

**Pewarisan Sifat Waxy Populasi F3 Sorgum Hasil Persilangan Pulut 3 x PI-150-20A**

***Inheritance of Waxy Trait in F3 Sorghum Population from the Cross Pulut 3 x PI-150-20A***

**Rodhiyatan Mardhiyyah<sup>1</sup>, Desta Wirnas<sup>2\*</sup>, Trikoesoemaningtyas<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Agronomi dan Hortikultura Departemen Agronomi dan Hortikultura,  
Institut Pertanian Bogor (IPB University)

<sup>2</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, (IPB University)  
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [desta@apps.ipb.ac.id](mailto:desta@apps.ipb.ac.id)

Disetujui: 21 Maret 2024 / *Published Online* Mei 2024

**ABSTRACT**

*Sorghum can be used as an alternative food source. Sorghum rice is generally less preferred by consumers. It is necessary to improve the quality of sorghum grains to meet consumer preferences. This study aims to gain knowledge about genetic control and selection on agronomic characters and waxy traits in F3 populations of Pulut 3 x PI-150-20A sorghum cross. The research was conducted from July 2022 to November 2022 at the BSIP Biogen, Cimanggu, Bogor City. The results of the research indicated that the F3 population exhibited mean values that were generally lower than those of the parental lines. Gene actions that appear are complementary epistasis and duplicate epistasis with a large number of genes involved in most characters. The broad-sense heritability and coefficient of genetic variability were both high. The amylose content of sorghum types was determined through iodine staining. The results of seed staining showed that the majority of F3 populations of Pulut 3 x PI-150-20A sorghum were of the waxy type or had low amylose content.*

*Keywords: epistasis, genes, rice, segregating, staining*

**ABSTRAK**

Sorgum dapat dijadikan sebagai bahan pangan alternatif beras padi, namun beras dari biji sorgum kurang disukai masyarakat. Karena itu diperlukan adanya perbaikan terhadap kualitas biji sorgum untuk memperoleh biji sorgum yang disukai oleh masyarakat. Penelitian ini bertujuan memperoleh pengetahuan tentang keragaman genetik dan seleksi pada karakter agronomi dan tipe *waxy* pada populasi F3 sorgum persilangan Pulut 3 x PI-150-20A. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2022 hingga November 2022 di Kebun BSIP Biogen, Cimanggu, Kota Bogor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi F3 memiliki nilai tengah yang cenderung lebih kecil daripada kedua tetuanya. Aksi gen yang muncul yaitu epistasis komplementer dan epistasis duplikat dengan jumlah gen yang terlibat banyak pada mayoritas karakter. Heritabilitas arti luas dan koefisien keragaman genetik termasuk tinggi. Pengamatan tipe sorgum berdasarkan kandungan amilosa. Hasil dari pewarnaan biji menunjukkan bahwa populasi F3 sorgum persilangan Pulut 3 x PI-150-20A mayoritas bertipe *waxy* atau memiliki kandungan amilosa yang rendah.

Kata kunci: beras, epistasis, gen, pewarnaan, segregasi

## PENDAHULUAN

Rawannya ketahanan pangan termasuk salah satu dari sebelas masalah mendasar di sektor pertanian. Pemerintah merencanakan beberapa solusi untuk mengatasi masalah tersebut yang dimana salah satunya adalah meningkatkan diversifikasi pangan (Hardono, 2014). Menurut data Survei Ekonomi Nasional, makanan pokok masyarakat Indonesia adalah beras. Beras yang dikonsumsi ini sebagian besar berasal dari padi (Ariani, 2010). Diversifikasi pangan perlu dilakukan supaya masyarakat tidak lagi bergantung pada beras yang berasal dari padi. Hal ini dilakukan dengan cara mencari tanaman lain yang dapat menggantikan padi sebagai sumber dari beras yang biasa dikonsumsi. Sorgum (*Sorgum bicolor* (L.) Moench) merupakan salah satu tanaman pangan yang dapat menjadi bahan pangan alternatif sehingga mampu mendukung diversifikasi pangan (Noerhartati *et al.*, 2017).

Sorgum merupakan tanaman sereal yang mampu tumbuh di berbagai keadaan lingkungan. Daya adaptasi luas menjadikan tanaman ini mudah untuk dibudidayakan di Indonesia (Andriani dan Isnaini, 2013). Pada tahun 2013, sorgum memiliki luas penanaman sebesar 2,518 ha sehingga menjadikannya komoditas sereal yang memiliki lahan total paling banyak dibandingkan sereal lain (Direktorat Budidaya Sereal, 2013). Sorgum memiliki kadar protein sebesar 11% sehingga lebih tinggi dibandingkan dengan beras padi yang hanya 6.8%. Hal ini membuat sorgum menjadi salah satu komoditas potensial yang dapat digunakan untuk diversifikasi pangan (Firmansyah, 2018).

Beras sorgum yang dapat dijadikan sebagai bahan pangan utama pengganti beras masih kurang disukai oleh masyarakat Indonesia. Hal ini dikarenakan beras dari biji sorgum kurang pulen, cenderung lebih keras, dan lebih kering (Rasyid *et al.*, 2016), tidak seperti nasi yang terbuat dari beras padi pada umumnya. Kepulenan suatu nasi ditentukan dari kadar amilosa yang ada di dalam beras. Semakin tinggi kandungan amilosa pada beras, maka semakin rendah tingkat kepulenan nasinya (Andriyani *et al.*, 2020). Berdasarkan kadar amilosanya, sorgum dibedakan menjadi dua kelompok yaitu sorgum ketan (*waxy* sorgum) yang memiliki kadar amilosa sekitar 1%-2% dan sorgum beras (*non-waxy* sorgum) dengan kadar amilosa sekitar 25% (Aisyah, 2021). Sementara itu menurut Syamsiah dan Masliah (2019) tekstur nasi yang sangat pulen memiliki kadar amilosa diantara 15%-

20%. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa beras dari sorgum termasuk tidak pulen sehingga kurang disukai oleh masyarakat.

