

## Identifikasi Pengaruh Beberapa Karakter Agronomi Terhadap Daya Hasil Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Dengan Analisis Lintas

### *Identification of Agronomic Characters Effecting Yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Using Path Analysis*

Mia Sri Listiani Ahmad<sup>1</sup>, Aji Hamim Wigena<sup>1</sup> dan Soeranto Human<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Statistika, Institut Pertanian Bogor  
Jl. Meranti Wing 22 level 4-5, Kampus IPB Darmaga

<sup>2</sup>Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN  
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49 Jakarta Selatan 12440  
Email : ajiwigena@ymail.com

Diterima 04-07-2014; Diterima dengan revisi 18-07-2014; Disetujui 14-10-2014

#### ABSTRAK

**Identifikasi Pengaruh Beberapa Karakter Agronomi Terhadap Daya Hasil Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Dengan Analisis Lintas.** Tanaman sorgum perlu dibudidayakan dan diperbaiki kualitas daya hasilnya karena hampir semua bagian tanaman dapat dimanfaatkan. Daya hasil dipengaruhi oleh beberapa karakter agronomi lainnya baik secara langsung maupun tidak langsung. Pencarian sorgum berdaya hasil unggul memerlukan seleksi genotipe melalui analisis setiap karakter agronomi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi pengaruh karakter agronomi melalui keeratan hubungan dan besarnya pengaruh terhadap daya hasil sehingga diketahui karakter agronomi yang dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi tanaman sorgum. Besarnya pengaruh dapat diperoleh dengan analisis lintas dan tingkat pewarisan sifat-sifatnya dengan nilai heritabilitas. Analisis lintas ini menggunakan model statistik yang serupa dengan model regresi linier berganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya hasil berdasarkan produksi biji kering dan produksi biomassa keseluruhan paling dipengaruhi bobot malai sehingga bobot malai dapat dijadikan kriteria seleksi dengan tingkat heritabilitas sedang. Panjang malai juga dapat dijadikan kriteria seleksi karena total pengaruhnya besar terhadap produksi biomassa keseluruhan dengan tingkat heritabilitas tinggi. Daya hasil berdasarkan produksi biomassa tanpa biji tidak dipengaruhi karakter agronomi lainnya.

**Kata kunci :** analisis lintas, heritabilitas, sorgum

#### ABSTARCT

**Identification of Agronomic Characters Effecting Yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Using Path Analysis.** Sorghum needs to be cultivated and its yield quality needs to be improved because almost all parts of sorghum plants can be used. Yield is affected by agronomic characters directly as well as indirectly. Finding sorghum with superior yield needs genotype selection based on analysis of each agronomic character. The objective of the research is to identify the effects of agronomic characters based on high relationship and the effects to yield which agronomic character can be used as selection criteria of sorghum plant. The effects can be determined by path analysis and the level of properties inheritance can be determined based on the value of heritability. Path analysis uses statistical model similar to multiple linear regression model. The results of this research indicate that yield based on the production of dry seeds and total biomass production was affected mostly by panicle weight so the panicle weight can be used as selection criteria of sorghum plants with moderate heritability level. Panicle length can also be used as selection criteria because of its high total effect to total biomass production with high heritability level. Yield based on biomass production without seeds was not affected by other agronomic characters.

**Keywords :** heritability, path analysis, sorghum

## PENDAHULUAN

Tanaman sorgum bermanfaat banyak bagi kehidupan. Di Indonesia, hampir semua bagian tanamannya dapat dimanfaatkan sehingga sorgum disebut sebagai tanaman hermda (tanaman harapan masa depan). Biji sorgum yang berkadar karbohidrat tinggi dapat dijadikan sebagai pangan pokok pengganti beras dan jagung [16]. Selain itu, tanaman sorgum juga dapat dijadikan sebagai bahan pakan ternak.

Sorgum memiliki beberapa keunggulan tetapi pemanfaatannya belum sebaik padi dan jagung sehingga harus dibudidayakan dan diperbaiki kualitasnya. Tanaman sorgum dapat tumbuh di lahan kering dan di tempat genangan banjir, serta relatif tahan terhadap gangguan hama atau penyakit [14] sehingga berpeluang besar dapat menyelesaikan krisis pangan dan pemenuhan pakan ternak melalui peningkatan daya hasilnya. Dengan demikian, sorgum perlu dibudidayakan dan kualitas daya hasilnya diperbaiki. Daya hasil ini dapat diukur berdasarkan produksi biji dan produksi biomassa yang dipengaruhi oleh karakter agronomi lainnya.

