

**KERAGAMAN GENETIK, FENOTIP, DAN HERITABILITAS BEBERAPA GENOTIP SORGUM
PADA KONDISI TUMPANGSARI DAN MONOKULTUR**

**VARIANCES OF GENETIC, PHENOTYPE, AND HERITABILITY OF SORGHUM IN
INTERCROPPING AND MONOCULTURE CONDITIONS**

Kukuh Setiawan, Rafika Restiningtias, Setyo Dwi Utomo, Ardian, M. S. Hadi, Sunyoto, Erwin
Yuliadi

Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
Jl. Prof. Soemantri Brodjonegoro, No. 1, Bandar Lampung 35145

Korespondensi: kukuhsetiawan38@gmail.com

Diterima : 28 April 2019 / Disetujui : 29 Oktober 2019

ABSTRAK

Selain sebagai bahan pangan dan pakan, sorgum berpotensi menghasilkan nira untuk bioethanol. Beragamnya potensi hasil nira, mendorong perlunya evaluasi keragaman berbagai genotip sorgum untuk digunakan sebagai kriteria seleksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi produksi nira, membandingkan keragaman genetik dan fenotip pada beberapa genotip sorgum, serta menghitung heritabilitas arti luas. Penelitian dilaksanakan di Desa Sukanegara, Kecamatan Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan dari April 2017 sampai Februari 2018. Rancangan perlakuan disusun secara strip plot dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap dengan tiga ulangan yang digunakan sebagai kelompok. Kondisi tumpangsari dan monokultur yang digunakan sebagai pembanding disusun secara strip plot. Sebanyak 15 genotip digunakan, yaitu GH 3, GH 4, GH 5, GH 6, GH 7, GH 13, Super 1, Super 2, Samurai 1, UPCA, Numbu, Mandau, Talaga Bodas, P/IWHP, dan P/F 5-193-C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa genotip Talaga Bodas mempunyai kandungan nira yang cukup tinggi baik pada kondisi tumpangsari maupun monokultur yang masing-masing sebesar 144,0 ml dan 166,0 ml. Sementara genotip Super 1 menunjukkan kandungan nira paling tinggi pada kondisi tumpangsari (163,0 ml) dan genotip GH13 menghasilkan volume nira paling tinggi pada sistem monokultur (183,0 ml). Nilai heritabilitas arti luas pada tinggi tanaman, nilai brix, kandungan nira, dan jumlah ruas pada sistem tanam tumpangsari dan monokultur termasuk dalam kriteria tinggi (0,6-0,9). Nilai heritabilitas yang tinggi pada karakter tersebut menunjukkan bahwa faktor genetik lebih berpengaruh sehingga bisa digunakan sebagai kriteria seleksi.

Kata kunci: heritabilitas, ragam fenotip, ragam genetik

ABSTRACT

In addition to foodstuffs and feed, sorghum potentially produces "nira" for bioethanol. The varying potency of the nira results, prompting the need to evaluate the performance of various sorghum genotypes for use as selection criteria. The objectives of this study were to evaluate nira production, to compare genetics and phenotype variances of sorghum genotypes, also to

ISSN : 2407-7933

95

Cite this as: Setiawan, K., Restiningtia, R., Utomo, S. D., Ardian., Hadi, M. S., Sunyoto. & Yuliadi, E. (2019). Keragaman genetik, fenotipe dan heritabilitas beberapa genotype sorghum pada kondisi tumpangsari dan monokultur. *Jurnal Agro*, 6(2), 95-109 <https://doi.org/10.15575/4568>

calculate broad sense heritability of some sorghum genotypes. This study was conducted at Desa Sukanegara, Kecamatan Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan from April 2017 to February 2018. The experiment was designed by stripe plot in completely randomized block design with three replications used as block. The conditions of monoculture and intercropping used as comparison were arranged in stripe plot. As many as 15 genotypes used in this study i.e. GH 3, GH 4, GH 5, GH 6, GH 7, GH 13, Super 1, Super 2, Samurai 1, UPCA, Numbu, Mandau, Talaga Bodas, P/IWHP, and P/F 5-193-C. The result showed that Talaga Bodas genotype had high volume of nira content under monoculture and intercropping conditions as 144.0 ml and 166.0 ml, respectively. However, Super 1 genotype had high nira content (163.0 ml) under intercropping condition and GH13 genotype had high nira content under monoculture (183.0 ml). Broad sense heritability of plant height, brix value, nira content, and internode number in both intercropping and monoculture conditions was high (0.60 – 0.90). These high heritability values mean that these characters are influenced by genetics factor and could be used as selection criteria.

Key word: genetics variance, heritability, phenotype variance,

PENDAHULUAN

Sorghum selain dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan pakan, juga berpotensi untuk dikembangkan sebagai penghasil bioetanol. Banyak varietas sorghum telah berkontribusi dengan berbagai tipe pemanfaatan seperti sorghum biji (*grain sorghum*), sorghum manis (*sweet sorghum*), sorghum untuk pakan (*forage sorghum*), dan sorghum untuk biomasa (*biomass sorghum*). Oleh karena itu, tanaman sorghum dapat dimanfaatkan baik sebagai pangan alternatif (Elkonin *et al.*, 2018) ataupun pakan ternak (Rossi *et al.*, 2015). Selanjutnya, Almodares dan Hadi (2009) menyatakan bahwa batang sorghum yang menghasilkan nira bisa digunakan sebagai sumber bioetanol. Hal ini berarti bahwa batang merupakan bagian vegetatif utama selain akar dan daun, karena batang merupakan bagian yang menghasilkan nira.

Penanaman sorghum secara monokultur sangat umum dilakukan karena memiliki kondisi lingkungan yang optimum sehingga dapat menghasilkan produksi yang tinggi. Namun seiring dengan perkembangan

budidaya tanaman, sorghum banyak ditanam secara tumpangsari dengan tanaman lain.

Pemuliaan tanaman merupakan suatu upaya peningkatan kualitas dan kuantitas tanaman yang bertujuan untuk menghasilkan varietas yang lebih baik atau lebih unggul (Lubis *et al.*, 2014). Beberapa peubah genetik yang dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu peubah dapat dijadikan kriteria seleksi, diantaranya adalah ragam genetik, ragam fenotip, dan heritabilitas (Yunianti *et al.*, 2010; Anas *et al.*, 2015; Abraha *et al.*, 2015). Jika ragam genetik suatu variabel tinggi maka nilai heritabilitas akan tinggi sehingga variabel tersebut bisa digunakan sebagai kriteria seleksi. Hasil penelitian Setiawan *et al.* (2016) melaporkan bahwa variabel tinggi tanaman dari 20 genotip sorghum menunjukkan heritabilitas tinggi sehingga bisa digunakan kriteria seleksi sorghum sebagai penghasil biomasa. Selanjutnya Satish *et al.* (2016) melaporkan bahwa berdasarkan analisis menunjukkan bahwa variasi genetik dalam populasi (95%) lebih besar dibanding dengan variasi antar-populasi (5%). Alhajturki (2011)

menyimpulkan bahwa penanda ISSR dapat digunakan untuk mengevaluasi diversitas genetik dan perbedaan antar varietas sorgum. Ortiz *et al.* (2017) melaporkan bahwa perbedaan pertukaran gas CO₂ saat proses fotosintesis dikontrol oleh gen yang terletak pada kromosom 3, 4, 6, 7, dan 8.

