

INTERAKSI GENOTIPE X LINGKUNGAN KARAKTER HASIL DAN MALAI PADI SAWAH DI EMPAT LINGKUNGAN PERCOBAAN

Interaction of Genotype X Environment for Rice Plant Yield and Panicles Characters in Four Experimental Environment

Mustofa¹, Willy Bayuardi², Anggi Nindita², Hajrial Aswidinnoor^{2*}

¹Program Magister Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana IPB. IPB. Jl. Meranti 4 Fakultas Pertanian IPB Dramaga

²Staf Pengajar Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian-Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kompleks IPB Darmaga Bogor, 16680. Indonesia. Telp/Fax: 0251 8629353

Penulis untuk Korespondensi: hajrial@ipb.ac.id

ABSTRACT

Rice plant production has an important role to meet the essential need and become the main staple food commodity in Indonesia. The increasing of rice demand challenge breeders to create high yielding varieties with high productivity that in the way of breeding selection faced distrust result from interaction of genotype x environment on yield character. The length of panicle is important factor that affect yield character. This study aimed to obtain genotypes with stable yield characters in four environments as well as to know other characters that affect the length of panicles as component of yield. The research was conducted in four planting locations, Bogor in dry season (Environment 1), Bogor in rainy season (Environment 2), Lebak (Environment 3) and Serang (Environment 4). Randomized block design with three replications used in each experiment. Stability analysis used four methods: AMMI, Kang, GGE Biplot. Combined variation analysis showed significant genotype x environment interaction. The effect of environment had significant effect on character of yield. Based on the stability analysis used four methods obtained that genotype 44 had stable yield in four environments, including the length of panicle, the number of productive tillers, plant height and flag leaf length among others.

Keyword : G x E interaction, multiple linear regresion, stability

ABSTRAK

Padi memiliki peran penting untuk pemenuhan pangan dan menjadi komoditas pangan utama di Indonesia. Kebutuhan terus meningkat menuntut peneliti menciptakan varietas unggul dengan produktivitas tinggi. Perakitan varietas unggul memiliki kendala dengan terdapat interaksi genotipe x lingkungan pada karakter hasil dan komponen hasil. Panjang malai menjadi faktor penting yang berpengaruh terhadap karakter hasil sehingga informasi karakter-karakter lain yang berpengaruh terhadap panjang malai perlu diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan genotipe dengan karakter produksi yang stabil pada empat lingkungan percobaan serta mengetahui karakter-karakter lain yang berpengaruh terhadap panjang malai sebagai salah satu komponen hasil. Penelitian dilakukan di empat lingkungan, lingkungan 1 berada di Bogor tahun

2015 pada musim kemarau, lingkungan 2 berada di Bogor tahun 2015 pada musim penghujan, lingkungan 3 berada di Kabupaten Lebak tahun 2016 pada musim kemarau dan lingkungan 4 berada di Kabupaten Serang tahun 2016 musim kemarau. Percobaan pada tiap lingkungan menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak dengan tiga ulangan. Analisis stabilitas menggunakan empat metode yaitu AMMI, Kang, GGE Biplot. Analisis ragam gabungan menunjukkan bahwa interaksi genotipe x lingkungan berpengaruh sangat nyata. Pengaruh lingkungan memiliki pengaruh besar terhadap karakter produksi. Berdasarkan analisis stabilitas menggunakan empat metode diketahui genotipe 44 stabil pada empat lingkungan, serta karakter yang berpengaruh terhadap panjang malai antara lain jumlah anakan produktif, tinggi tanaman, dan panjang daun.