Peningkatan daya hasil dapat dilakukan melalui proses mutasi tanaman [9], yang menghasilkan varietas unggul dan stabil terhadap lingkungan. Pencarian varietas unggul memerlukan seleksi genotipe tanaman sorgum melalui analisis setiap karakter agronomi tanaman tetapi cara ini tidak efisien. Hal ini dapat diatasi dengan pencarian informasi tentang keeratan hubungan dan besarnya pengaruh terhadap produksi biji kering dan produksi biomassa tanaman sorgum. Karakter agronomi yang berpengaruh besar atau memiliki hubungan yang kuat terhadap kedua komponen daya hasil tersebut dapat dipertimbangkan pada saat seleksi genotipe.

Keeratan hubungan linier antara karakter agronomi dengan produksi biji kering dan produksi biomassa sorgum dapat diketahui dengan analisis lintas. Analisis lintas dapat menjelaskan keeratan hubungan

[8] dan besarnya pengaruh langsung maupun pengaruh tidak langsung.

Analisis lintas pernah digunakan untuk beberapa karakteristik hasil terhadap hasil gandum [3], padi [2][12][14], jagung [4] dan *cactus pear* [11], sebagai informasi utk keperluan program pemuliaan atau seleksi varietas. Analisis lintas dapat mengindikasikan bahwa tinggi tanaman, panjang dan lebar daun, dan diameter batang merupakan karakter-karakter penting dalam hasil tanaman sorgum dan dapat dijadikan dasar seleksi dalam program pemuliaan sorgum [13], dan dapat menunjukkan bahwa jumlah butir per malai merupakan karakter hasil yang penting dalam program pemuliaan sorgum [17].

Selain besarnya pengaruh karakter agronomi terhadap daya hasil tanaman, nilai heritabilitasnya perlu juga diketahui. Nilai ini diperlukan untuk memastikan bahwa besarnya pengaruh tersebut selalu tetap karena karakter agronomi masih dikendalikan oleh gen yang dimilikinya. Dengan demikian analisis lintas perlu disesuaikan terlebih dahulu dengan hasil analisis heritabilitasnya.

Makalah ini membahas penggunaan analisis lintas untuk mengidentifikasi besarnya pengaruh langsung maupun tidak langsung beberapa karakter agronomi terhadap produksi biji kering, biomassa keseluruhan, dan biomassa tanpa biji, dan analisis heritabilitas setiap karakter agronomi sebagai petunjuk kriteria seleksi genotipe tanaman sorgum dalam pencarian varietas unggul dan stabil.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Tanaman sorgum yang digunakan terdiri atas 10 galur mutan harapan (G1-G10), galur mutan Zh-30, dan dua varietas kontrol. Galur mutan Zh-30, yang kemudian dilepas sebagai varietas Pahat, dijadikan sebagai induk untuk memperbaiki dan meningkatkan ragam genetik karena memiliki produktivitas biji tinggi, kualitas

nutrisi biji baik, tanaman pendek, dan tahan terhadap penyakit karat daun. Sepuluh galur mutan harapan didapatkan berdasarkan seleksi secara bertahap mulai dari benih sorgum Zh-30 yang diradiasi menggunakan sinar gamma bersumber Cobalt-60 dengan dosis 300 Gy dan laju dosis 725 Gy/jam. Kesepuluh galur mutan tersebut adalah G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, dan G10. Dua varietas nasional, yaitu varietas Kawali dan varietas Mandau, dijadikan sebagai kontrol.

Data diperoleh dari hasil penelitian tanaman sorgum manis di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR-BATAN) tahun 2011/2012 di musim hujan. Penelitian dilakukan di lima lokasi yaitu Muneng-Jawa Timur, Boyolali-Jawa Tengah, Subang-Jawa Barat, Citayam-Jawa Barat, dan Tanjung Pinang-Kepulauan Riau. Rancangan percobaan setiap lokasi adalah Rancangan Acak Kelompok Lengkap dengan ulangan sebanyak 3 kali. Karakter agronomi yang digunakan tercantum pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kode karakter agronomi