Dengan demikian tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi keragaman vegetatif, membandingkan keragaman genetik dan keragaman fenotip pada beberapa kandidat genotip sorgum penghasil nira, dan menghitung heritabilitas arti luas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan dari April 2017 sampai Februari 2018 di Desa Sukanegara, Kecamatan Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan. Analisis brangkasan dilakukan di Laboratorium Agronomi, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung. Ada 15 genotip sorgum, yaitu GH 3, GH 4, GH 5, GH 6, GH 7, GH 13, Super 1, Super 2, Samurai 1, UPCA, Numbu, Mandau, Talaga Bodas, P/IWHP, P/F 5-193-C yang ditanam dengan sistem tumpangsari dengan ubikayu varietas UJ5. Pupuk yang digunakan adalah KCl, Urea, dan TSP dengan dosis berturut-turut 200 kg ha⁻¹, 200 kg ha⁻¹, dan 150 kg ha⁻¹. Jarak tanam sorgum adalah 20 cm x 80 cm dan ubikayu adalah 80 cm x 100 cm.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah saprotran, SPAD 500, gelas ukur, refraktrometer, alat pemeras batang, dan kamera. Perlakuan disusun secara strip plot dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan tiga ulangan yang digunakan sebagai kelompok. Model linier adalah: $Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ijk}$.

Variabilitas suatu karakter ditentukan dengan membandingkan nilai ragam genetik dengan nilai simpangan baku ragam genetik, yang dihitung menurut cara Anderson dan Bancroft (1952) sebagai berikut:

$$\sigma\sigma_G^2 = \sqrt{\frac{2}{r^2} \left\{ \frac{(n_3)^2}{db_{genotipe} + 2} + \frac{(n_5)^2}{db_{galat} + 2} \right\}}$$

dimana N₃= kuadrat tengah genotip dan N₅= kuadrat tengah galat.

Variabilitas genetik suatu karakter berdasarkan variasi genetik (σ_G^2) rata-rata umum (x) dan koefisien keragaman genetik (KKG). Menurut Anderson dan Brancoff (1952) dikutip oleh Lubis *et al.* (2014) dengan persamaan sebagai berikut:

$$KKG (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_G^2}}{x} \times 100$$

Variabilitas fenotipik suatu karakter ditentukan berdasarkan variasi fenotipik (σ_P^2), rata-rata umum (x) dan koefisien keragaman fenotipik (KKF) menggunakan persamaan berikut:

$$KKF (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_P^2}}{x} \times 100$$

Berdasarkan Effendy *et al.* (2018) suatu karakter mempunyai keluasan variasi genetik bisa berdasarkan nilai koefisien variasi dengan rentang 0 – 100% kuartil, yaitu rendah (0% ≤ 25%), agak rendah (25% ≤ 50%), cukup tinggi (50% ≤ 75%), dan tinggi (75% ≤ 100%). Adapun kriteria nilai heritabilitas menurut Stansfield (1988), yaitu tinggi jika $h^2 > 0.5$, sedang jika $0.2 \leq h^2 \leq 0.5$, dan rendah jika $h^2 \leq 0.2$.

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2}$$

Menurut Sunarya *et al.* (2017) suatu karakter tergolong mempunyai variabilitas genetik yang luas jika ragam genetik lebih besar dari dua kali simpangan baku ragam genetiknya ($\sigma_G^2 > 2\sigma_e^2$) dan tergolong sempit jika ragam genetik lebih kecil atau sama dengan dua kali simpangan baku ragam genetiknya ($\sigma_G^2 \leq 2\sigma_e^2$).

Variabel yang diamati pada penelitian adalah tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, kehijauan daun, jumlah ruas, bobot kering batang, bobot kerimng daun, volume nira, nilai brix, panjang malai, bobot malai, bobot 1.000 butir biji, bobot biji tanaman¹. Homogenitas ragam diuji dengan menggunakan uji Bartlett dan aditivitas data diuji dengan uji Tukey. Bila kedua asumsi terpenuhi, dilakukan analisis ragam lalu dilanjutkan uji pemisahan nilai rata-rata antar-variabel dengan BNT pada taraf 5%. Analisis data menggunakan program Minitab (Versi 17).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat variasi nilai kuadrat tengah genotip pada kedua sistem tanam tumpangsari dan monokultur yaitu pada variabel pengamatan jumlah daun 6 dan 7 MST (Tabel 1). Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya perbedaan genotip pada kondisi tumpangsari dan monokultur. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Sungkono *et al.* (2009) bahwa adanya keragaman pada hasil analisis ragam genotip yang diuji, disebabkan oleh pengaruh genotip, lingkungan, dan interaksinya. Berdasarkan hasil penelitian

nilai koefisien keragaman nilai yang tinggi pada kedua sistem tanam tumpangsari dan monokultur yaitu bobot malai, bobot biji tanaman¹, dan bobot kering daun. Dengan demikian, koefisien keragaman pada karakter tersebut memberikan peluang untuk dilakukan seleksi. Hasil ini ditunjang oleh penelitian Ratri (2014) bahwa, karakter pada kacang hijau yang memiliki keragaman yang tinggi dapat memberikan peluang besar untuk seleksi genotip. Selanjutnya, Bakheit (1990) melaporkan tinggi tanaman dan bobot biji per tanaman 22 genotip sorgum menunjukkan variasi pada kondisi cekaman air.

Perbedaan Nilai Rata-rata Tinggi Tanaman Pada Tumpangsari dan Monokultur

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pada hasil pemisahan nilai rata-rata pada tinggi tanaman pada kondisi tumpangsari dan monokultur (Tabel 2). Perbedaan nilai rata-rata antar-variabel pada sistem tanam tumpangsari dan monokultur menunjukkan bahwa genotip GH 7, Super 2, dan Talaga Bodas memiliki nilai rata-rata yang konsisten tinggi pada variabel pengamatan tinggi tanaman 6, 7, 8, dan 9 MST, sedangkan genotip GH 13, GH 4, Mandau, dan Samurai 1 memiliki nilai konsisten rendah pada variabel pengamatan tinggi tanaman 6, 7, 8, dan 9 MST pada kedua sistem tanam. Genotip P/IWHP memiliki nilai rata-rata yang tinggi pada tinggi tanaman 7, 8, dan 9 MST hanya pada kondisi tumpangsari. Sementara pada sistem tanam monokultur, genotip GH 6 memiliki nilai rata-rata variabel pengamatan tinggi tanaman yang rendah pada 6, 7, dan 8 MST. Secara umum, genotip Talaga Bodas menunjukkan nilai tinggi tanaman tertinggi (Gambar 1). Sebaliknya, tinggi tanaman

genotip GH13 dan Samurai merupakan yang terendah.