PENDAHULUAN

Padi menjadi komoditas pangan utama di Indonesia. Tingkat konsumsi komoditas padi di Indonesia selalu menempati urutan pertama diantara komoditas tanaman pangan lain (Jiang *et al.*, 2013; Suparta, 2010; Sajid *et al.*, 2015). Pemenuhan kebutuhan harus didukung oleh varietas padi dengan produktivitas tinggi (Ikhwani *et al.*, 2013). Peningkatan produksi padi adalah salah satu program pemuliaan tanaman utama bagi pemulia (Gravois & McNew, 1993; Samonte *et al.*, 1998; Gepts & Hancock, 2006; Satoto, 2011). Varietas unggul tipe baru memiliki karakteristik adalah potensi hasil tinggi, malai lebat (± 250 butir gabah per malai), jumlah anakan produktif lebih dari 10 dengan pertumbuhan yang serempak, tanaman pendek (± 90 cm), bentuk daun lebih efisien, hijau tua, *senescence* lambat, tahan rebah, perakaran kuat, batang lurus, tegak, besar, dan berwarna hijau gelap, sterilitas gabah rendah, berumur genjah (100–130 hari), beradaptasi tinggi pada kondisi musim yang berbeda, indeks panen (IP) mencapai 0.60, efektif dalam translokasi hasil fotosintesis dari *source* ke *sink*, responsif terhadap pemupukan berat, dan tahan terhadap hama dan penyakit (Li *et al.*, 2011; Peng *et al.*, 1994; Khush, 1996). Karakter hasil dan komponen hasil serta karakter pertumbuhan dikendalikan oleh banyak gen yang sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Desta *et al.*, 2006).

Upaya pemulia merakit tanaman sering mengalami kendala akibat pengaruh interaksi genotipe x lingkungan (Lafitte dan Courtois, 2002). Interaksi genotipe lingkungan menjadi faktor pembatas sehingga efektivitas dalam proses seleksi terganggu (Sprague, 1966). Karakter hasil dan komponen hasil adalah karakter kuantitatif yang dikendalikan oleh banyak gen (Falconer *et al.*, 1996). Hal ini mengakibatkan perakitan varietas belum tentu menghasilkan hasil dan stabilitas yang sama pada lingkungan berbeda (Hill *et al.*, 1998; Syukur, 2012).

Malai adalah salah satu komponen utama yang berpengaruh langsung terhadap hasil (Yoshida, 1981; Liang *et al.*, 2014). Bentuk dan ukuran malai dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain genetik (Yao *et al.*, 2015), hormon (Jiang *et al.*, 2014), suhu (Mo *et al.*, 2012), unsur hara dan pengaruh lingkungan lain (Yao *et al.*, 2015). Informasi mengenai pengaruh interaksi genotipe x lingkungan pada karakter malai juga dapat bermanfaat bagi pemulia. Penelitian ini bertujuan memperoleh genotipe yang memiliki stabilitas hasil dari percobaan beberapa lingkungan dan melakukan evaluasi hubungan antara karakter agronomi dan komponen hasil terhadap pengisian biji pada malai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2015 sampai dengan September 2016. Penelitian dilakukan pada empat lingkungan. Dua lingkungan berada di Bogor yang terletak di kebun percobaan sawah baru Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor dengan musim kemarau (MK) pada bulan Juli-September 2015 dan musim penghujan (MH) pada bulan Desember 2015-Maret 2016, lingkungan ketiga dilaksanakan di Desa Sukasari Kecamatan Tunjung teja Kabupaten Serang pada musim hujan (MH) bulan Juli-September 2016 dan lingkungan empat berada di Kabupaten Lebak Banten pada musim hujan (MH) pada bulan Juni-September 2016.

Bahan dan Alat

Sebanyak 50 genotipe digunakan sebagai bahan uji, yang terdiri dari 48 galur harapan padi dan dua varietas pembanding (lihat Tabel 1). Alat yang digunakan adalah alat yang umum dipakai dalam penelitian pertanian, seperti traktor, cangkul, ember, tali, bambu, alat ukur dan alat tulis.