Kode	Karakter agronomi
PBK	Produksi biji kering (ton/ha)
PBS	Produksi biomassa keseluruhan (ton/ha)
PBTB	Produksi biomassa tanpa biji (ton/ha)
P50	Pembungaan 50% (hari)
PML	Panjang malai (cm)
TT	Tinggi tanaman (cm)
UP	Umur panen (hari)
B1000	Bobot 1000 butir (gram)
BM	Bobot malai (gram)
DB	Diameter batang (cm)
JRB	Jumlah ruas batang (buah)

## Metode

Penelitian ini menggunakan analisis lintas untuk mengetahui besarnya pengaruh karakter-karakter agronomi terhadap daya hasil tanaman sorgum. Karakter-karakter agronomi yang dianalisis ditentukan berdasarkan koefisien keragaman yang lebih besar atau sama dengan 20% [7].

Analisis lintas memerlukan diagram lintas dan model lintasnya. Diagram lintas dibuat berdasarkan pengetahuan para ahli

dan teknisi sorgum di PAIR-BATAN. Model lintas dibentuk dan diperiksa secara rekursif, diuji linieritas hubungan peubah eksogen terhadap peubah endogen, diperiksa keaditifan modelnya. Bentuk umum dan penjelasannya tentang model lintas yang digunakan dalam makalah ini dapat diketahui dari [1]. Kemudian koefisien model lintas diduga dan diuji. Selain itu, dilakukan juga uji multikolinieritas antar peubah eksogen. Pemilihan baik model awal atau alternatif dilakukan berdasarkan koefisien determinasi gabungan.

Analisis heritabilitas digunakan untuk memperoleh nilai heritabilitas setiap karakter agronomi. Heritabilitas adalah suatu parameter genetik yang mengukur kemampuan mewariskan karakter agronomi yang dimiliki oleh suatu genotipe [15]. Nilai ini adalah rasio antara ragam genotipe dan ragam fenotipe, yang diperoleh melalui analisis ragam [9]. Heritabilitas terdiri dari tiga tingkat yaitu rendah ( $0 \leq h_{(bs)}^2 \leq 0.2$ ), sedang ( $0.2 < h_{(bs)}^2 \leq 0.5$ ), dan tinggi ( $0.5 < h_{(bs)}^2 \leq 1$ ) [7].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Eksplorasi Data

Koefisien keragaman (KK) setiap karakter agronomi tercantum pada Tabel 2. Karakter agronomi PB, PBS, dan PBTB sebagai peubah endogen dan karakter agronomi lainnya sebagai peubah eksogen.

**Tabel 2.** Koefisien keragaman setiap karakter agronomi

Karakter agronomi	Rataan	Simpangan baku	KK(%)
PB	6.081	2.142	35.220
PBS	52.205	13.650	26.147
PBTB	46.124	13.256	28.740
P50	61.079	6.563	10.745
PML	29.412	5.037	17.126
TT	190.010	40.225	21.169
UP	114.080	6.563	5.753
B1000	28.330	2.920	10.306
BM	101.830	25.824	25.360
DB	2.783	0.441	15.861
JRB	10.877	1.511	13.891

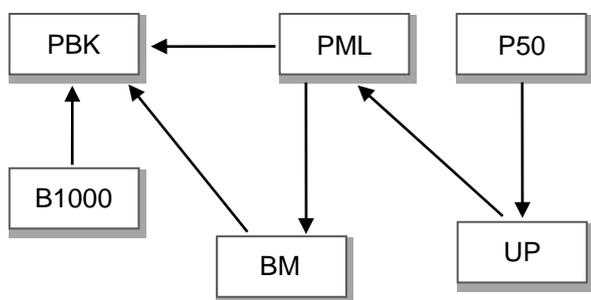
Sejumlah karakter agronomi yaitu PBK, PBS, PBTB, TT, dan BM dengan KK tinggi (lebih dari 20%) sehingga kelima karakter ini dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi genotipe yang baik. Karakter lainnya, yaitu P50, PML, UP, B1000, DB, dan JRB, tidak bisa dijadikan kriteria seleksi dengan KK yang rendah (kurang dari 20%).

### Analisis Lintas

Berdasarkan KK tertinggi serta manfaat biji dan biomassa sorgum, analisis lintas dilakukan untuk PBK, PBS, dan PBTB. Diagram lintas untuk PBK tercantum pada Gambar 1 dan 2, PBS pada Gambar 3 dan 4, dan PBTB pada Gambar 5.