Supaya sorgum dapat diterima oleh masyarakat sebagai bahan pangan alternatif, maka diperlukan perbaikan kadar amilosa melalui pemuliaan tanaman. Hasil yang diharapkan adalah varietas sorgum dengan tipe *heterowaxy*. Sorgum tipe ini telah diteliti sebelumnya dan ditemukan memiliki kadar amilosa sebanyak 14% (Sang Y *et al.*, 2008). Berdasarkan Sang *et al.* (2008) dapat disimpulkan bahwa sorgum tipe *heterowaxy* merupakan tipe sorgum yang paling mendekati hasil yang diharapkan. Sorgum yang diharapkan yaitu memiliki kadar amilosa sedang diantara 15%-20% sehingga nantinya nasi yang dihasilkan akan sangat pulen (Syamsiah dan Masliah, 2019). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur kadar amilosa suatu benih adalah dengan cara meneteskan larutan iodine pada endosperma biji sorgum yang akan diuji. Endosperma biji yang telah ditetaskan larutan iodine akan berubah warna yang menjadi indikator ada tidaknya amilosa pada biji. Biji sorgum yang memiliki kandungan amilosa cukup banyak (*non-waxy* sorgum) akan berubah warnanya menjadi biru tua, sementara biji sorgum dengan sedikit atau tanpa amilosa (*waxy* sorgum) akan berubah warna menjadi merah kecokelatan (Pedersen *et al.*, 2004).

Penelitian ini merupakan salah satu dari serangkaian langkah yang dibutuhkan untuk membuat varietas baru dengan kadar amilosa yang sedang yaitu diantara 15-20%. Menurut Fadilah (2022) perbandingan sorgum *waxy* dan *non-waxy* yang didapatkan dari persilangan Pulut 3 x PI-150-20A pada generasi kedua adalah sebesar 15:1. Hasil yang didapatkan oleh Fadilah (2022) adalah sesuai dengan yang diinginkan yaitu terdapat lebih banyak sorgum dengan tipe *waxy* dalam populasi dengan harapan diantara yang termasuk tipe *waxy* akan diperoleh genotipe yang memiliki kadar amilosa rendah. Penelitian ini bertujuan memperoleh informasi tentang keragaman genetik dan seleksi pada karakter agronomi dan tipe *waxy* pada populasi F3 sorgum persilangan Pulut 3 x PI-150-20A.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Balai Standarisasi Instrumen Pertanian, Cimanggu, Kecamatan Bogor Barat, Kabupaten Bogor pada bulan Juli - November 2022. Kegiatan pasca panen dilakukan di Laboratorium Pemuliaan Tanaman.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah genotipe Pulut 3 dan PI-150-20-A sebagai tetua masing-masing sebanyak 50 tanaman dan F3 hasil persilangan Pulut 3 x PI-150-20A sebanyak kurang lebih 300 tanaman. Alat yang digunakan berupa alat pertanian konvensional, plastik untuk menyungkup malai, alat pengamatan (meteran, jangka sorong, timbangan digital). Alat dan bahan yang digunakan dalam uji *staining* adalah larutan iodine, akuades, gelas ukur, plat tetes, mikro pipet, dan kamera.

Pelaksanaan di lapang dimulai dengan pengolahan lahan yang dilakukan dua minggu sebelum penanaman. Lahan yang digunakan seluas ±80 m<sup>2</sup>. Penanaman dilakukan dengan membuat lubang menggunakan tugal dengan jarak tanam 70 cm x 20 cm. Pada setiap lubang ditanami 3 butir benih dan diberi insektisida bahan aktif karbofuran. Penyulaman pada tanaman mati dilakukan satu minggu setelah penanaman (MST). Pemberian pupuk dilakukan sebanyak dua kali. Pemupukan pertama dilakukan pada saat 2 MST dengan pupuk urea 200 kg ha<sup>-1</sup> dengan 2/3 dosis, SP-36 100 kg ha<sup>-1</sup>, dan KCL 100 kg ha<sup>-1</sup>. Pemupukan kedua dilaksanakan saat tanaman berumur 4 MST dengan sisa 1/3 dari dosis pupuk urea.

Kegiatan pemeliharaan terdiri dari Penyiraman yang dilakukan apabila tanah kering dan tidak turun hujan, pengendalian gulma dilakukan secara manual pada awal penanaman, pengendalian hama dan penyakit dilakukan menyesuaikan kondisi lahan, dan penyungkupan malai sorgum dilakukan ketika biji sudah matang susu menggunakan plastik bening yang telah dilubangi. Pemanenan dilakukan jika 50% bulir pada satu malai sudah masak sempurna atau telah muncul lapisan hitam (*black layer*) di pangkal biji.

Tanaman sorgum diamati sesuai dengan peubah yang terdapat dalam UPOV (2015) yaitu pengamatan kuantitatif yang terdiri dari jumlah daun (helai), luas daun (cm<sup>2</sup>), tinggi tanaman (cm), diameter batang (cm), panjang malai (cm), bobot basah malai (g), bobot kering malai (g), cabang primer, cabang sekunder 1, cabang sekunder 2, cabang sekunder 3, cabang primer 1, cabang primer 2, cabang primer 3, banyak node, panjang *rachis*

(cm), bobot biji per malai (g), dan bobot 100 biji per malai (g). Pengamatan kualitatif terdiri dari keberadaan anakan, bentuk malai, kerapatan malai, warna malai, warna biji, dan tipe sorgum berdasarkan amilosa.