Tabel 1. 50 Genotipe uji padi sawah yang digunakan pada empat lingkungan percobaan

No.	Genotipe Uji	No.	Genotipe Uji	No.	Genotipe Uji	No.	Genotipe Uji
1	IPB158-F-1-2-1	14	IPB160-F-28-1-1	27	IPB160-F-56-2-1	40	IPB161-F-1-2-1
2	IPB158-F-7-1-1	15	IPB160-F-28-3-1	28	IPB160-F-71-1-1	41	IPB164-F-50-21-1
3	IPB158-F-7-1-1	16	IPB160-F-33-1-1	29	IPB160-F-75-2-1	42	IPB175-F-1-1-1
4	IPB159-F-14-3-1	17	IPB160-F-36-1-1	30	IPB160-F-76-1-1	43	IPB175-F-2-2-1
5	IPB159-F-15-1-1	18	IPB160-F-36-25-1	31	IPB160-F-79-1-1	44	IPB175-F-3-1-1
6	IPB160-F-3-1-1	19	IPB160-F-41-2-1	32	IPB160-F-80-1-1	45	IPB175-F-6-1-1
7	IPB160-F-3-3-1	20	IPB160-F-47-1-1	33	IPB160-F-81-2-1	46	IPB175-F-7-2-1
8	IPB160-F-4-2-1	21	IPB160-F-54-3-1	34	IPB160-F-82-2-1	47	IPB175-F-11-1-1
9	IPB160-F-7-1-1	22	IPB160-F-54-4-1	35	IPB160-F-95-1-1	48	IPB175-F-13-2-1
10	IPB160-F-7-3-1	23	IPB160-F-54-5-1	36	IPB160-F-110-1-1	49	Ciherang
11	IPB160-F-20-3-1	24	IPB160-F-54-22-1	37	IPB160-F-111-3-1	50	Mekongga
12	IPB160-F-21-1-1	25	IPB160-F-55-3-1	38	IPB160-F-122-3-1		
13	IPB160-F-22-2-1	26	IPB160-F-56-1-1	39	IPB161-F-6-1-1		

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT) pada tiap lokasi dengan genotipe sebagai perlakuan. Perlakuan genotipe terdiri atas 48 galur padi dan 2 varietas padi. Masing-masing genotipe diulang sebanyak 3 (tiga) kali yang tersarang dalam tiap lingkungan, sehingga terdapat 150 satuan percobaan.

Pengamatan

Respon tanaman terhadap lingkungan tumbuh, diukur melalui keragaan hasil dan komponen hasil (karakter agronomi). Pengamatan dilakukan pada 5 rumpun tanaman sampel pada tiap petak yang ditentukan secara acak. Adapun peubah-peubah yang diamati adalah tinggi tanaman (cm), jumlah anakan produktif, bobot gabah kering per hektar (ton), panjang malai (cm), panjang daun bendera (cm) dan lebar daun bendera (cm).

Analisis Data

Data yang didapatkan merupakan data kuantitatif dan dilakukan analisis ragam masing-masing lingkungan dan analisis ragam gabungan. Analisis menggunakan program R dan *Plant Breeding Tools* (PB Tools). Apabila interaksi genotipe x lingkungan nyata maka akan dilakukan analisis menggunakan tiga metode yaitu Kang (1998), *Additive main effect and multiplicative interaction* (AMMI) dan GGE Biplot.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interaksi Genotipe x Lingkungan

Hasil analisis ragam diketahui bahwa ragam homogen untuk semua lokasi uji sebesar <0.01 ($p = <0.01$) sehingga analisis ragam gabungan dapat dilanjutkan. Hasil analisis kuadrat tengah gabungan 50 genotipe yang diuji pada empat lokasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi nilai P dari analisis ragam gabungan beberapa karakter pengamatan pada 50 genotipe padi sawah

Sumber keragaman	Lingkungan	Genotipe	G x L	KK (%)
Produksi (ton ha ⁻¹)	<0.01**	0.01*	<0.01**	24.44
Tinggi tanaman (cm)	<0.01**	<0.01**	<0.01**	8.02
Jumlah anakan produktif	0.03**	<0.01**	0.20 ^{tn}	17.92
Panjang malai (cm)	0.99 ^{tn}	<0.01**	<0.01**	7.12
Panjang daun bendera (cm)	0.79 ^{tn}	<0.01**	0.79 ^{tn}	16.14
Lebar daun bendera (cm)	0.05 ^{tn}	<0.01**	<0.01**	9.42

Keterangan: KK = Koefisien Keragaman. Notasi : *) berpengaruh nyata pada taraf 5%, **) berpengaruh nyata pada taraf 1%