#### 1. Produksi Biji Kering (PBK)

Diagram lintas (Gambar 1) untuk PBK terdiri dari PBK, PML, BM, B1000, UP, dan P50. Diagram menunjukkan hanya ada hubungan sebab akibat satu arah antara PBK dengan karakter agronomi lainnya (PML, BM, B1000, UP, dan P50).



**Gambar 1.** Diagram lintas untuk PBK (Model awal)

Hubungan antara peubah eksogen dan endogen harus bersifat linier dan aditif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa asumsi linieritas terpenuhi. Demikian juga asumsi keaditifan dan tidak adanya multikolinieritas antar peubah eksogen juga terpenuhi [1].

Model lintas PBK sudah baik untuk menjelaskan keragaman data sebesar 90.77%. Koefisien lintasnya yang nyata adalah BM ke PBK, PML ke BM, dan P50 ke UP (Tabel 3). Lintasan dari P50 ke UP tidak

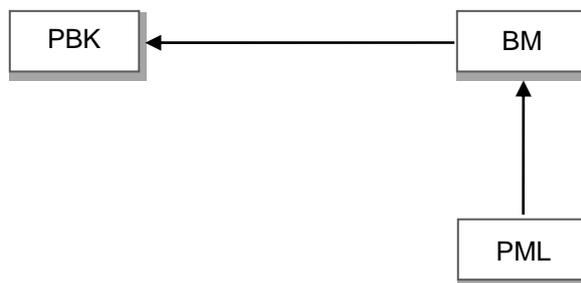
digunakan pada model alternatif karena tidak ada lintasan yang menghubungkan UP dengan peubah utama (PBK).

**Tabel 3.** Koefisien lintas pada analisis lintas PB

Peubah eksogen	Peubah endogen			
	PBK	BM	PML	UP
PML	-0.059	0.276*	-	-
BM	0.339*	-	-	-
B1000	0.041	-	-	-
UP	-	-	-0.036	-
P50	-	-	-	0.940*

\* nyata pada  $\alpha = 5\%$

Model alternatif PBK digambarkan dengan diagram pada Gambar 2. Namun keragaman datanya sebesar 17.39% sehingga model ini tidak sesuai.



**Gambar 2.** Diagram lintas untuk PBK (Model alternatif)

Berdasarkan model awal, pengaruh total dari BM terhadap PBK sebesar 0.339 atau 11.49% ( $0.339^2 \times 100$ ) (Tabel 4), yang menunjukkan bahwa peningkatan PBK dipengaruhi oleh peningkatan BM sebesar 11.49%. Pengaruh total dari UP dan P50 terhadap PBK bernilai negatif sebesar -0.0014 atau mendekati 0% yang menunjukkan bahwa UP dan P50 tidak memberikan pengaruh terhadap PBK.

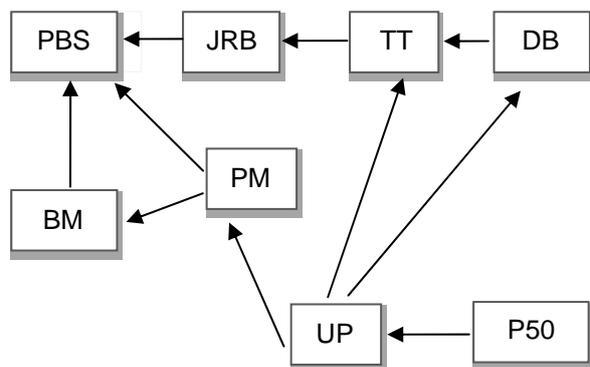
Pengaruh tidak langsung terbesar dari PML melalui BM terhadap PBK sebesar 0.0996 atau 1%, sedangkan karakter agronomi lainnya berpengaruh sangat kecil.

**Tabel 4.** Besar pengaruh langsung, pengaruh tidak langsung, dan pengaruh total terhadap PBK

Karakter agronomi	Pengaruh langsung	Pengaruh tidak langsung		Pengaruh total
		Melalui	Besar pengaruh	
BM	0.339	-	-	0.3390
PML	-0.059	BM	0.0996	0.0406
B1000	0.041	-	-	0.0410
UP	-	PML	0.0022	-0.0014
		PML, BM,	-0.0036	
P50	-	UP, PML	0.0021	-0.0013
		UP, PML, BM	-0.0034	

## 2. Produksi Biomassa Keseluruhan (PBS)

Diagram lintas PBS menggunakan delapan karakter agronomi yaitu PBS, BM, PML, JRB, TT, DB, UP, dan P50 (Gambar 3). Model lintas menunjukkan hanya ada hubungan satu arah antara PBS dengan karakter lainnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa asumsi linieritas terpenuhi. Demikian juga asumsi keaditifan dan tidak adanya multikolinieritas antar peubah eksogen juga terpenuhi [1].