Percobaan uji cepat amilosa atau uji *staining* dilakukan untuk menentukan tipe sorgum berdasarkan amilosa pada benih yang diuji dengan cara meneteskan larutan iodine 50 µl dengan akuades dengan perbandingan 1:1. Sorgum dengan endosperma berwarna merah kecokelatan memiliki kadar amilosa sedikit sedangkan sorgum dengan endosperma berwarna biru tua memiliki kadar amilosa tinggi.

Analisis data meliputi analisis nilai tengah menggunakan minitab 19 yang selanjutnya dilakukan uji t-dua arah pada taraf 5% menggunakan SAS (<https://welcome.oda.sas.com/>). Pendugaan aksi dan jumlah gen didapatkan dengan menggunakan *skewness* dan *kurtosis* dari minitab 19 dan selanjutnya ditentukan berdasarkan Roy (2000). Pendugaan nilai komponen ragam, heritabilitas arti luas, dan koefisien ragam genetik didapatkan menggunakan minitab 19 dan *Ms. Excel*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Umum

Kegiatan penanaman dilaksanakan pada bulan Juli-November 2022 di Kebun Percobaan BB Biogen, Cimanggu, Kecamatan Bogor Barat, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Kondisi iklim menurut BMKG dapat dilihat pada Tabel 1. Menurut BMKG (2022) kondisi iklim di wilayah Bogor selama penelitian pada bulan Juli hingga November 2022 memiliki suhu rata-rata 26.07 °C, kelembaban rata-rata 84.14%, curah hujan 474.82 mm, dan kecepatan angin maksimum 4.34 m s<sup>-1</sup>. Suhu penanaman dan curah hujan sesuai dengan kondisi optimum pertumbuhan sorgum yaitu berkisar pada suhu 23-30 °C (Zubair, 2016) dan 400-600 mm (Dicko *et al.*, 2013). Namun kelembaban melebihi kondisi optimum yaitu 20%-40% (Zubair, 2016).

Tabel 1. Kondisi iklim wilayah Bogor

Bulan	Suhu rata-rata (°C)	Kelembaban rata-rata (%)	Curah hujan rata-rata (mm)	Kecepatan angin maks (m s <sup>-1</sup> )
Juli	26.26	82.29	543.94	6
Agustus	26.04	82.93	15.40	10
September	25.98	83.93	329.72	12
Oktober	26.05	85.53	731.02	11
November	26.01	86.00	754.04	10

Sumber: BMKG (2022)

Benih sorgum F3 hasil persilangan Pulut 3 x PI-150-20A memiliki daya berkecambah yang kecil. Hal ini dapat disebabkan oleh kurangnya viabilitas benih ketika ditanam. Penyulaman dilakukan selama beberapa kali hingga 4 MST, hal ini menyebabkan pertumbuhan tanaman sorgum yang tidak bersamaan. Pada Oktober 2022 lebih dari setengah populasi tanaman rebah. Hal ini disebabkan oleh tingginya curah hujan yang terjadi pada bulan tersebut dengan rata-rata mencapai 731.02 mm. Pada tanggal 7 Oktober 2022 terjadi hujan badai dengan kecepatan angin maksimal mencapai  $8 \text{ m s}^{-1}$ . Perbaikan dilakukan dengan cara pengikatan tanaman yang rebah pada ajir. Namun solusi ini terbukti tidak berpengaruh dikarenakan hujan badai yang kembali terjadi beberapa kali pada bulan yang sama dengan kecepatan angin maksimal mencapai  $11 \text{ m s}^{-1}$  pada tanggal 20 Oktober 2022. Hal ini menyebabkan banyaknya tanaman yang mati sehingga jumlah tanaman pada populasi F3 berkurang dari 500 tanaman menjadi 179 tanaman.

#### Analisis Nilai Tengah dan Simpangan Baku

Nilai tengah suatu populasi dapat menentukan kualitas populasi tersebut. Menurut Yamin *et al.* (2014) karakter agronomi yang memiliki nilai tengah lebih tinggi dari kedua

tetunya memiliki potensi untuk dilakukannya seleksi.

Berdasarkan Tabel 2, dapat diamati bahwa karakter yang memiliki nilai tengah yang lebih baik dari kedua tetua hanya terdapat pada jumlah daun dan jumlah cabang tersier atas. Karakter luas daun, jumlah cabang primer, jumlah cabang sekunder bawah, jumlah cabang sekunder tengah, jumlah cabang sekunder atas, jumlah cabang tersier bawah, jumlah cabang sekunder tengah, banyak node, panjang *rachis*, dan berat biji per malai memiliki nilai tengah yang lebih kecil daripada tetua jantan PI-150-20A. Karakter tinggi tanaman dan panjang malai memiliki nilai tengah yang lebih kecil daripada tetua betina Pulut 3. Sementara itu karakter diameter batang, berat malai basah, berat malai kering, dan berat 100 biji memiliki nilai tengah yang lebih kecil dibandingkan dengan kedua tetua betina dan jantan.

#### Sebaran Populasi dan Pendugaan Jumlah Gen

Nilai *skewness* menunjukkan tipe aksi gen dalam suatu karakter. Nilai *Skewness* bermanfaat untuk mendeteksi ada atau tidaknya pengaruh epistasis dan dominansi pada karakter tersebut (Roy, 2000). Epistasis merupakan interaksi antara dua gen atau lebih pada lokus yang berbeda untuk membentuk fenotipe tanaman.