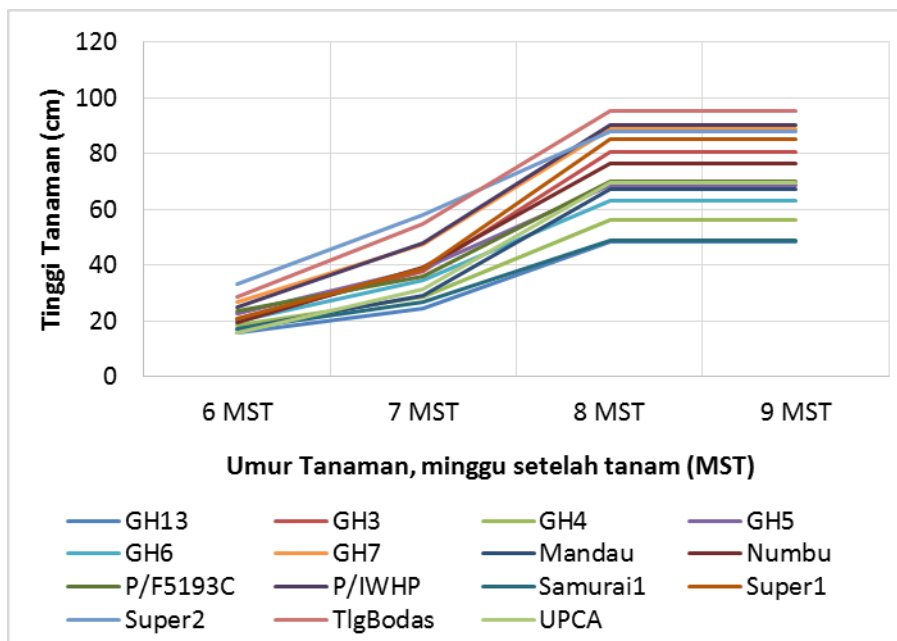
Perbedaan Nilai Rata-rata Jumlah Daun, Kehijauan Daun, dan Bobot Kering Daun pada Tumpangsari dan Monokultur

Perbedaan nilai rata-rata pada variabel jumlah daun 8 dan 9 MST (Tabel 3) yang memiliki nilai konsisten tinggi pada tumpangsari dan monokultur yaitu genotip GH 7 dan UPCA, sedangkan untuk nilai rata-rata yang rendah untuk kedua sistem tanam yaitu genotip GH 13, GH 4, GH 6, dan Samurai 1. Genotip P/IWHP memiliki nilai rata-rata yang tinggi hanya pada kondisi tumpangsari, sedangkan genotip Super 2 dan Talaga Bodas memiliki nilai rata-rata yang tinggi pada kondisi monokultur.

Nilai rata-rata yang tinggi pada kehijauan daun sistem tanam tumpangsari dan monokultur terdapat pada genotip GH 3,

Numbu, P/IWHP, Super 1, Talaga Bodas, dan UPCA, sedangkan nilai rata-rata yang rendah pada kedua sistem tanam yaitu pada kedua sistem tanam yaitu genotip GH 13, GH 4, GH 6, P/F5-193-C, Samurai 1, Super 2. Genotip GH 5 memiliki nilai rata-rata yang tinggi pada kondisi tumpangsari. Nilai kehijauan daun yang tinggi bisa dijadikan sebagai kandidat sorgum *stay green*. Menurut pendapat Anami *et al.* (2015) bahwa tipe sorgum yang *stay green* cenderung tahan terhadap cekaman kering. Sementara genotip GH 7 dan Mandau memiliki nilai rata-rata yang tinggi pada kondisi monokultur.

Genotip yang memiliki nilai rata-rata bobot kering daun tinggi pada kondisi tumpangsari dan monokultur yaitu GH 3, GH 5, Mandau, dan P/IWHP, sedangkan nilai rata-rata yang rendah terdapat pada genotip Numbu, Samurai 1, dan Super 1.



Gambar 1. Kurva pertumbuhan tinggi tanaman 15 genotip sorgum (sigmoid)

Tabel 1. Nilai kuadrat tengah beberapa kandidat genotip pada kondisi tumpangsari dan monokultur

Variabel	Kelompok		Genotip	
	Tumpangsari	Monokultur	Tumpangsari	Monokultur
Tinggi tanaman 6 MST	170,90*	1,43	224,53**	3,83**
Tinggi tanaman 7 MST	14,71**	509,11	5,38**	1531,06**
Tinggi tanaman 8 MST	6137,30**	1112,60	2524,00**	6099,40**
Tinggi tanaman 9 MST	6466,10**	2680,40*	4072,80**	8979,40**
Jumlah daun 6 MST	55,47**	97,36**	0,96	0,50
Jumlah daun 7 MST	33,10**	39,67**	0,83	1,22
Jumlah daun 8 MST	28,07**	110,02**	2,02**	3,64**
Jumlah daun 9 MST	59,39**	114,99**	5,93**	6,09**
Diameter batang	128,74**	55,25**	11,03**	10,82
Kehijauan daun	284,20**	24,81	97,11**	100,27**
Jumlah ruas	12,81**	23,89**	16,23**	22,35**
Bobot kering batang	1,40	545,90	8,26**	1865,90**
Bobot kering daun	417,92**	422,68**	116,56**	90,58**
Nilai brix	69,14**	44,51**	32,37**	28,09**
Kandungan nira	3130,40**	16393,90**	9221,26**	14314,70**
Panjang malai	25,72	63,02*	55,08**	136,51**
Bobot malai tanpa biji	20,06*	7,46**	10,73*	1,11**
Bobot malai	2246,70**	296,60	589,70	1070,80**
Bobot biji tanaman ⁻¹	2119,80**	582,20	475,30	756,30**
Bobot biji 300 butir	2,30	10,18*	6,75**	9,51**

Keterangan: ** : Sangat nyata pada taraf α 1%; * : Nyata pada taraf α 5%

Tabel 2. Rata-rata variabel tinggi tanaman beberapa kandidat genotip sorgum pada kondisi tumpangsari dan monokultur