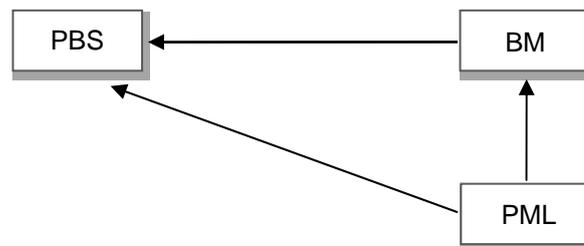
**Gambar 3.** Diagram lintas untuk PBS (Model awal)

Keragaman data model lintas PBS sebesar 92%. Koefisien lintasnya tercantum pada Tabel 5. Koefisien lintas yang nyata yaitu lintasan BM ke PBS, PML ke PBS, PML ke BM, dan P50 ke UP.

Model alternatif PBS tercantum pada Gambar 4 dengan keragaman data sebesar

28.30%. Hal ini menunjukkan bahwa model ini tidak sesuai.

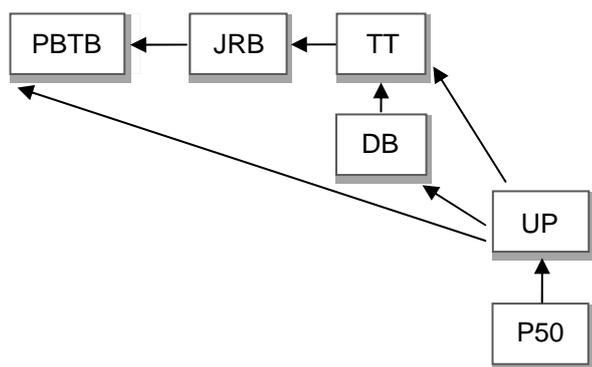
Berdasarkan model awalnya, diperoleh pengaruh total terbesar dari BM dan PML terhadap PBS masing-masing sebesar 0.3110 (9.67%) dan 0.3598 (12.95%) seperti tercantum pada Tabel 6. Peningkatan PBS dipengaruhi oleh peningkatan BM sebesar 9.67% dan oleh peningkatan PML sebesar 12.95%. Pengaruh DB terhadap PBS sebesar 0.0004 atau 0%, yang menunjukkan bahwa DB tidak berpengaruh terhadap PBS.



**Gambar 4.** Diagram lintas untuk PBS (Model alternatif)

## 3. Produksi Biomassa Tanpa Biji (PBTB)

Diagram lintas pada Gambar 5 terdiri dari enam karakter agronomi. Diagram lintas menunjukkan bahwa hanya ada hubungan satu arah antara PBTB dengan karakter agronomi lainnya (JRB, TT, DB, UP, dan P50). Hasil pengujian menunjukkan bahwa asumsi linieritas terpenuhi. Demikian juga asumsi keaditifan dan tidak adanya multikolinieritas antar peubah eksogen juga terpenuhi [1].



Keragaman data model lintas PBTB sebesar 88.97%. Koefisien lintasnya yang nyata yaitu hubungan langsung antara karakter agronomi UP dan P50 (Tabel 7).

Pada kasus ini, model alternatif tidak dapat dibuat karena tidak ada karakter agronomi yang memiliki pengaruh langsung nyata terhadap PBTB. Jika tujuan proses seleksi untuk memilih genotipe yang memiliki PBTB tinggi, maka tidak perlu memperhatikan karakter agronomi lainnya.