Tabel 2. Nilai tengah dan simpangan baku populasi F3 sorgum hasil persilangan Pulut 3 x PI-150-20A dan kedua tetua

Karakter	Jangkauan	Nilai tengah dan simpangan baku		
		F3	Pulut 3	PI-150-20A
JD (helai)	7.00 – 15.00	11.63 <sup>ab</sup> ± 1.60	10.13 ± 0.35	10.47 ± 0.52
LD (cm <sup>2</sup> )	104.38 – 613.26	381.88 <sup>b</sup> ± 112.05	-	470.10 ± 46.70
TT (cm)	90.40 – 271.20	146.16 <sup>ab</sup> ± 31.57	170.20 ± 16.73	119.51 ± 2.68
DB (cm)	0.40 – 2.40	1.27 <sup>ab</sup> ± 0.36	1.50 ± 0.13	1.51 ± 0.18
PM (cm)	13.30 – 40.70	28.24 <sup>b</sup> ± 4.11	29.07 ± 4.06	20.89 ± 1.25
DM (cm)	0.20 – 8.20	2.85 <sup>ab</sup> ± 1.44	2.47 ± 0.58	6.31 ± 0.46
BMB (g)	3.00 – 173.00	35.31 <sup>b</sup> ± 29.29	115.07 ± 32.47	100.93 ± 10.26
BMK (g)	2.80 – 116.50	31.31 <sup>ab</sup> ± 23.74	75.00 ± 13.89	98.60 ± 7.17
CP (buah)	19.00 – 60.00	37.50 <sup>b</sup> ± 5.69	-	64.53 ± 2.33
CSB (buah)	1.00 – 16.00	10.08 <sup>b</sup> ± 2.68	-	11.07 ± 0.88
CST (buah)	0.00 – 14.00	4.29 <sup>b</sup> ± 4.80	-	9.00 ± 0.85
CSA (buah)	0.00 – 16.00	4.89 <sup>b</sup> ± 4.05	-	2.67 ± 0.49
CTB (buah)	0.00 – 77.00	18.97 <sup>b</sup> ± 12.79	-	32.40 ± 3.64
CTT (buah)	0.00 – 42.00	6.27 <sup>b</sup> ± 9.58	-	18.73 ± 1.87
CTA (buah)	0.00 – 36.00	7.09 <sup>b</sup> ± 8.47	-	0.67 ± 0.82
BN (buah)	1.00 – 14.00	3.16 <sup>b</sup> ± 2.37	-	13.13 ± 0.74
PR (cm)	0.00 – 31.30	8.16 <sup>b</sup> ± 7.89	-	18.95 ± 1.10
BBpM (g)	1.30 – 96.70	22.19 <sup>b</sup> ± 19.58	-	68.55 ± 6.68
B100 (g)	0.30 – 3.20	1.63 <sup>ab</sup> ± 0.49	2.43 ± 0.05	2.97 ± 0.12

Notasi JD = jumlah daun, LD = luas daun, TT = tinggi tanaman, DB = diameter batang, PM = panjang malai, BMB = bobot malai basah, BMK = bobot malai kering, CP = cabang primer, CSB = cabang sekunder bawah, CST = cabang sekunder tengah, CSA = cabang sekunder atas, CTB = cabang tersier bawah, CTT = cabang tersier tengah, CTA = cabang tersier atas, BN = banyak node, PR = panjang *rachis*, BBpM = bobot biji per malai, B100 = bobot 100 biji, <sup>a</sup> = berbeda nyata dengan Pulut 3, <sup>b</sup> = berbeda nyata dengan PI-150-20A.

Epistasis memiliki dua jenis yaitu epistasis komplementer dan epistasis duplikat. Epistasis komplementer adalah adanya interaksi dimana suatu gen membutuhkan gen lain untuk membentuk suatu fenotipe. Epistasis duplikat adalah interaksi dimana dua gen tersebut menghasilkan bahan yang sama untuk membentuk fenotipe tanaman yang sama (Sayurandi, 2021). Nilai *kurtosis* menunjukkan banyak atau sedikitnya gen yang terlibat dalam suatu karakter. *Kurtosis* yang bernilai negatif (*leptokurtik*) menandakan bahwa karakter tersebut dikendalikan oleh banyak gen, sedangkan *kurtosis* yang bernilai positif (*platikurtik*) menandakan bahwa karakter tersebut dikendalikan oleh sedikit gen (Nurhidayah *et al.*, 2017). Pendugaan jumlah dan tipe aksi gen yang terlibat dalam suatu karakter dilakukan berdasarkan Roy (2000) dan ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil pendugaan dapat dilihat bahwa tidak ada karakter yang hanya terdapat aksi gen aditif yang terlibat dalam karakternya. Sementara itu aksi gen epistasis duplikat terlibat dalam pembentukan karakter jumlah daun, luas daun, panjang malai, dan jumlah cabang sekunder bawah. Aksi gen epistasis komplementer terlibat dalam pembentukan karakter tinggi tanaman, diameter batang, diameter malai, berat malai basah,

berat malai kering, jumlah cabang primer, jumlah cabang sekunder tengah, jumlah cabang sekunder atas, jumlah cabang tersier bawah, jumlah cabang tersier tengah, jumlah cabang sekunder atas, banyak node, panjang *rachis*, bobot biji per malai, dan bobot 100 biji. Semua karakter kecuali berat malai basah dikendalikan oleh banyak gen dengan jenis sebaran platikurtik (Tabel 4).