Hasil analisis ragam gabungan menunjukkan lingkungan (E) berpengaruh sangat nyata pada karakter produksi, tinggi tanaman dan jumlah anakan produktif sehingga dapat dilakukan uji lanjut untuk identifikasi mengetahui perbedaan hasil pada masing-masing lingkungan. Interaksi genotipe x lingkungan ($G \times E$) berpengaruh nyata untuk karakter pengamatan produksi, tinggi tanaman dan lebar daun bendera. Perbedaan nyata pada lebar daun bendera dan tinggi tanaman diakibatkan oleh respon genotipe terhadap kondisi lingkungan berupa sawah tadah hujan pada salah satu lingkungan percobaan sehingga pertumbuhan terhambat sehingga luas daun bendera berkurang untuk membatasi tingkat evaporasi (Passioura, 1996). Interaksi genotipe x lingkungan ($G \times E$) yang nyata menunjukkan potensi produksi pada tiap lingkungan percobaan berbeda (Ambarwati dan Yudono, 2003; Lestari *et al.*, 2010; Kusmana, 2005; Mattjik dan Sumertajaya, 2000), sehingga analisis stabilitas dapat dilakukan (Sujiprihati *et al.*, 2006). Analisis ragam gabungan terhadap genotipe (G) pada karakter produksi menunjukkan perbedaan nyata, sedangkan lingkungan sangat berpengaruh nyata pada karakter produksi. Hal ini dapat diketahui dari nilai heritabilitas arti luas (39.8%) (lihat Tabel 3). Nilai heritabilitas hampir seluruh karakter-karakter pengamatan yang diamati memiliki kriteria tinggi (66.6%-81.5%), kecuali karakter produksi yang memiliki kriteria sedang (39.6%). Nilai heritabilitas perlu diketahui untuk menduga pengaruh faktor lingkungan atau faktor genetik pada suatu karakter. Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan faktor genetik memiliki pengaruh besar terhadap penampilan

fenotipe, dibandingkan pengaruh lingkungan. Nilai heritabilitas yang tinggi berperan dalam meningkatkan efektivitas seleksi (Syukur *et al.*, 2009). Karakter pengamatan lain panjang malai, jumlah anakan produktif dan panjang daun bendera interaksi genotipe dan lingkungan tidak menunjukkan perbedaan nyata. Jumlah anakan produktif pada beberapa genotipe mampu tahan terhadap kondisi lingkungan beragam (Sopandie, 2014) dan panjang daun bendera sangat dipengaruhi oleh genetik sebagai respon tanaman padi terhadap radiasi matahari yang diterima (Evans, 1993), sehingga interaksi genotipe lingkungan pada karakter jumlah anakan produktif dan panjang daun bendera menunjukkan tidak berbeda nyata. Koefisien keragaman berkisar antara 7.12%-24.44% dengan koefisien tertinggi terdapat pada produksi.

Tabel 2. Komponen ragam dan heritabilitas pada tiap peubah

Parameter pengamatan	Ragam genotipe	Ragam interaksi	Ragam lingkungan	Ragam fenotipe	Heritabilitas (%)
Produksi (ton ha ⁻¹)	0.158	0.325	1.901	0.398	39.6
Tinggi Tanaman (cm)	19.544	1.511	2.908	23.963	81.5
Jumlah Anakan Produktif	0.738	0.059	0.309	1.108	66.6
Panjang Malai (cm)	1.266	0.151	0.159	1.576	80.3
Panjang Daun Bendera (cm)	5.60	0.066	1.853	7.52	74.4
Lebar Daun Bendera (cm)	0.010	<0.001	0.001	0.01	79.8

Genotipe IPB175-F-3-1-1, IPB175-F-13-2-1, IPB160-F-75-2-1, IPB160-F-54-3-1, IPB158-F-7-1-1, IPB160-F-56-1-1, IPB160-F-54-5-1, IPB164-F-50-21-1, IPB160-F-55-3-1 memiliki produksi yang tinggi dan tidak berbeda nyata dengan genotipe tertinggi pada masing-masing lingkungan. Genotipe yang memiliki karakter produksi tinggi pada semua lingkungan percobaan menjadi nilai tambah bagi pemulia untuk mengembangkan calon varietas unggul yang adaptif terhadap lingkungan yang berbeda.