Genotip	Tinggi tanaman (cm)							
	6 MST		7 MST		8 MST		9 MST	
	TS	MK	TS	MK	TS	MK	TS	MK
GH13	15,7f	16,3de	24,3f	21,7gh	48,3g	41,7g	56,1g	56,1gh
GH3	20,8c-f	20,6cd	37,7bcd	37,9def	80,7b-e	86,4bcd	98,4a-d	108cde
GH4	18,3def	19,1cde	28,4def	25,4f-h	55,9fg	49,7fg	65,2fg	59,6gh
GH5	22,8b-e	23,7bc	38,7bcd	40,1cde	68,8def	82,6cd	79,8def	102de
GH6	20,0def	17,4cde	34,4de	26,4fgh	63,0efg	53,9efg	76,6efg	77,8fg
GH7	26,8abc	30,6ab	47,6ab	51,3abc	88,8abc	112a	111,9ab	145a
Mandau	17,1ef	18,2cde	29,2def	26,8fgh	67,2d-g	52,8fg	76,9d-g	71,2fgh
Numbu	19,3def	16,4de	39,0bcd	31,9efg	76,4b-e	73,8de	94,2b-e	88,1ef
P/F5-193-C	23,6b-e	15,6de	35,9cd	23,5gh	70,0c-f	50,7fg	86,5c-f	71,8fgh
P/IWHP	24,7bcd	20,2cd	47,9abc	42,7b-e	90,4ab	85,5bcd	116,2a	117bcd
Samurai1	17,2ef	13,7e	26,6ef	18,7h	48,6g	40,9g	57,6g	51,0h
Super1	20,9c-f	23,7bc	38,7bcd	45,6bcd	84,9bcd	103abc	104,1abc	130abc
Super2	33,0a	33,8a	57,8a	59,9a	105a	105ab	118,8a	128abc
T Bodas	28,5ab	33,1a	54,8a	55,4ab	95,4ab	115a	117,7a	141ab
UPCA	15,6f	14,8de	31,5def	27,0fgh	69,6c-f	65,8def	90,1cde	85,3ef
BNT5%	6,54	0,73	0,85	12,76	19,44	20,8	21,52	24,70

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata (BNT 5%).
MST = Minggu setelah tanam, TS = Tumpangsari, MK = Monokultur

Tabel 3. Rata-rata variabel jumlah daun, kehijauan daun, dan bobot kering daun beberapa kandidat genotip sorgum pada kondisi tumpangsari dan monokultur

Genotip	Jumlah daun 8 MST		Jumlah daun 9 MST		Kehijauan daun		Bobot kering Daun	
	TS	MK	TS	MK	TS	MK	TS	MK
	----- helai -----				----- g -----			
GH13	6,11bcd	6,44de	5,89cde	6,56cde	39,1e	44,0bcd	14,3bcd	17,89a-d
GH3	6,22bcd	6,67cde	6,67bcd	6,89b-e	44,5a-d	51,0a	18,4abc	15,52a-f
GH4	6,11bcd	6,33de	5,44e	6,33de	38,9e	41,3d	18,2abc	15,27b-f
GH5	5,89cd	6,89b-e	6,56bcd	7,56a-d	44,3a-d	43,4bcd	17,3abc	17,30a-e
GH6	5,89cd	6,33de	5,78de	6,56cde	40,4de	42,0cd	17,6abc	13,20c-f
GH7	6,78ab	7,56abc	7,44ab	8,67a	43,1b-e	47,1abc	10,5d	20,07ab
Mandau	6,22bcd	6,67cde	6,67bcd	6,56cde	42,4cde	46,9abc	18,8ab	18,10a-d
Numbu	6,22bcd	6,22e	6,78bcd	6,33de	47,7a	47,8ab	10,4d	12,32ef
P/F5-193-C	6,67abc	6,22e	6,67bcd	6,67cde	38,9e	43,0bcd	19,0ab	11,81f
P/IWHP	7,33a	7,00b-e	8,33a	7,78abc	47,7ab	50,5a	20,8a	18,54abc
Samurai1	5,67d	6,11e	5,22e	6,11e	38,8e	44,5bcd	14,2bcd	13,00def
Super1	6,89ab	7,22bcd	6,56bcd	8,00ab	46,9abc	48,4ab	12,6cd	13,46c-f
Super2	6,89ab	7,44abc	6,89bc	8,00ab	42,4cde	41,7cd	17,5abc	11,79f
T Bodas	6,56abc	8,22a	7,11b	8,22a	46,1abc	50,1a	9,19d	19,32ab
UPCA	6,89ab	7,67ab	7,44ab	7,67abc	45,3abc	47,9ab	14,2bcd	20,94a
BNT 5%	0,78	0,98	1,09	1,29	4,58	5,53	6,11	5,47

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata (BNT 5%).

MST = Minggu setelah tanam, TS = Tumpangsari, MK = Monokultur

Berdasarkan hasil analisis Rata-rata diameter batang, nilai brix, kandungan nira, dan bobot kering batang beberapa kandidat genotip sorgum pada sistem tumpangsari dan monokultur (Tabel 4), hanya variabel diameter batang pada sistem monokultur yang tidak berbeda nyata. Pada sistem tanam tumpangsari, diameter batang nilai rata-rata yang tinggi terdapat pada 11 genotip diantaranya GH 13, P/IWHP, dan Super 2, sedangkan nilai terendah yaitu genotip Talaga Bodas. Nilai rata-rata yang tinggi pada nilai brix sistem tanam tumpangsari dan monokultur yaitu genotip GH 6 dan nilai terendah terdapat pada genotip Talaga Bodas. Nilai rata-rata yang tinggi pada kondisi tumpangsari yaitu genotip GH 7 dan P/F5-193-C, sementara nilai rata-rata tinggi pada kondisi

monokultur yaitu genotip GH 4, P/IWHP, dan UPCA.

Nilai rata-rata tertinggi pada kandungan nira sistem tanam tumpangsari dan monokultur adalah genotip Talaga Bodas, sementara nilai rata-rata yang rendah terdapat pada genotip P/F5-193-C dan Super 2. Nilai rata-rata yang tinggi pada variabel pengamatan jumlah ruas sistem tanam tumpangsari dan monokultur terdapat pada genotip P/F5-193-C, dan nilai rata-rata yang rendah pada kedua sistem tanam terdapat pada genotip GH 3, Samurai 1, dan UPCA. Nilai rata-rata tinggi pada bobot kering batang sistem tanam tumpangsari dan monokultur yaitu pada genotip GH 13, GH 5, GH 6, GH 7, dan Super 2, dan nilai rata-rata rendah pada kedua sistem tanam terdapat pada genotip Samurai 1 dan UPCA.

Tabel 4. Rata-rata diameter batang, nilai brix, kandungan nira, dan bobot kering batang beberapa kandidat genotip sorgum pada kondisi tumpangsari dan monokultur

Genotip	Diameter batang		Nilai brix		Kandungan nira		Bobot kering batang	
	TS	MK	TS	MK	TS	MK	TS	MK
	----- cm -----				----- ml -----		----- g -----	
GH13	13,7a	14,6	8,93ef	10,3cd	98,0f	183a	59,9ab	70,9ab
GH3	12,7a-d	14,4	7,87fg	9,30def	130bc	112de	42,1a-e	44,9de
GH4	13,4ab	14,9	9,80cde	12,0a	103def	137bcd	43,1a-e	48,3cde
GH5	12,9a-d	14,1	9,03def	10,0cde	102ef	133cd	52,7ab	69,6abc
GH6	11,9a-e	11,3	10,7abc	12,3a	123b-e	98,0def	44,7a-e	57,5a-e
GH7	11,9a-e	14,5	11,3ab	8,87efg	128bcd	178ab	49,6abc	71,2ab
Mandau	13,2abc	14,3	10,4bc	7,49hi	105c-f	112de	32,4c-f	60,3a-e
Numbu	12,3a-d	12,4	7,2ghi	7,58ghi	133b	173abc	39,9b-e	55,9b-e
P/F5-193-C	12,6a-d	12,6	11,8a	7,34i	38,7g	52,7g	58,0ab	53,8b-e
P/IWHP	13,6a	12,1	8,80ef	11,8ab	134b	134cd	60,6a	54,1b-e
Samurai1	10,9de	13,1	7,53gh	10,3cd	124b-e	84,0efg	21,2f	21,2f
Super1	11,5b-e	13,9	6,63hij	8,70fgh	163a	136cd	32,0c-f	65,3a-e
Super2	13,7a	13,3	10,1bcd	10,6bcd	58,7g	64,7fg	45,6a-d	78,7a
T Bodas	10,1e	14,0	5,60j	7,18i	144ab	166abc	27,6ef	66,4a-e
UPCA	11,2cde	14,6	6,27ij	11,3abc	96,0f	118de	29,5def	43,3ef
BNT 5%	2,05		1,16	1,29	24,67	40,87	1,39	22,25