**Heritabilitas dan Koefisien Keragaman Genetik**

Heritabilitas adalah parameter genetik yang digunakan untuk mengukur tingkat keterwarisan suatu karakter dalam populasi tanaman atau suatu pendugaan yang mengukur sejauh mana variabilitas penampilan suatu karakter dalam populasi yang disebabkan oleh peranan faktor genetik (Poehlman dan Sleeper, 1995). Nilai heritabilitas arti luas dihitung dengan rumus ( $h^2_{bs} = ((\sigma^2_g) / (\sigma^2_P)) \times 100\%$ ) dari nilai ragam fenotipe ( $(\sigma^2_P) = (\sigma^2_{F_2})$ ), ragam lingkungan ( $(\sigma^2_e) = (\sigma^2_{P1} + \sigma^2_{P2}) / 2$ ) dan ragam genetik ( $(\sigma^2_g) = (\sigma^2_P) - (\sigma^2_e)$ ). Terdapat dua kelompok heritabilitas yaitu heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit. Pada heritabilitas arti luas terdapat tiga kategori yaitu rendah yaitu kurang dari 20%, sedang yaitu diantara 20%-50%, dan tinggi yaitu lebih tinggi dari 50% (Mangoendidjojo, 2003).

Tabel 3. Bentuk grafik *skewness* dan *kurtosis*, jumlah gen, dan tipe aksi gen yang mengendalikan suatu karakter

Tabel uji kenormalan data	Bentuk grafik	Keterangan
<i>Skewness</i>	= 0	Sebaran normal Aksi gen aditif
	< 0	Sebaran tidak normal Aksi gen aditif + epistasis duplikat
	> 0	Sebaran tidak normal Aksi gen aditif + epistasis komplementer
<i>Kurtosis</i>	= 3	Mesokurtik
	< 3	Platikurtik Karakter dikendalikan oleh banyak gen
	> 3	Leptokurtik Karakter dikendalikan oleh sedikit gen

Sumber: Roy (2000)

Tabel 4. Pendugaan aksi gen karakter agronomi pada populasi F3 sorgum hasil persilangan Pulut 3 x PI-150-20A

Karakter	S	Aksi gen	K	Jumlah gen
JD (helai)	-0.52	Epistasis duplikat	0.22	Banyak gen, Platikurtik
LD (cm <sup>2</sup> )	-0.43	Epistasis duplikat	-0.32	Banyak gen, Platikurtik
TT (cm)	1.43	Epistasis komplementer	2.22	Banyak gen, Platikurtik
DB (cm)	0.05	Epistasis komplementer	-0.08	Banyak gen, Platikurtik
PM (cm)	-0.04	Epistasis duplikat	1.00	Banyak gen, Platikurtik
DM (cm)	0.63	Epistasis komplementer	0.44	Banyak gen, Platikurtik
BMB (g)	1.75	Epistasis komplementer	3.78	Sedikit gen, Leptokurtik
BMK (g)	1.31	Epistasis komplementer	1.42	Banyak gen, Platikurtik

Notasi JD = jumlah daun, LD = luas daun, TT = tinggi tanaman, DB = diameter batang, PM = panjang malai, BMB = bobot malai basah, BMK = bobot malai kering, CP = cabang primer, CS1 = cabang sekunder 1, CS2 = cabang sekunder 2, CS3 = cabang sekunder 3, CSA = cabang sekunder atas, CTB = cabang tersier bawah, CTT = cabang tersier tengah, CTA = cabang tersier atas, BN = banyak node, PR = panjang *rachis*, BBpM = bobot biji per malai, B100 = bobot 100 biji, S = *skewness*, K = *kurtosis*.

Tabel 4. Pendugaan aksi gen karakter agronomi pada populasi F3 sorgum hasil persilangan Pulut 3 x PI-150-20A (Lanjutan)

Karakter	S	Aksi gen	K	Jumlah gen
CP (buah)	0.46	Epistasis komplementer	2.43	Banyak gen, Platikurtik
CSB (buah)	-0.98	Epistasis duplikat	1.85	Banyak gen, Platikurtik
CST (buah)	0.38	Epistasis komplementer	-1.61	Banyak gen, Platikurtik
CSA (buah)	0.04	Epistasis komplementer	-1.17	Banyak gen, Platikurtik
CTB (buah)	0.76	Epistasis komplementer	1.48	Banyak gen, Platikurtik
CTT (buah)	1.52	Epistasis komplementer	1.53	Banyak gen, Platikurtik
CTA (buah)	1.09	Epistasis komplementer	0.52	Banyak gen, Platikurtik
BN (buah)	1.23	Epistasis komplementer	1.70	Banyak gen, Platikurtik
PR (cm)	0.62	Epistasis komplementer	-0.60	Banyak gen, Platikurtik
BBpM (g)	1.45	Epistasis komplementer	1.78	Banyak gen, Platikurtik
B100 (g)	0.82	Epistasis komplementer	0.67	Banyak gen, Platikurtik

Notasi JD = jumlah daun, LD = luas daun, TT = tinggi tanaman, DB = diameter batang, PM = panjang malai, BMB = bobot malai basah, BMK = bobot malai kering, CP = cabang primer, CS1 = cabang sekunder 1, CS2 = cabang sekunder 2, CS3 = cabang sekunder 3, CSA = cabang sekunder atas, CTB = cabang tersier bawah, CTT = cabang tersier tengah, CTA = cabang tersier atas, BN = banyak node, PR = panjang *rachis*, BBpM = bobot biji permalai, B100 = bobot 100 biji, S = *skewness*, K = *kurtosis*.

Keragaman genetik dapat dilihat dari koefisien keragaman genetik (KKG). Keragaman koefisien genetik digolongkan menjadi tiga. KKG 0-10% maka keragaman genetik suatu karakter tersebut kecil. KKG bernilai 10-20% maka keragaman genetik karakter tersebut sedang. KKG bernilai lebih besar dari 20% maka keragaman karakter tersebut luas (Alnopri, 2004). Keragaman genetik merupakan salah satu komponen utama dalam melakukan seleksi (Syukur *et al.*, 2010).