Karakter produksi sangat dipengaruhi oleh karakter komponen hasil lain, salah satu komponen hasil tersebut adalah panjang malai. Berdasarkan analisis ragam gabungan pada empat lingkungan percobaan untuk karakter panjang malai menunjukkan interaksi genotipe dengan lingkungan tidak berbeda nyata (Tabel 2), tetapi genotipe pada analisis ragam gabungan menunjukkan perbedaan nyata ($P \leq 0.05$) pada empat lingkungan percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa genotipe terbaik pada tiap lingkungan berbeda. Perbedaan tersebut menjadi informasi awal untuk mengetahui karakter-karakter yang berpengaruh terhadap panjang malai. Karakter tersebut antara lain jumlah anakan produktif, tinggi tanaman, panjang daun bendera, lebar daun bendera. Berdasarkan analisis *stepwise* dengan model ($Y = x_1 + x_2 + x_3$) panjang malai = jumlah anakan produktif + tinggi tanaman + panjang daun bendera memiliki nilai AIC terkecil. Nilai *Akaike Information Criteria* (AIC) digunakan untuk mengevaluasi dan menentukan model terbaik. Semakin kecil nilai AIC semakin baik model yang digunakan (So dan Edwards, 2009; Raman *et al.*, 2011; Hu *et al.*, 2013; 2014). Model diatas diketahui bahwa karakter yang berkorelasi positif antara lain tinggi tanaman, panjang daun bendera. Karakter tinggi tanaman yang berpengaruh terhadap panjang malai sesuai yang dilakukan oleh Eradasappa *et al.* (2007) dan Jayasudha dan Sharma (2010). Karakter lain yang berpengaruh nyata terhadap panjang malai yaitu panjang daun bendera, daun bendera memiliki peranan utama dalam sintesis dan translokasi fotoasimilat (Singh dan Ghosh, 1981). Karakter jumlah anakan produktif berkorelasi negatif terhadap

karakter panjang malai. Populasi jumlah anakan produktif tinggi dapat mengakibatkan kompetisi pada rumpun. Budiman *et al.* (2012) menyebutkan bahwa jumlah anakan pada rumpun yang tinggi dapat berpengaruh terhadap perkembangan organ reproduktif seperti pembentukan malai.

Stabilitas Hasil

Menurut Syukur *et al.* (2012), stabilitas adalah kemampuan genotipe hidup pada berbagai lingkungan berbeda dengan fenotipe yang tidak mengalami banyak perubahan di tiap-tiap lokasi percobaan. Hasil analisis ragam (Tabel 2) diketahui bahwa pengaruh utama (lingkungan dan genotipe) dan pengaruh interaksi genotipe dengan lingkungan sangat nyata, sehingga karakter produksi sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan genotipe serta interaksi kedua faktor tersebut. Jumlah kuadrat faktor lokasi setelah dibandingkan dengan jumlah kuadrat total menghasilkan nilai yang paling besar di antara faktor lain, sehingga faktor lokasi diindikasikan sebagai penyumbang keragaman yang paling besar untuk karakter produksi. Mattjik dan Sumertajaya (2000) menyatakan bahwa jika pengaruh interaksi GxE nyata terhadap produksi berarti jenis genotipe tertentu akan tumbuh baik pada lokasi tertentu, tetapi tidak begitu halnya jika ditanam pada lokasi yang lain tergantung akan besarnya pengaruh interaksi GxE.