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata (BNT 5%).
MST = Minggu setelah tanam, TS = Tumpangsari, MK = Monokultur

Perbedaan Nilai Rata-rata Panjang Malai, Bobot Malai Tanpa Biji, Bobot Malai, Bobot Biji Tanaman¹, dan Bobot Biji 300 Butir Pada Tumpangsari dan Monokultur

Pada variabel pengamatan panjang malai kondisi sistem tanam tumpangsari dan monokultur, nilai rata-rata yang tinggi terdapat terdapat pada genotip GH 13 dan Samurai 1 (Tabel 5), sedangkan nilai rata-rata yang rendah dihasilkan genotip GH 3, P/F5-193-C, P/IWHP, Super 2, dan UPCA (Tabel 8). Nilai rata-rata yang tinggi pada variabel bobot malai tanpa biji pada sistem tanam tumpangsari dan monokultur terdapat pada genotip GH 3, GH 7, dan P/IWHP, serta nilai rata-rata yang rendah terdapat pada genotip GH 6, P/F5-193-C, dan Super 2.

Variabel pengamatan bobot malai pada sistem tanam tumpangsari tidak berpengaruh nyata. Sedangkan pada sistem tanam monokultur nilai rata-rata yang tinggi terdapat pada 6 genotip, namun yang tertinggi yaitu genotip GH 3 dan Talaga Bodas. Bobot biji tanaman¹ tidak berpengaruh nyata pada sistem tanam tumpangsari. Sementara pada sistem tanam monokultur nilai rata-rata yang tinggi terdapat pada 7 genotip, dimana nilai tertinggi yaitu GH 3 dan Talaga Bodas. Nilai rata-rata tinggi bobot biji 1.000 butir pada kedua sistem tanam dihasilkan genotip GH 3, Numbu, P/IWHP, dan Talaga Bodas. Sedangkan nilai rata-rata rendah pada kedua sistem tanam terdapat pada genotip

GH 13, GH 4, P/F5-193-C, Samurai 1, Super 1, dan Super 2.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, genotip Talaga Bodas pada kondisi tumpangsari dan monokultur lebih efisien digunakan sebagai sorgum penghasil nira dan biji karena memiliki nilai rata-rata tinggi tanaman, kehijauan daun, kandungan nira, dan bobot 1.000 butir biji yang tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa fotosintat yang dihasilkan oleh tanaman pada proses fotosintesis didistribusikan untuk pembentukan batang dan malai. Genotip

GH 3 dan P/IWHP pada kondisi tumpangsari dan monokultur efisien digunakan sebagai sorgum penghasil biji karena memiliki nilai rata-rata bobot biji 1.000 butir, bobot malai tanpa biji, bobot kering daun, dan kehijauan daun yang tinggi, namun memiliki jumlah ruas dan panjang malai yang rendah. Berdasarkan penelitian Fatmawati & Yasin (2016), diketahui bahwa untuk kegiatan seleksi dalam menghasilkan varietas terdapat galur 15103-A yang hasil bijinya lebih tinggi dari varietas yang telah dilepas yaitu varietas Numbu.

Tabel 5. Rata-rata variabel panjang malai, bobot malai tanpa biji, bobot malai, bobot biji tanaman⁻¹, dan bobot biji 300 butir beberapa kandidat genotip sorgum pada kondisi tumpangsari dan monokultur

Genotip	Panjang malai (cm)		Bobot malai (g)		Bobot biji tanaman ⁻¹ (g)		Bobot biji 1.000 butir (g)	
	TS	MK	TS	MK	TS	MK	TS	MK
GH13	24,4a	29,2a	41,6	40,0bc	35,87	36,3cde	28,4c-f	27,5de
GH3	18,3cde	17,8efg	55,2	66,4a	49,10	58,1a	30,7a-e	33,3abc
GH4	24,4a	18,8def	34,5	48,1abc	30,42	41,4a-e	27,7def	26,4e
GH5	21,4a-d	21,7b-e	29,2	47,2bc	30,73	41,9a-e	26,8def	36,0a
GH6	20,7bcd	20,6cde	44,6	30,5c	40,46	29,5de	31,1a-d	28,4de
GH7	19,9cde	20,8cde	43,4	48,4abc	38,60	41,0b-e	29,2b-e	27,3de
Mandau	21,9abc	22,1bcd	46,9	55,3ab	42,94	47,7abc	29,6a-e	28,7cde
Numbu	18,1de	20,6cde	49,0	42,2bc	44,45	35,3cde	34,2a	31,8a-d
P/F5-193-C	18,4cde	17,9d-g	39,7	29,8c	28,44	26,8e	28,1c-f	29,1cde
P/IWHP	16,8e	14,8fg	53,5	43,6bc	46,23	44,2a-d	32,7abc	36,6a
Samurai1	20,9a-d	25,8ab	31,0	48,0bc	27,23	41,7a-e	23,8f	26,3e
Super1	24,1ab	23,9bc	33,3	47,2bc	29,08	40,3b-e	27,2def	30,4b-e
Super2	19,6cde	18,3d-g	39,3	33,4c	33,67	27,5de	26,1ef	27,9de
T Bodas	18,7cde	19,7de	32,9	66,6a	28,88	57,1ab	33,7ab	34,0ab
UPCA	18,1de	14,3g	35,4	46,8bc	31,51	40,4b-e	29,9a-e	28,2de
BNT 5%	3,69	4,16		19,01		16,83	1,39	1,43

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata (BNT 5%).
TS = Tumpangsari, MK = Monokultur

Perbedaan Nilai Duga Ragam Genetik dan Ragam Fenotip pada Sistem Tumpangsari dan Monokultur