Berdasarkan Tabel 5, hasil pendugaan yang didapatkan menunjukkan bahwa semua karakter

lebih dominan dikendalikan oleh faktor genetik daripada faktor lingkungan. Semua karakter memiliki nilai heritabilitas yang tinggi yaitu diatas 50%. Sementara itu karakter panjang malai dan berat malai basah memiliki nilai heritabilitas arti luas yang sedang yaitu diantara 20% hingga 50%. Menurut Roy (2000) keberhasilan seleksi ditentukan oleh adanya dan banyaknya keragaman yang dikendalikan oleh faktor genetik. Semakin besar faktor genetik yang mengendalikan suatu karakter maka tingkat keberhasilan seleksi akan semakin besar.

Tabel 5. Nilai duga ragam, heritabilitas arti luas, dan koefisien keragaman genetik karakter kuantitatif populasi sorgum F3 sorgum hasil persilangan Pulut 3 x PI-150-20A

Karakter	$\sigma^2_p$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_g$	$h^2_{bs}$	KKG (%)
JD (helai)	2.55	0.20	2.35	92.33 T	13.19 S
LD (cm <sup>2</sup> )	12554.97	2180.90	10374.07	82.63 T	26.67 T
TT (cm)	996.38	143.47	852.92	85.63 T	19.98 S
DB (cm)	0.13	0.02	0.11	81.57 T	25.63 T
PM (cm)	16.91	9.03	7.88	46.60 S	9.94 R
DM (cm)	2.09	0.27	1.81	86.86 T	47.24 T
BMB (g)	858.09	579.93	278.18	32.42 S	47.23 T
BMK (g)	563.71	122.15	441.56	78.33 T	67.11 T
CP (buah)	34.91	5.41	29.50	84.50 T	14.48 S
CSB (buah)	7.17	0.78	6.39	89.10 T	25.06 T
CST (buah)	23.07	0.71	22.36	96.91 T	110.34 T
CSA (buah)	16.37	0.24	16.13	98.55 T	82.06 T
CTB (buah)	163.59	13.26	150.34	91.90 T	64.65 T
CTT (buah)	91.84	3.50	88.35	96.19 T	149.81 T

Notasi JD = jumlah daun, LD = luas daun, TT = tinggi tanaman, DB = diameter batang, PM = panjang malai, BMB = bobot malai basah, BMK = bobot malai kering, CP = cabang primer, CS1 = cabang sekunder 1, CS2 = cabang sekunder 2, CS3 = cabang sekunder 3, CSA = cabang sekunder atas, CTB = cabang tersier bawah, CTT = cabang tersier tengah, CTA = cabang tersier atas, BN = banyak node, PR = panjang *rachis*, BBpM = bobot biji permalai, B100 = bobot 100 biji,  $\sigma^2_p$  = ragam fenotipe,  $\sigma^2_e$  = ragam lingkungan,  $\sigma^2_g$  = ragam genetik,  $h^2_{bs}$  = heritabilitas arti luas, KKG = koefisien keragaman genetik, R = nilai terkategori rendah, S = nilai terkategori sedang, T = nilai terkategori tinggi.

Tabel 5. Nilai duga ragam, heritabilitas arti luas, dan koefisien keragaman genetik karakter kuantitatif populasi sorgum F3 sorgum hasil persilangan Pulut 3 x PI-150-20A (*Lanjutan*)

Karakter	$\sigma^2_P$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_g$	$h^2_{bs}$	KKG (%)
CTA (buah)	71.73	0.67	71.07	99.07 T	118.92 T
BN (buah)	5.60	0.55	5.05	90.14 T	71.03 T
PR (cm)	62.21	1.20	61.00	98.07 T	95.74 T
BBpM (g)	383.21	44.69	338.52	88.34 T	82.92 T
B100 (g)	0.24	0.01	0.23	96.73 T	29.56 T

Notasi JD = jumlah daun, LD = luas daun, TT = tinggi tanaman, DB = diameter batang, PM = panjang malai, BMB = bobot malai basah, BMK = bobot malai kering, CP = cabang primer, CS1 = cabang sekunder 1, CS2 = cabang sekunder 2, CS3 = cabang sekunder 3, CSA = cabang sekunder atas, CTB = cabang tersier bawah, CTT = cabang tersier tengah, CTA = cabang tersier atas, BN = banyak node, PR = panjang *rachis*, BBpM = bobot biji permalai, B100 = bobot 100 biji,  $\sigma^2_P$  = ragam fenotipe,  $\sigma^2_e$  = ragam lingkungan,  $\sigma^2_g$  = ragam genetik,  $h^2_{bs}$  = heritabilitas arti luas, KKG = koefisien keragaman genetik, R = nilai terkategori rendah, S = nilai terkategori sedang, T = nilai terkategori tinggi.

Hasil KKG yang didapatkan yaitu sebagian besar dari karakter memiliki nilai koefisien keragaman genetik yang tinggi dengan jangkauan diantara 13%-150%. Karakter panjang malai memiliki nilai koefisien keragaman genetik yang rendah (0-10%). Karakter jumlah daun, tinggi tanaman, dan jumlah cabang primer memiliki koefisien keragaman genetik yang sedang (10%-20%). Sedangkan karakter lainnya memiliki nilai koefisien keragaman genetik yang tinggi (> 20%). Keragaman genetik membantu dalam mengefisienkan kegiatan seleksi. Semakin besar keragaman genetik maka peluang untuk mendapatkan genotipe yang diharapkan akan semakin besar (Bahar dan Zein, 1993). Berdasarkan data pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa hal ini menunjukkan bahwa semua karakter pada sorgum F3 memiliki potensi yang besar untuk diseleksi.