**Gambar 5.** Diagram lintas untuk PBTB (Model awal)

**Tabel 5.** Koefisien lintas pada analisis lintas PBS

Peubah eksogen	Peubah endogen						
	PBS	BM	PML	JRB	TT	DB	UP
BM	0.311*	-	-	-	-	-	-
PML	0.274*	0.276*	-	-	-	-	-
JRB	-0.039	-	-	-	-	-	-
TT	-	-	-	0.073	-	-	-
DB	-	-	-	-	-0.127	-	-
UP	-	-	-0.036	-	0.116	-0.006	-
P50	-	-	-	-	-	-	0.940*

\*nyata pada  $\alpha = 5\%$

**Tabel 6.** Besar pengaruh langsung, pengaruh tidak langsung, dan pengaruh total terhadap PBS

Karakter agronomi	Pengaruh langsung	Pengaruh tidak langsung		Pengaruh total
		Melalui	Besar pengaruh	
BM	0.3110	-	-	0.3110
PML	0.2740	BM	0.0858	0.3598
JRB	-0.0390	-	-	-0.0390
TT	-	JRB	-0.0028	-0.0028
DB	-	TT, JRB	0.0004	0.0004
UP	-	PML, BM	-0.0031	-0.0133
		TT, JRB	-0.0003	
		DB, TT, JRB	0.0000	
		UP, PML	-0.0093	
P50	-	UP, PML, BM	-0.0029	-0.0125
		UP, TT, JRB	-0.0003	

**Tabel 7.** Koefisien lintas pada analisis lintas PBTB

Peubah eksogen	Peubah endogen				
	PBTB	JRB	TT	DB	UP
JRB	-0.115	-	-	-	-
TT	-	0.073	-	-	-
DB	-	-	-0.127	-	-
UP	-0.042	-	0.116	-0.006	-
P50	-	-	-	-	0.940*

\*nyata pada  $\alpha = 5\%$

**Tabel 8.** Tingkat heritabilitas setiap karakter agronomi

Karakter agronomi	$\hat{\sigma}_g^2$	$\hat{\sigma}_{ge}^2$	$\hat{\sigma}^2$	$\hat{\sigma}_p^2$	$h^2_{(bs)}$
PBK	0.659	2.892	0.421	1.265	0.521
PBS <sup>a</sup>	$1.0 \times 10^{-6}$	$4.3 \times 10^{-6}$	$1.2 \times 10^{-5}$	$2.6 \times 10^{-6}$	0.379
PBTB <sup>a</sup>	0.005	0.003	0.003	0.006	0.875
P50	7.488	13.529	15.382	11.220	0.667
PML	10.722	7.365	5.707	12.575	0.853
TT	232.992	984.668	158.375	440.484	0.529
UP	7.623	12.384	16.800	11.220	0.679
B1000	3.976	2.572	1.724	4.606	0.863
BM <sup>a</sup>	0.001	0.003	0.002	0.001	0.444
DB <sup>a</sup>	$1.1 \times 10^{-4}$	$3.2 \times 10^{-5}$	$2.6 \times 10^{-4}$	$1.3 \times 10^{-4}$	0.823
JRB <sup>a</sup>	22565.961	31985.966	179325.692	40918.201	0.551

<sup>a</sup>karakter agronomi yang ditransformasi

### Tingkat Heritabilitas

Semua karakter agronomi yang digunakan memiliki tingkat heritabilitas tinggi kecuali untuk PBS<sup>a</sup> dan BM<sup>a</sup> karena memiliki nilai heritabilitas 0.379 dan 0.444 (Tabel 8). PBS<sup>a</sup> dan BM<sup>a</sup> memiliki tingkat heritabilitas sedang yang artinya faktor genetik kurang berpengaruh terhadap penampilan fenotipe, namun peluang penurunan sifat yang dimiliki oleh tetua terhadap keturunannya masih cukup besar.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dengan analisis lintas terhadap beberapa karakter

agronomi untuk kriteria seleksi galur mutan sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench), dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakter agronomi yang dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi genotipe sorgum adalah PBK, PBS, PBTB, TT, dan BM karena memiliki koefisien keragaman tinggi.
2. Pengaruh total terbesar terhadap produksi biji kering (PBK) adalah bobot malai (BM) sebesar 11.49% sehingga dapat dijadikan sebagai kriteria seleksi tanaman sorgum untuk mendapatkan varietas unggul. Selanjutnya, pengaruh total terbesar terhadap produksi biomassa keseluruhan (PBS) adalah bobot malai (BM) dan panjang malai (PM) berturut-

turut memiliki pengaruh sebesar 9.67% dan 12.95%. Proses seleksi tanaman sorgum dengan tujuan mendapatkan genotipe sorgum unggul dalam hal produksi biomassa tanpa biji (PBTB) tidak perlu mempertimbangkan karakter agronomi lainnya sebagai kriteria seleksi tanaman sorgum.