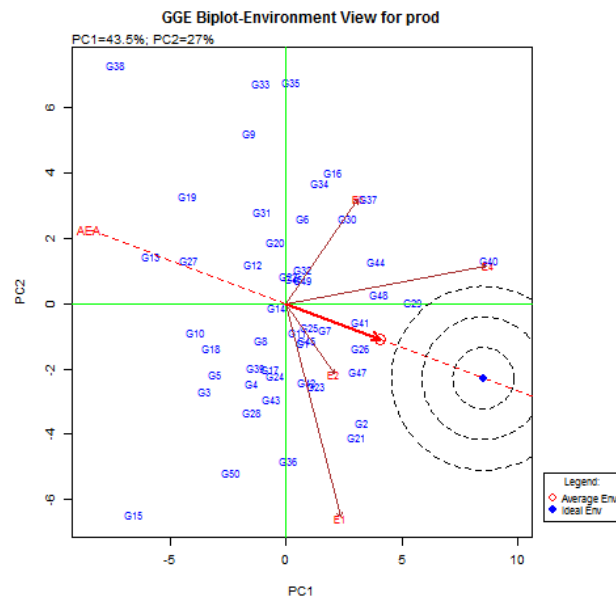
Tabel 3. Stabilitas 10 genotipe dengan produksi tertinggi pada empat lingkungan percobaan menggunakan metode Kang

Geno	Yield	Rank	Adj.rank	Adjusted	Stab.var	Stab.rating	YSi	
40	8.51	50	2	52	9.49	-8	44	+
44	8.38	49	2	51	4.60	0	51	+
48	8.29	48	2	50	1.02	0	50	+
29	8.26	47	2	49	1.16	0	49	+
21	7.98	46	1	47	1.98	0	47	+
2	7.94	45	1	46	1.28	0	46	+
26	7.87	44	1	45	0.45	0	45	+
23	7.70	43	1	44	0.00	0	44	+
41	7.64	42	1	43	1.56	0	43	+
25	7.63	41	1	42	0.72	0	42	+

Keterangan: Yield Mean= 7.127667, YS Mean= 24.38, LSD (0.05)= 0.9278035

Kontribusi keragaman pengaruh interaksi yang mampu diterangkan oleh masing-masing komponen PC1, PC2, dan PC3 adalah masing-masing sebesar 83.9%, 7.7% dan 5.4%. Berdasarkan nilai kontribusi keragaman tersebut terlihat bahwa komponen pertama memiliki peranan yang dominan dalam menerangkan keragaman pengaruh interaksi yaitu sebesar 83.9%. Genotipe stabil akan menunjukkan respons yang sama pada kondisi lingkungan yang berbeda sehingga mampu mempertahankan tampilannya di berbagai lingkungan (Rasyad & Idwar, 2010).

Hasil uji stabilitas menggunakan metode Kang (1998) diketahui bahwa beberapa genotipe yaitu IPB175-F-3-1-1, IPB175-F-13-2-1, IPB160-F-75-2-1, IPB160-F-54-3-1, IPB158-F-7-1-1, IPB160-F-56-1-1, IPB160-F-54-5-1, IPB164-F-50-21-1, IPB160-F-55-3-1 memiliki produktivitas tinggi dan stabil pada empat lingkungan percobaan.



Gambar 1. Biplot genotipe terpilih pada produksi 50 genotipe padi sawah yang diuji

KESIMPULAN

Karakter produksi, tinggi tanaman dan lebar daun bendera menunjukkan terdapat interaksi genotipe dengan lingkungan. Berdasarkan analisis stabilitas yang dilakukan diketahui bahwa genotipe IPB175-F-3-1-1, IPB175-F-13-2-1, IPB160-F-75-2-1, IPB160-F-54-3-1, IPB158-F-7-1-1, IPB160-F-56-1-1, IPB160-F-54-5-1, IPB164-F-50-21-1, IPB160-F-55-3-1 memiliki stabilitas pada empat lingkungan percobaan. Genotipe IPB175-F-3-1-1, IPB175-F-13-2-1, IPB160-F-75-2-1, IPB160-F-54-3-1, IPB158-F-7-1-1, IPB160-F-56-1-1, IPB160-F-54-5-1, IPB164-F-50-21-1, IPB160-F-55-3-1 juga memiliki produksi tertinggi dan berbeda nyata terhadap varietas pembanding.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penulis ucapkan atas pendanaan kementerian riset, teknologi dan pendidikan tinggi penelitian skema PUPT 2016 nomor 079/SP2H/LT/DRPM/II/2016 dan PUPT 2017 nomor 011/SP2H/LT/DRPM/IV/2017 serta pembimbing.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, E., P. Yudono. 2003. Keragaan stabilitas hasil bawang merah. Ilmu Pertanian. 10:1-10.
- Budiman., E. Arisoelaningsih, R.B.E. Wibowo. 2012. Growth adaptation of two Indonesian black rice origin NTT cultivating in organic paddy field, Malang-East Java. The Journal Of Tropical Life Science. 2(3): 77-80.
- Eradasappa, E., N. Nadarajan, K.N. Ganapathy, J. Shanthala, R.G. Satish. 2007. Correlation and path analysis for yield and its attributing traits in rice (*Oryza sativa* L.). Crop Res. 34:156-159.