### Karakter Kualitatif Sorgum F3

Karakter kualitatif yang diamati yaitu keberadaan anakan, kerapatan malai, bentuk malai, dan tipe sorgum berdasarkan kandungan amilosa. Keberadaan anakan ditentukan melalui ada atau tidaknya anakan pada setiap tanaman. Kerapatan malai dan bentuk malai dibedakan menjadi 5 kategori sesuai dengan UPOV (2015). Kerapatan dibagi menjadi sangat jarang, jarang, medium, rapat, sangat rapat. Bentuk malai dibagi menjadi

piramida, lebar bagian atas, lebar bagian tengah, lebar bagian bawah, dan piramida terbalik. Sementara itu tipe sorgum berdasarkan kandungan amilosa ditentukan dengan melihat perubahan warna yang terjadi pada biji setelah dilakukan uji *staining*. Warna coklat kemerahan menunjukkan bahwa sorgum memiliki kandungan amilosa yang rendah dan warna biru tua menunjukkan bahwa sorgum memiliki kandungan amilosa yang tinggi.

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 6, keberadaan anakan menunjukkan bahwa populasi F3 sorgum Pulut 3 x PI-150-20A didominasi oleh individu yang tidak memiliki anakan. Kerapatan malai merupakan karakter penting dalam mendukung produksi karena kerapatan malai sangat mempengaruhi jumlah biji per malai (Syafii *et al.*, 2018). Malai dengan kerapatan yang jarang maka terdapat lebih banyak rongga kosong sehingga malai tersebut kurang terisi. Pada populasi F3, dominasi malai memiliki kerapatan yang sangat jarang dan tidak ada malai yang memiliki kerapatan rapat maupun sangat rapat. Bentuk malai menjadi ciri khas yang menandakan jenis sorgum tersebut (Kusumawati *et al.*, 2013). Bentuk malai cenderung terbagi merata dengan tipe lebar bagian bawah. Bentuk malai cenderung terbagi merata dengan tipe lebar bagian bawah. Tipe sorgum berdasarkan kandungan amilosa didominasi oleh tipe *waxy* atau sorgum yang memiliki kadar amilosa rendah dengan rasio 9:7.

Tabel 6. Hasil pengamatan karakter kualitatif populasi F3 sorgum hasil persilangan Pulut 3 x PI-150-20A

Karakter	Hasil	Rasio
Keberadaan anakan	107 tidak ada : 67 ada	9 : 7
Kerapatan malai	121 sangat jarang : 17 medium : 41 jarang	9 : 3 : 4
Bentuk malai	54 lebar bagian tengah : 84 lebar bagian bawah : 41 piramida terbalik	1 : 2 : 1
Kandungan amilosa	154 coklat kemerahan : 25 biru tua	13 : 3

## KESIMPULAN

## Kesimpulan

Semua karakter yang diamati diduga dikendalikan oleh gen epistasis dengan mayoritas dikendalikan oleh banyak gen yaitu pada karakter jumlah daun, luas daun, tinggi tanaman, diameter batang, panjang malai, diameter malai, bobot malai kering, jumlah cabang primer, jumlah cabang sekunder bawah, jumlah cabang sekunder tengah, jumlah cabang sekunder atas, jumlah cabang tersier bawah, jumlah cabang tersier tengah, jumlah cabang tersier atas, banyak node, panjang *rachis*, bobot biji per malai, dan bobot 100 biji. Karakter yang dikendalikan oleh sedikit gen hanya bobot malai basah. Karakter yang memiliki nilai heritabilitas tergolong tinggi adalah semua karakter kecuali panjang malai dan bobot malai basah yang memiliki nilai heritabilitas golongan sedang. Karakter kecuali jumlah daun, tinggi tanaman, panjang malai, dan jumlah cabang primer memiliki nilai koefisien keragaman genetik yang kategori sedang. Hasil uji *staining* pada populasi sorgum F3 persilangan Pulut 3 x PI-150-20A didapatkan bahwa mayoritas individu memiliki kadar amilosa yang rendah atau termasuk ke dalam tipe *waxy*.