Nilai duga ragam genetik dan fenotip (Tabel 6 dan 7) pada kedua sistem tanam, tumpangsari dan monokultur memiliki

kriteria luas pada variabel pengamatan tinggi tanaman 6, 7, 8, dan 9 MST, nilai brix, kandungan nira, dan jumlah ruas. Nilai ragam genetik dalam kriteria sempit pada kedua sistem tumpangsari dan monokultur terdapat pada variabel pengamatan jumlah

daun 6, 7, 8 MST, diameter batang, bobot malai tanpa biji, bobot malai, bobot biji tanaman⁻¹, dan bobot kering daun (Tabel 6). Sementara untuk variabel jumlah daun 9 MST, kehijauan daun, dan bobot kering batang sistem tanam, tumpangsari memiliki kriteria luas, namun di sistem tanam monokultur memiliki kriteria sempit. Selanjutnya variabel panjang malai dan bobot biji 300 butir sistem tanam tumpangsari memiliki kriteria ragam genetik sempit namun sistem tanam monokultur memiliki kriteria yang luas. Hal tersebut dimungkinkan karena kerapatan antar tanaman dan adanya naungan pada tumpangsari dengan ubikayu sehingga mempengaruhi pembentukan fotosintat untuk pertumbuhan.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian Tistama *et al.* (2016) yang menunjukkan bahwa pertumbuhan sorgum dan kedelai normal di TBM 1, sedangkan pada perlakuan kombinasi pertumbuhan kedelai terganggu karena naungan dari tanaman sorgum. Sementara tanaman tumpangsari yang terkena cahaya menunjukkan berat kering biomassa yang tinggi, daun lebih tebal, dibandingkan tanaman yang ternaung. Nilai duga ragam fenotip pada kedua sistem tanam yaitu tumpangsari dan monokultur memiliki nilai ragam fenotip yang luas pada seluruh variabel yang diamati.

Variasi genetik bobot biji per tanaman dalam penelitian ini adalah sempit. Hasil ini bertentangan dengan penelitian Anas *et al.* (2015) yang melaporkan bahwa bobot biji per tanaman mempunyai variasi genetik yang luas. Perbedaan ini sangat menarik namun masih belum diketahui penyebabnya. Kemungkinan yang bisa diinformasikan adalah bahan genotip yang digunakan apakah berasal dari dalam

populasi atau antar-populasi. Cox dan Frey (1984) melaporkan bahwa populasi sorgum yang berasal dari persilangan introgres dengan persilangan balik (BC) akan menghasilkan variasi genetik yang semakin besar dengan adanya BC lanjutan. Kondisi yang sama dilaporkan oleh Sinha dan Kumaravadivel (2016) bahwa variasi genetik bisa dilihat dari jarak yang lebar pada dendrogram.

Perbedaan Koefisien Keragaman Genetik (KKG), Koefisien Keragaman Fenotip (KKF), dan Heritabilitas Pada Tumpangsari dan Monokultur

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai koefisien keragaman genetik (KKG) pada sistem tanam tumpangsari dan monokultur untuk variabel pengamatan bobot kering daun dan nilai brix memiliki nilai KKG kriteria agak rendah (27,20 – 36,43) (Tabel 8). Nilai KKG dengan kriteria rendah pada sistem tanam tumpangsari dan monokultur terdapat pada variabel jumlah daun 7, 8, 9 MST, diameter batang, kehijauan daun, jumlah ruas, dan bobot 1.000 butir biji (3,16 – 23,46). Sementara untuk nilai KKG yang cukup tinggi pada sistem tanam monokultur dihasilkan variabel tinggi tanaman 7, 8, 9 MST, dan kandungan nira (51,20 – 59,44). Nilai koefisien keragaman fenotip (KKF) pada sistem tanam tumpangsari dan monokultur menunjukkan nilai yang cukup tinggi untuk variabel pengamatan kandungan nira, bobot malai, bobot biji tanaman⁻¹ (53,06 – 61,95). Kriteria KKF rendah pada sistem tanam tumpangsari dan monokultur terdapat pada variabel jumlah daun 6, 7, 8 MST, diameter batang, kehijauan daun, dan bobot biji 300 butir (14,10 – 24,12). Sementara untuk nilai KKF yang cukup tinggi pada sistem tanam tumpangsari yaitu

variabel bobot kering daun (52,93) dan bobot malai tanpa biji (61,73). Nilai KKF dengan kriteria agak rendah pada sistem tanam tumpangsari terdapat pada variabel tinggi tanaman 6, 8, dan 9 MST (45,32 – 47,98). Nilai KKF (Tabel 8) dengan kriteria cukup tinggi sistem tanam monokultur terdapat pada variabel tinggi tanaman 7, 8, 9 MST dan bobot kering batang (55,09 – 70,76), serta kriteria rendah pada tinggi tanaman 6 MST (6,15) dan bobot malai

tanpa biji (12,65). Menurut Jalata *et al.* (2011), nilai KKF yang lebih besar daripada nilai KKG untuk berbagai karakter produksi menandakan bahwa seleksi untuk peningkatan produksi dapat dilakukan berdasarkan penampilan fenotipik karena keragaman yang muncul pada karakter tersebut banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan dibandingkan dengan faktor genotip, sehingga seleksi yang dilakukan pada karakter dapat menyimpang.

Tabel 6. Nilai duga ragam genetik beberapa kandidat genotip sorgum pada kondisi tumpangsari dan monokultur

Variabel	Tumpangsari			Monokultur		
	σ_g^2	$2\sigma_{\sigma_g^2}$	Kriteria	σ_g^2	$2\sigma_{\sigma_g^2}$	Kriteria
Tinggi tanaman 6 MST	58,48	53,32	Luas	1,07	0,91	Luas
Tinggi tanaman 7 MST	1,51	1,27	Luas	448,04	362,31	Luas
Tinggi tanaman 8 MST	696,67	596,58	Luas	1867,57	1440,18	Luas
Tinggi tanaman 9 MST	1180,40	959,49	Luas	2759,67	2119,85	Luas
Jumlah daun 6 MST	0,11	0,25	Sempit	0,02	0,15	Sempit
Jumlah daun 7 MST	0,03	0,23	Sempit	0,16	0,31	Sempit
Jumlah daun 8 MST	0,44	0,49	Sempit	0,84	0,88	Sempit
Jumlah daun 9 MST	1,51	1,41	Luas	1,39	1,47	Sempit
Diameter batang	2,05	2,72	Sempit	1,44	2,78	Sempit
Kehijauan daun	24,33	23,15	Luas	21,71	24,40	Sempit
Jumlah ruas	4,75	3,82	Luas	5,88	5,33	Luas
Bobot kering batang	2,01	1,98	Luas	432,60	450,54	Sempit
Bobot kering daun	24,56	28,31	Sempit	18,71	22,16	Sempit
Nilai brix	10,27	7,60	Luas	8,72	6,63	Luas
Kandungan nira	2840,77	2165,89	Luas	4132,63	3390,10	Luas
Panjang malai	13,14	13,19	Sempit	38,86	32,36	Luas
Bobot malai tanpa biji	1,80	2,68	Sempit	0,23	0,27	Sempit
Bobot malai	43,73	159,04	Sempit	218,60	262,30	Sempit
Bobot biji tanaman ⁻¹	41,63	126,60	Sempit	143,67	186,85	Sempit
Bobot biji 1.000 butir	1,50	1,63	Sempit	2,38	2,28	Luas

Keterangan: MST = Minggu setelah tanam

Kriteria keragaman genetik dan fenotip sebagai berikut:

Keragaman genetik luas: $\sigma_g^2 \geq 2\sigma_{\sigma_g^2}$; Keragaman genetik sempit: $\sigma_g^2 \leq 2\sigma_{\sigma_g^2}$

Berdasarkan hasil penelitian, nilai heritabilitas pada kedua sistem tanam tumpangsari dan monokultur memiliki kriteria tinggi terdapat pada variabel pengamatan tinggi tanaman 7, 8, dan 9

MST, nilai brix, kandungan nira, dan jumlah ruas (Tabel 8). Yaqoob *et al.* (2015) menyimpulkan bahwa nilai heritabilitas yang tinggi akan berhubungan erat dengan kemajuan nilai genetik. Nilai heritabilitas

dengan kriteria sedang pada sistem tumpangsari dan monokultur dihasilkan variabel jumlah daun 8 MST, jumlah daun 9 MST, diameter batang, kehijauan daun, bobot malai tanpa biji, bobot kering batang, bobot kering daun, dan bobot 1.000 butir biji. Sedangkan kriteria rendah pada kedua sistem tanam yaitu variabel jumlah daun 6

MST. Nilai heritabilitas jumlah daun termasuk rendah-sedang ($0 < H < 0,5$) pada penelitian ini namun bernilai tinggi pada penelitian Anas *et al.* (2015), yaitu $H=0,83$. Kondisi nilai H jumlah daun yang berbeda ini kemungkinan disebabkan oleh jumlah genotip dan lokasi tanam yang berbeda.

Tabel 7. Nilai duga ragam fenotip beberapa kandidat genotip sorgum pada kondisi tumpangsari dan monokultur

Variabel	Tumpangsari			Monokultur		
	σ_f^2	$2\sigma_{\sigma_f^2}$	Kriteria	σ_f^2	$2\sigma_{\sigma_f^2}$	Kriteria
Tinggi tanaman 6 MST	107,57	8,41	Luas	1,69	0,11	Luas
Tinggi tanaman 7 MST	2,35	0,14	Luas	634,99	32,18	Luas
Tinggi tanaman 8 MST	1130,67	74,33	Luas	2364,27	85,50	Luas
Tinggi tanaman 9 MST	1712,00	91,05	Luas	3459,87	120,53	Luas
Jumlah daun 6 MST	0,74	0,11	Luas	0,55	0,10	Luas
Jumlah daun 7 MST	0,76	0,13	Luas	0,90	0,13	Luas
Jumlah daun 8 MST	1,14	0,12	Luas	1,96	0,19	Luas
Jumlah daun 9 MST	2,90	0,24	Luas	3,32	0,33	Luas
Diameter batang	6,92	0,83	Luas	7,93	1,12	Luas
Kehijauan daun	48,46	4,13	Luas	56,85	6,05	Luas
Jumlah ruas	6,74	0,34	Luas	10,60	0,81	Luas
Bobot kering batang	4,25	0,38	Luas	1000,70	97,79	Luas
Bobot kering daun	67,45	7,35	Luas	53,15	5,93	Luas
Nilai brix	11,84	0,27	Luas	10,65	0,33	Luas
Kandungan nira	3539,71	119,71	Luas	6049,43	329,94	Luas
Panjang malai	28,79	2,68	Luas	58,80	3,43	Luas
Bobot malai tanpa biji	7,14	0,91	Luas	0,66	0,07	Luas
Bobot malai	502,23	78,53	Luas	633,60	71,44	Luas
Bobot biji tanaman-1	392,03	60,01	Luas	468,97	55,99	Luas
Bobot biji 1.000 butir	3,74	0,38	Luas	4,75	0,41	Luas

Keterangan: MST = Minggu setelah tanam

Nilai duga heritabilitas digunakan untuk menduga bahwa suatu karakter banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan atau genetik. Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa pengaruh faktor genetik lebih besar terhadap penampilan fenotip, dibandingkan pengaruh lingkungan. Nilai heritabilitas yang tinggi berperan

dalam meningkatkan efektifitas seleksi (Syukur *et al.*, 2009). Variabel pengamatan kandungan nira memiliki ragam genetik dan ragam fenotip luas, dan heritabilitas yang tinggi. Genotip Talaga Bodas pada kondisi tumpangsari dan monokultur memiliki nilai rata-rata yang tinggi untuk kandungan nira, sementara Super 2 memiliki nilai rata-rata

yang rendah. Sehingga berdasarkan nilai rata-rata tersebut proses seleksi akan lebih mudah dilakukan pada genotip Talaga

Bodas untuk karakter produksi nira yang tinggi.

Tabel 8. Koefisien keragaman genetik (KKG), koefisien keragaman fenotip (KKF), dan heritabilitas beberapa kandidat genotip sorgum pada kondisi tumpangsari dan monokultur.

Variabel	KKG (%)		KKF (%)		Heritabilitas	
	TS	MK	TS	MK	TS	MK
Tinggi tanaman 6 MST	35,37	4,90	47,98	6,15	0,5 S	0,6 T
Tinggi tanaman 7 MST	3,22	59,44	4,02	70,76	0,6 T	0,7 T
Tinggi tanaman 8 MST	35,58	57,93	45,32	65,18	0,6 T	0,8 T
Tinggi tanaman 9 MST	38,17	54,98	45,97	61,56	0,7 T	0,8 T
Jumlah daun 6 MST	6,54	Tidak terdeteksi	17,13	14,10	0,2 R	0,0 R
Jumlah daun 7 MST	3,16	7,02	14,92	16,57	0,0 R	0,2 S
Jumlah daun 8 MST	10,33	13,33	16,62	20,40	0,4 S	0,4 S
Jumlah daun 9 MST	18,56	16,36	25,69	25,32	0,5 S	0,4 S
Diameter batang	11,58	8,83	21,25	20,70	0,3 S	0,2 S
Kehijauan daun	11,44	10,13	16,14	16,40	0,5 S	0,4 S
Jumlah ruas	23,00	23,46	27,40	31,50	0,7 T	0,6 T
Bobot kering batang	3,33	36,22	4,84	55,09	0,5 S	0,4 S
Bobot kering daun	31,94	27,20	52,93	45,85	0,4 S	0,4 S
Nilai brix	36,43	30,54	39,11	33,75	0,9 T	0,8 T
Kandungan nira	47,53	51,20	53,06	61,95	0,8 T	0,7 T
Panjang malai	17,78	30,54	26,32	37,57	0,5 S	0,7 T
Bobot malai tanpa biji	30,99	7,45	61,73	12,65	0,3 S	0,4 S
Bobot malai	16,27	31,98	55,15	54,45	0,1 R	0,4 S
Bobot biji tanaman ⁻¹	18,00	29,52	55,25	53,34	0,1 R	0,3 S
Bobot biji 1.000 butir	13,95	17,06	22,03	24,12	0,4 S	0,3 S

Keterangan: MST : Minggu setelah tanam, KKG : Koefisien keragaman genetik, KKF : Koefisien keragaman fenotip, T : Tinggi, S : Sedang, R : Rendah

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Genotip Talaga Bodas menunjukkan nira yang tinggi pada tumpangsari dan monokultur masing-masing sebesar 144,0 ml dan 166,0 ml dibandingkan genotip lainnya dan konsisten tinggi pada variabel tinggi tanaman 6, 7, 8, 9 MST. Sementara genotip Super 1 menunjukkan nira yang tinggi hanya pada tumpangsari dan genotip GH13 nira yang tinggi hanya pada monokultur.