- Evans, J.R. 1993. Photosynthetic acclimation and nitrogen partitioning within a lucerne canopy. I. Canopy characteristics. *Aust. J. Plant Physiol.* 20:55-67.
- Falconer, D.S., T.F.C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th ed. Addison Wesley Longman, UK.
- Finlay, K.W., G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust J Agric Res.* 4:742-754.
- Gepts, P., J. Hancock. 2006. The future of plant breeding. *Crop Science.* 46:1630-1634.
- Gravois, K.A., R.W. McNew. 1993. Genetic relationships among and selection for rice yield and yield components. *Crop Sci.* 33:249-252.
- Hill, J., H.C. Becker., P.M.A. Tigerstedt. 1998. *Quantitative and ecological aspect of plant breeding*, Chapman Hall, UK.
- Hu, X., S. Yan., K. Shen. 2013. Heterogeneity of error variance and its influence on genotype comparison in multi-location trials. *Field Crops Research.* 149:322-328.
- Hu, X., S. Yan., S. Li. 2014. The influence of error variance variation on analysis of genotype stability in multi-environment trials. *Field Crops Research.* 15:84-90.
- Ikhwan, R.P. Gagad, P. Eman, A.K. Makarim. 2013. Peningkatan produktivitas padi melalui penerapan jarak tanam jajar legowo. *Iptek Tanaman Pangan.* 8(2).
- Jayasudha, S., D. Sharma. 2010. Genetic parameters of variability, correlation and path-coefficient for grain yield and physiological traits in rice (*Oryza sativa* L.) under shallow lowland situation. *Electronic Journal Plant Breed.* 1(5): 33-38.
- Jiang, G., X. Yanghai, Z. Jiyang, Y. Dedong, Z. Xianfeng, Z. Lihuang, Z. Wenxue. 2014. Regulation of inflorescence branch development in rice through a novel pathway involving the pentatricopeptide repeat protein speid1-D. *Genetics.* 197:1395-1407.
- Jiang, S.H., H. Zhou, D.Z. Lin, Y.J. Dong, S.H. Ye, X.M. Zhang. 2013. Identification and gene mapping of a thermo-sensitive leaf-color mutant at seedling stage in rice. *Chin J Rice Sci.* 27(4): 359-364.
- Kang, M.S. 1998. Using genotype-environment interaction for crop cultivar development. *Adv. Agron.* 62:199-252.
- Khush, G.S. 1996. Prospects of and approaches to increasing the genetic yield potential of rice. *In* R.I. Everson, R.W. Herdt, M. Hossain (*Eds.*). *Rice Research in Asia: Progress dan Priorities*. Philippines (PH). IRRI.
- Kusmana. 2005. Uji stabilitas hasil umbi 7 genotipe kentang di dataran tinggi Pulau Jawa. *J. Hort.* 15:254-259.
- Lafitte, H.R., B. Courtois. 2002. Interpreting cultivar environment interactions for yield in upland rice: Assigning value to drought-adaptive traits. *Crop Science.* 42: 1409-1420.
- Lestari, P.L., B. Abdullah., A. Junaedi., H. Aswidinnoor. 2010. Yield stability and adaptability of aromatic New Plant Tipe (NPT) rice lines. *J. Agron. Indonesia.* 38:199-204.
- Li, X.B., W.G. Yan, H. Agrama, L.M. Jia, X.H. Shen, A. Jackson, K. Moldenhauer, K. Yeater, A. McClung, D.X. Wu. 2011. Mapping QTLs for improving grain yield using the USDA rice mini-core collection. *Planta.* 234(2):347-361.
- Liang, W.H., S. Fei, L. Qun-Ting, L. Chen, Z. Jing. 2014. Tillering and panicle branching genes in rice. *Gene.* 537:1-5.