3. Setiap karakter agronomi cukup baik dijadikan kriteria seleksi genotipe sorgum karena memiliki tingkat heritabilitas tinggi kecuali produksi biomassa keseluruhan (PBS) dan bobot malai (BM) memiliki tingkat heritabilitas sedang.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR-BATAN) atas izin penggunaan data hasil penelitiannya tentang tanaman sorgum manis.

### DAFTAR PUSTAKA

1. AHMAD, M.S.L., Analisis Lintas Beberapa Karakter Agronomi untuk Pengembangan Kriteria Seleksi Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench), [skripsi], Bogor, Institut Pertanian Bogor [2014].
2. BABU RV, SHEVA K, DANGI KS, USHARANI G, SHANKAR AS, Correlation and path analysis studies in popular rice hybrids of India, *Int. J. of Sci. and Res. Pub.*, **2** (3), [2012].
3. BALOCH AW, BALOCH M, BALOCH IA, MARI SN, MANDAN DK, ABRO SA, Association and path analysis in advance Pakistani bread wheat genotypes, *Pure and Applied Biology*, **3** (3), 115-120 [2014].
4. BELLO OB, ABDULMALIQ SY, AFOLABI MS, IGE SA, Correlation and path coefficient analysis of yield and agronomic characters among open pollinated maize varieties and their F1 hybrids in a diallel cross, *African J. of Biotech.*, **9** (18), 2633-2639 [2010].
5. CARTER HC, NORA A, STAGE FK, Path analysis: An introduction and analysis of a decade of research, *The Journal of Educational Research*, **98** (1), 5-12 [2004].
6. HUMAN S, SIHONO, WIJAYA, Perbaikan Kualitas Sorgum Manis Melalui Teknik Mutasi untuk Bioetanol, Prosiding Pekan Serealia Nasional, 2010, Jakarta Selatan, Indonesia, Jakarta (ID), 438-445 [2010].
7. HUMAN S, SOPANDIE D, SUNGKONO, TRIKOESOEMANINGTYAS, WIRNAS D, YUDIARTO MA, Pendugaan parameter genetik dan seleksi galur mutan sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) di tanah masam, *J. Agron. Indonesia*, **37** (3), 220-225 [2009].
8. LLERAS, C., Path Analysis, *Encyclopedia of Social Measurement*, **3**, 26-30 [2005].
9. MATJIK, A.A. dan SUMERTAJAYA, I.M., Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab, Bogor (ID), IPB Press [2006].
10. NEDER DG, da COSTA FR, EDVAN RL, FILHO TLS, Correlations and path analysis of morphological and yield traits of cactus pear accessions, *Crop Breeding and Appl. Biotech.*, **13**, 203-207 [2013].
11. OAD FC, SAMO MA, ZIA-UL-HASSAN, POMPE STA, CRUZI, OAD NL., Correlation and path analysis of quantitative characters of rice ratoon cultivars and advance lines,

- Int. J. of Agri. & Biol.* **4** (2), 204-207 [2002].
12. PRAKASH R, GANESAMURTHY K, NIRMALAKUMARI A, NAGARAJAN P., Correlation and path analysis in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), *Electronic J. of Plant Breeding*, **1** (3), 315-318 [2010].
13. SADEGHI SM. Heritability, phenotypic correlation and path coefficient studies for some agronomic characters in landrace rice varieties, *World Appl. Sci. J.* **13** (5), 1229-1233 [2011].
14. SIRAPPA, M.P., Prospek pengembangan sorgum di Indonesia sebagai komoditas alternatif untuk pangan, pakan dan industri, *Jurnal Litbang Pertanian.* **22** (4), 133-140 [2003].
15. SYUKUR, M. SUJIPRIHATI, S. dan YUNIANI, R., Teknik Pemuliaan Tanaman, Jakarta (ID), Penebar Swadaya [2012].
16. WIDOWATI, S., Sorgum: Penanganan dan Pengolahan Berbagai Produk Pangan, Bogor (ID), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian [2011].
17. YAZDANI M., Correlation and path analysis studies on main agronomic characters with its yield of sorghum bicolor, *Int. J. of Agronomy and Plant Production.* **3** (12), 645-650 [2012].

