai, dan berat gabah berisi per rumpun), ternyata berat gabah berisi per rumpun merupakan variabel yang memiliki keragaman yang paling tinggi, diikuti oleh jumlah daun klorosis per anakan produktif dan jumlah malai. Variabel tinggi tanaman merupakan variabel yang memiliki keragaman yang paling rendah.
2. Jumlah malai menunjukkan kemencengan positif yang signifikan yang menunjukkan bahwa jumlah malai memiliki interaksi gen komplementer. Variabel lainnya tidak menunjukkan kemencengan yang signifikan, yang mengindikasikan bahwa tidak adanya interaksi gen
3. Tinggi tanaman, jumlah daun klorosis per anakan produktif, dan jumlah malai memiliki nilai kurtosis positif (leptokurtic), yang mengindikasikan

bahwa variabel tersebut dikendalikan oleh sedikit gen. Sebaliknya, variabel berat gabah berisi per rumpun, jumlah anakan, dan jumlah daun memiliki nilai kurtosis negatif (platikurtic), yang menunjukkan bahwa variabel tersebut dikendalikan oleh banyak gen.

4. Populasi bulk F4 ini memberikan 32 cluster, yang mengindikasikan bahwa populasi F4 ini memiliki variasi yang tinggi di antara individu.

DAFTAR PUSTAKA

Anggoro, U.K. 2012. Keterpaduan program/kegiatan pembangunan padi, jagung, dan kedelai tahun 2013. Direktur Jenderal Tanaman Pangan. <http://www.deptan.go.id/musrenbangtan2012/TP%20BAHAN%20KETERPADUAN-MUSRENBANGTAN-23%20MEI%202013.pdf>. Diakses 7-3-2013.

Childs, N. 2013. Rice outlook. <http://www.ers.usda.gov/media/>

- 982738/rcs13a.pdf. Diakses 7-3-2013.
- Cummings, S. P. and Orr., C. 2010. The role of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable and low-input graminaceous crop production. In *Plant Growth and Health Promoting Bacteria*. D.K. Maheshwari (ed.). Microbiology Monographs 18, DOI 10.1007/978-3-642-13612-2_13, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Deptan. 2012. Pedoman pelaksanaan penyediaan pupuk bersubsidi untuk sektor pertanian tahun 2012. Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian. <http://www.deptan.go.id/pedum2012/PSP/5.0.%20JUKLAK%20PUPUK%20BERSUBSIDI%202012.pdf>. Diakses 8-3-2013.
- Excel. 2007. Microsoft Office Enterprise.
- Guimarães, E. P. 2009. Rice breeding. In *Cereals, The Banks and the Italian Economy*. M.J. Carena (ed.), DOI: 10.1007/978-0-387-72297-9, O Springer Science + Business Media, LLC 2009. 99 – 126.
- Hatta, M. 2011. Pengaruh tipe jarak tanam terhadap anakan, komponen hasil, dan hasil dua varietas padi pada metode SRI. *J. Floratek* 6: 104 – 113.
- Humphreys, M.O. Utilization of plant genetic resources in breeding for sustainability. *Plant Genetic Resources* 1(1); 11 – 18.
- Jayaramachandran, M., Kumaravadivel, N., Eapen, S. and Kandasamy, G. 2010. Gen action for yield attributing characters in segregating generation (M2) of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 1(4): 802-805.
- Khush, G.S. and Brar, D.S. 2013. Biotechnology for rice breeding: progress and impact. In *Progress in Rice Genetic Improvement For Food Security*. http://www.fao.org/ag/portal/index_en/en/. Diakses 5-1-2013.
- Kisman, Trikoesoemaningtyas, Sobir, Khumaida, N., dan Sopandie, D. 2008. Pola pewarisan adaptasi kedelai (*Glycine max* L. Merrill) terhadap cekaman naungan berdasarkan karakter morfo-fisiologi daun. *Bul. Agron.* 36(1): 1-7.
- Minitab. 2004. *Minitab Realease 14 Statistical Software*.
- Munir, A.R. 2012. Aplikasi analisis jalur (path analisis) dengan menggunakan SPSS versi 12. <http://repository.unhas.ac.id/handle/123456789/870>
- Nrm news. 2012. “...Menteri Pertanian RI, Ir Suswono: moratorium lahan pertanian mendesak diperlukan...”. <http://nrmnews.com/2012/12/29/menteri-pertanian-ri-ir-suswono-moratorium-lahan-pertanian-mendesak-di-perlukan/>. Diakses 9-3-2013.
- Ovung, C.Y., Lal, G.M. and Rai., P.K. 2012. Studies on genetic diversity in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agriculture Technology* Vol.8(3): 1059 – 1065.
- Samak, N.R.A, Hittalmani, S., Shashidhar, N. and Biradar, H. 2011. Exploratory studies on genetic variability and genetic control for protein and micronutrient content in F4 and F5 generation of rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant Science* 10(7):376-379.
- Santoso, S. 2012. *Aplikasi SPS pada Statistik Multivariat*. PT. Elex Media Komputindo, Kompas Gramedia, Jakarta.
- SPSS. 2010. *IBM SPSS Statistics version 19*.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. Second Edition. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Supranto, J. 2008. *Statistik, Teori dan Aplikasi*. Jilid 1 edisi ke tujuh. Penerbit Erlangga, Jakarta. 380 hlm.
- Vinod, K.K. and Heuer, S. 2012. Approaches towards nitrogen- and phosphorus-efficient rice. *Ao6 PLANTS*: pls028; doi:10.1093/aobpla/pls028.