- Mattjik, A.A., I.M. Sumertajaya. 2000. Perancangan Percobaan, dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Edisi pertama. IPB Press, Bogor, ID.
- Mo, Y.J., K. Ki-Young, P. Hyun-Su, K. Jong-Cheol, S. Woon-Chul, N. Jeong-Kwon, K. Bo-Kyeong, K. Jae-Kwon. 2012. Changes in the panicle-related traits of different rice varieties under high temperature condition. *Australian Journal of Crop Science*. 6(3):436-443
- Peng, S., G.S. Khush., R. Visperas., A. Evangelista. 1994. Progress in increasing grain yield by breeding a new plant type. In *IRRI Program Report for 1998*. IRRI, Philippines.
- Peng, S.B., J.L. Huang, J.E. Sheehy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong, G.S. Centeno, G.S. Khush, K.G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proc Natl Acad Sci*. 101:9971–9975.
- Raman, A., J.K. Ladha., V. Kumar., S. Sharma., H.P. Piepho. 2011. Stability analysis of farmer participatory trials for conservation agriculture using mixed models. *Field Crop Research*. 121:450459.
- Rasyad, A., Idwar. 2010. Interaksi genetik x lingkungan dan stabilitas komponen hasil berbagai genotipe kedelai di Provinsi Riau. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 38:25-29.
- Sajid, M., A.K. Shahid, K. Haris, I. Javed, M. Ali, S. Noor, M.A.S. Syed. 2015. Characterization of rice (*Oryza Sativa* L) germplasm through various agromorphological traits. *Scientia Agriculturae*. 9(2):83-88.
- Samonte, S.O.P.B., L.T. Wilson, A.M. McClung. 1998. Path analyses of yield and yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. *Crop Sci*. 38(5):1130–1136.
- Satoto. 2011. Teknologi perakitan padi hibrida menggunakan metode tiga galur. Tidak dipublikasi.
- Singh, T., A.K. Ghosh. 1981. Effect of flag leaf on grain yield of transplanted rice. *International Rice Research Institute*. 6:5.
- So, Y.S., J. E. 2009. A Comparison of Mixed-Model Analyses of the Iowa Crop Performance Test for Corn. *Crop Science* 49:15931601.
- Soepandi, D. 2014. Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika. IPB Press. Bogor. ID.
- Sprague, G.F., J.W. Dudley. 1966. *Corn and Corn Improvement*, 3rd edition. Madison: Crop Sci. USA
- Sujiprihati, S., M. Syukur, R. Yuniarti. 2006. Analisis stabilitas hasil tujuh populasi jagung manis menggunakan metode Additive Main Effect Multiplicative Interaction (AMMI). *Bul. Agron*. 34:93-97.
- Suparta, N. 2010. Memantapkan Strategi Pengelolaan Pertanian. Pustaka Nayottama. Denpasar. ID.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yuniarti. 2012. Teknik Pemuliaan Tanaman. Jakarta: Penebar Swadaya. ID.
- Wirnas, D., I. Widodo,, Sobir, Trikoesoemaningtyas., D. Sopdanie. 2006. Pemilihan karakter agronomi untuk menyusun indeks seleksi pada 11 populasi kedelai generasi F6. *Buletin Agronomi*. 34(1): 19-24.
- Yao, X.Y., Q. Li, J. Liu, S.K. Jiang, S.L. Yang, J.Y. Wang. 2015. Dissection of QTLs for plant height dan panicle length traits in rice under different environment. *Sci Agr Sin*. 48:407–414.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of Rice Crop Sciences*. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.