2. Perbedaan keragaman genetik antara sistem tumpangsari dan monokultur terjadi pada jumlah daun 9 MST, kehijauan daun, bobot kering batang, panjang malai, dan bobot biji 1.000 butir. Keragaman genetik luas pada kedua sistem tanam terdapat pada tinggi tanaman 6, 7, 8, 9 MST, jumlah ruas, nilai brix, dan kandungan nira, karakter dengan variasi yang luas lebih dipengaruhi oleh faktor genetik. Sementara ragam fenotip luas terjadi pada seluruh variabel yang diamati.

3. Nilai duga heritabilitas arti luas pada tinggi tanaman 7, 8, dan 9 MST, nilai brix, kandungan nira, dan jumlah ruas pada sistem tanam tumpangsari dan monokultur termasuk dalam kriteria tinggi (0,6 – 0,9), sehingga karakter tersebut bisa digunakan sebagai kriteria seleksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraha, T., S.M. Githiri, R. Kasili, W. Araia, A. B. Nyende. (2015). Genetic variation among sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) landraces from Eritrea under post-flowering drought stress conditions. *Amer. J. of Plant Sciences* (6): 1410-1424.
- Almodares, A. and M. R. Hadi. (2009). Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 4(9): 772 – 780.
- Alhajturki, D. (2011). Genetic variation of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) varieties assessed by ISSR markers. *Adv. in Environ. Bio*, 5(11):3504-3510.
- Anami S.E., Li-Min Zhang, Yan Xia, Yu-Miao Zhang, Zhi Quan Liu, and Hai-Chun. (2015). Sweet sorghum ideotypes: genetic improvement of stress tolerance. *Food and Energy Security*, 4(1): 3–24.
- Anas, M. Rachmadi, dan Mansyur. (2015). Phenotypic and genotypic variance and heritability of stay green character among 22 elite sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. *KnE Life Sci*, (2): 318-325.
- Anderson & Bancroft. (1952). *Statistical Theory in Research*. Mc Graw Hill Book Company. Inc. New York. 399 hlm.
- Bakheit, B.R. (1990). Variability and correlations in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) under drought conditions at different stages of growth. *J. Agron. & Crop Sci*, 164: 355-360.
- Cox, T.S. & K.J. Frey. (1984). Genetic variation for grain yield and related traits in sorghum introgression populations. *Theoretical and Applied Genetic*, (68), Issue 1–2, pp 145–153.
- Effendy, Respatijarti, & B.Waluyo. 2018. Keragaman genetik dan heritabilitas karakter komponen hasil dan hasil ciplukan (*Physalis* sp.). *Jurnal Agro* 5(1): 30-38
- Elkonin, L., J. Italyanskaya, and Valery Panin. (2018). Genetic modification of sorghum for improved nutritional value: state of the problem and current approaches. *J. of Invest. Genomics*, 5(1):39–48.
- Fatmawati, & M. Yasin H.G. (2016). Karakter agronomis dan hasil beberapa galur sorgum. *Buletin Penelitian Tanaman Serealia*, 1(2): 33-37.
- Jalata, Z., Aryana, A & Zekele, H. 2011. Variability, heritability, and genetic advance for some yield and yield related traits in ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) Landraces and Crosses, Int. *J. Plant Breeding and Genet*, 5(1): 44-45.
- Lubis, K., Sutjahjo, S.H., Syukur, M., & Trikoesoemaningtyas. (2014). Pendugaan parameter genetik dan seleksi karakter morfofisiologi galur jagung introduksi di lingkungan tanah masam. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 33(2):122-128.
- Ortiz, D., Jieyun Hu, & M.G. Salas Fernandez. (2017). Genetic architecture of photosynthesis in *Sorghum bicolor* under non-stress and cold stress conditions. *J. of Exp. Bot*, 68(16): 4545–4557.

- Ratri, T. Hapsari. (2014). Pendugaan keragaman genetik dan korelasi antara komponen hasil kacang hijau berumur genjah. *Buletin Plasma Nutfah*, 20(2): 51-58.
- Rossi, E.S., R. Carletto, O.P. Junior, M. Neumann, & M.V.a Faria. (2015). Genetic improvement and quality parameters of sorghum silage (*Sorghum bicolor* L. Moench) relation to maize silage (*Zea mays* L.). *Brazilian J. of App. Tech. for Agric. Sci. Guarapuava-PR*, 8(1): 89-98.
- Satish, L., J. Shilpha, S. Pandian, A.S. Rency, P. Rathinapriya, S.A. Ceasar, M.J. Largia, A.A. Kumar, & M. Ramesh. 2016. Analysis of genetic variation in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes with various agronomical traits using SPAR methods. *Gene* (15):576-581.
- Setiawan, K., M Kamal, M. Syamsoel Hadi, Sungkono, & Ibnu Maulana. (2016). Keragaan beberapa kandidat genotip sorgum sebagai penghasil biomasa. hlm 373-380. *Dalam Prosiding Seminar Nasional dan Kongres 2016 Perhimpunan Agronomi Indonesia (PERAGI)*. Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sinha, S & N. Kumaravadivel. (2016). Understanding genetic diversity of sorghum using quantitative traits. *Scientifica Vol. 2016*, Article ID 3075023, 8 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3075023>
- Stansfield W.D. (1988), Theory and problems of genetics, M. C. Grow Hill Book Co. New York USA, pp.220-221
- Sunarya, S. Murdaningsih H.K.N. Rostini & Sumadi. (2017). Variabilitas genetik, kemajuan genetik dan pola klaster populasi. *J. Kultivasi*, 16(1): 279-286.
- Sungkono., Trikoesoemanjngtyas, W. Desta, S. Didi, S. Hoeman & M.A. Yudiarto. (2009). Pendugaan parameter genetik dan seleksi galur mutan sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) di tanah masam. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 37(3):220-225.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, & R. Yuniarti. (2009). *Teknik Pemuliaan Tanaman*. Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 300 hlm.
- Tistama, R., Cici Indriani Dalimunthe, Yan Riska Venata Sembiring, Rahmat Fauzi, Ratih Dewi Hastuti, & Suharsono. (2016). Tumpangsari sorgum dan kedelai untuk mendukung produktivitas lahan TBM karet (*Hevea Brasiliensis Muell Arg*). *Jurnal Penelitian Karet*, 34(1) : 61-76.
- Yaqoob, M., N. Hussain, and A. Rashid. (2015). Genetic variability and heritability analysis for yield and morphological traits in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. *J. Agric. Res.*, 53(3): 331-343.
- Yuniarti, R., S. Sarsidi, S. Sujiprihati, S. Memen & S.H. Hidayat. (2010). Kriteria seleksi untuk perakitan varietas cabai tahan *Phytophthora capsici* Leonian. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 38(2) :122-129.