## Saran

Keragaman agronomi dan kandungan amilosa pada populasi F3 bersifat heterogen dan heterozigot. Tipe aksi gen yang mengendalikan karakter agronomi bersifat epistasis sehingga kemungkinan sifatnya untuk diwariskan menjadi kecil. Namun hasil dari analisis menyatakan bahwa populasi F3 sorgum hasil persilangan Pulut 3 x PI-150-20A memiliki nilai heritabilitas dan koefisien keragaman genetik yang tinggi sehingga peluang untuk mendapatkan karakter yang diinginkan semakin besar. Seleksi dapat dilakukan berdasarkan kandungan amilosa yang diharapkan yaitu sorgum dengan tipe *waxy*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S. 2021. Pengaruh konsentrasi HCl terhadap karakteristik gula cair sorgum [skripsi]. Medan (ID): Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Alnopri. 2004. Variabilitas genetik dan heritabilitas sifat-sifat pertumbuhan bibit tujuh genotipe kopi robusta-arabica. *JIP*. 6(2): 91-96.
- Andriani, A., M. Isnaini. 2013. Morfologi dan fase pertumbuhan sorgum. Di dalam: Sumarno, D.S. Damardjati, M. Syam, Hermanto, editor. *Sorgum Inovasi Teknologi dan Pengembangan*. Jakarta (ID): IAARD Press.
- Andriyani, R.S., Y. Martono, F.S. Rondonuwu. 2020. Identifikasi kualitas beras putih (*Oryza sativa* L.) berdasarkan kandungan amilosa dan amilopektin di pasar tradisional dan 'selepan' Kota Salatiga. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*. 12(1):24-30. <https://doi.org/10.30599/jti.v12i1.599>.
- Ariani, M. 2010. Analisis konsumsi pangan tingkat masyarakat mendukung pencapaian diversifikasi pangan. *Gizi Indon*. 33(1):20-28. <https://doi.org/10.36457/gizindo.v33i1.84>
- Bahar, M., A. Zein. 1993. Parameter genetik pertumbuhan tanaman, hasil dan komponen hasil jagung. *Zuriat*. 4(1):4-7. <https://doi.org/10.24198/zuriat.v4i1.6629>.
- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika. 2022. Data Harian Stasiun Klimatologi Jawa Barat. <http://dataonline.bmkg.go.id/home>.
- Dicko, M.H., H. Gruppen, A.S. Traore, A.G.J. Voragen, W.J.H.B. Van. 2006. Sorghum grains as human food in Africa: content of starch and amylase activities. *Afr. J. Biotechnol*. 5(5):384-395.
- Direktorat Budidaya Serealia. 2013. Kebijakan Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dalam Pengembangan Komoditas Jagung, Sorgum dan Gandum. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Kementan RI. Jakarta. <http://sakup.pertanian.go.id/admin/tahunan/LAPORAN%20TAHUNAN%20DIREKTORAT%20BUDIDAYA%20SEREALIA%20TAHUN%202013.pdf>.
- Fadilah, A.R. 2022. Keragaman karakter agronomi dan tipe *waxy* pada populasi F2 sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) hasil persilangan pulut 3 x PI-150-20A [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Firmansyah, K. 2018. Pendugaan heritabilitas dan seleksi populasi F4 sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hardono, G.S. 2014. Strategi pengembangan diversifikasi pangan lokal. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 12(1):1-17. <https://doi.org/10.21082/akp.v12n1.2014.1-17>
- Kusumawati, A., N.E. Putri, I. Suliansyah. 2013. Karakterisasi dan evaluasi beberapa genotipe sorgum (*Sorghum bicolor* L.) di sukarami kabupaten solok. *J. Agroteknologi*. 4(1):7-12. <http://dx.doi.org/10.24014/ja.v4i1.57>.
- Mangoendidjojo, W. 2003. *Dasar-dasar Pemuliaan Tanaman*. Yogyakarta (ID): Kanisius.

- Noerhartati, E., T. Rahayuningsih, Mujiyanto. 2017. Stik sorgum (*Sorghum* sp) sebagai produk difersifikasi pangan alternative. Reka Pangan. 11(2):38-44. <https://doi.org/10.33005/jtp.v11i2.895>
- Nurhidayah, S., Y. Wahyu, W.B. Suwarno. 2017. Parameter genetic dan deteksi segregan transgresif pada populasi kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) generasi F3. J. Agron. Indonesia. 45(2):162-168. <https://doi.org/10.24831/jai.v45i2.12940>
- Pedersen, J.F., S.R. Bean, D.L. Funnell, R.A. Graybosch. 2004. Rapid iodine staining techniques for identifying the waxy phenotype in sorghum grain and waxy genotype in sorghum pollen. Crop Science. 44(1):764-767. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.7640>
- Poehlman, J.M., D.A. Sleper. 1995. Breeding Field Corps. Iowa State University Press. USA.
- Rasyid, M.I., N.D. Yuliana, S. Budijanto. 2016. Karakteristik sensori dan fisika-kimia beras analog sorghum dengan penambahan rempah campuran. Agritech. 36(4):394-403. <https://doi.org/10.22146/agritech.16762>.
- Roy, D. 2000. Plant Breeding: Anaysis and Exploitation of Variation. Calcutta(IN): Narosa Publishing House.
- Sang, Y., S. Bean, P.A. Seib, J. Pedersen, Y. Shi. 2008. Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylose content. J. Agric. Food Chem. 56(15):6680-6685. <https://doi.org/10.1021/jf800577x>
- Sayurandi. 2021. Keragaman dan pendugaan aksigen karakter kuantitatif populasi tanaman F1 hasil persilangan klon karet RRIM 600 x IRR 42. Warta Perkaretan. 40(1):31-40. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v40i1.746>.
- Syafii, M., B.S. Purwoko, I.S. Dewi, W.B. Suwarno. 2018. Karakter agronomi galur padi dihaploid asal kultur antera hasil persilangan three way cross. J. Agron. Indonesia. 46(1): 9-16. <https://doi.org/10.24831/jai.v46i1.16187>.
- Syamsiah, M., M. Masliah. 2019. Identifikasi kadar amilosa beras pandanwangi dari tujuh kecamatan di Kabupaten Cianjur. Agrosience. 9(2):130-136. <https://doi.org/10.35194/agsci.v9i2.778>
- Syukur, M., S. Sujiprihati, A. Siregar. 2010. Pendugaan parameter genetic beberapa karakter agronomi cabai F4 dan evaluasi daya hasilnya menggunakan rancangan perbesaran (*augmented design*). J. Agrotropika. 15(1):9-16.
- [UPOV] International Union for the Protection of New Varieties of Plants. 2015. Sorghum Guidelines for the Conduct of Test for Distinctness, Uniformity, and Stability [internet]. [diunduh 2022 Oktober 10]. Tersedia pada: [https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/tc\\_51/tg\\_122\\_4\\_proj\\_4.pdf](https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/tc_51/tg_122_4_proj_4.pdf).
- Yamin, M., D. Efendi, Trikoesoemaningtyas. 2014. Keragaman genetik dan seleksi genotipe gandum F3 (OASIS x HP1744) di dataran tinggi. Perbal. 3(1):1-19. <https://doi.org/10.30605/perbal.v3i1.63>.
- Zubair, A. 2016. Sorgum Tanaman Multimanfaat. Bandung: Unpad Press