

DISERTASI

STUDI GENETIK SIFAT UKURAN BERAS DAN BENTUK BERAS



Oleh:
Agus Riyanto
A3A015006

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM DOKTOR ILMU PERTANIAN
PURWOKERTO
2021

DISERTASI

STUDI GENETIK SIFAT UKURAN BERAS DAN BENTUK BERAS



Diajukan Oleh:
Agus Riyanto
A3A015006

PROGRAM DOKTOR ILMU PERTANIAN
MINAT STUDI PEMULIAAN TANAMAN

Kepada:

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM DOKTOR ILMU PERTANIAN
PURWOKERTO
2021

DISERTASI

STUDI GENETIK SIFAT UKURAN BERAS DAN BENTUK BERAS

Diajukan Oleh:
Agus Riyanto
NIM A3A015006

Disetujui dan disahkan
di Purwokerto pada tanggal 28 September 2021

	Tanda tangan	Tanggal
Promotor Prof. Ir. Totok Agung Dwi Haryanto, M.P., Ph.D. NIP. 19630923 198803 1 001		27-09-2021
Ko-Promotor I Dr. Ir. Ponendi Hidayat, M.P. NIP. 19610920 198803 1 003		27-09-2021
Ko-Promotor II Ir. Suprayogi, M.Sc., Ph.D. NIP. 19620121 198803 1 002		27-09-2021

Mengetahui
Koordinator Program Doktor Ilmu Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Jenderal Soedirman



Dr. Ir. Saporso, M.P
NIP. 19610625 198803 1 002

DISERTASI

STUDI GENETIK SIFAT UKURAN BERAS DAN BENTUK BERAS

Diajukan Oleh:
Agus Riyanto
NIM A3A015006

Telah diuji dan dipertahankan di depan Tim Penguji
di Purwokerto pada tanggal September 2021

Tim Penguji

Tanda tangan

Prof. Ir. Totok Agung Dwi Haryanto, M.P., Ph.D. Promotor/Penguji	
Dr. Ir. Ponendi Hidayat, M.P. Ko-Promotor I/Penguji	
Ir. Suprayogi, M.Sc., Ph.D. Ko-Promotor II/Penguji	
Prof. Ir. Suwanto, MS Penelaah/Penguji	
Prof. Ir. Sakhidin, M.Si Penelaah/Penguji	
Dr. Purwanto, S.P., M.P Penelaah/Penguji	
Prof. Dr. Muhamad Syukur, M.Si Penguji Eksternal	
Dr. Ir. Hidayah Dwiyanti, M.Si. Penguji	
	

Mengetahui

Dekan
Fakultas Pertanian
Universitas Jenderal Soedirman

Koordinator
Program Doktor Ilmu Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Jenderal Soedirman

Dr. Ir. Anisur Rosyad, M.S.
NIP. 19581027 198511 1 001

Dr. Ir. Saparso, M.P
NIP. 19610625 198803 1 002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agus Riyanto

NIM : A3A015006

Judul Disertasi : Studi Genetik Sifat Ukuran Beras Dan Bentuk Beras

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Disertasi ini adalah karya saya dengan arahan Promotor dan Ko-Promotor dan dalam disertasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar doktoral di suatu perguruan tinggi.
2. Karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang secara tertulis diacu dalam naskah ini telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.
3. Hak Cipta Disertasi ini milik Universitas Jenderal Soedirman. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh Disertasi ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumber dan dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh Disertasi ini dalam bentuk apa pun tanpa izin Universitas Jenderal Soedirman.
4. Hak publikasi penelitian ini ada pada para peneliti dengan kewajiban mencantumkan nama para peneliti sebagai *author/co-author*.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Purwokerto, September 2021
Yang menyatakan,

Agus Riyanto
NIM A3A015006

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya, sehingga penulisan disertasi ini yang berjudul “Studi Genetik Sifat Ukuran Beras Dan Bentuk Beras” berhasil diselesaikan. Penulisan disertasi ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada.

1. Rektor Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto atas ijin belajar yang diberikan.
2. Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto atas ijin belajar yang diberikan.
3. Prof. Ir. Totok Agung Dwi Haryanto, M.P., Ph.D, selaku Promotor, yang telah banyak memberikan saran dan bimbingan dalam penulisan disertasi.
4. Dr. Ir. Ponendi Hidayat, M.P. selaku Co-Promotor, yang telah banyak memberikan saran dan bimbingan dalam penulisan disertasi.
5. Ir. Suprayogi, M.Sc. Ph.D. selaku Co-Promotor, yang telah banyak memberikan saran dan bimbingan dalam penulisan disertasi.
6. Keluarga besar Laboratorium Pemuliaan Tanaman dan Bioteknologi dan Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman atas dukungan dan segala bantuan yang diberikan
7. Kedua orang tua, Adi Pramono dan Suripah untuk doa dan dukungannya.
8. Istriku, Nur Kholida Wulansari, S.P., M.P. dan anak-anakku Rafif Arkana Riyanto, Salsabila Nadhifa Riyanto dan Anindia Mikayla Riyanto untuk doa, dukungan dan semangat yang selalu diberikan,
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penelitian maupun penulisan disertasi.

Penulis berharap agar disertasi ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Purwokerto, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
INTISARI.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan dan Batasan Masalah.....	6
1.3 Kebaruan Penelitian	9
1.4 Tujuan Penelitian	17
1.5 Manfaat Penelitian	17
BAB II. KERAGAMAN GENETIK, HERITABILITAS, KEMAJUAN GENETIK DAN HUBUNGAN ANTAR SIFAT KOMPONEN HASIL DAN HASIL PADA PADI.....	19
2.1 Intisari	19
2.2 <i>Abstract</i>	19
2.3 Pendahuluan	20
2.4 Materi dan Metode	25
2.4.1 Tempat dan Waktu.....	25
2.4.2 Materi Penelitian.....	25
2.4.3 Rancangan Percobaan.....	26
2.4.4 Variabel Penelitian.....	26
2.4.5 Analisis Data.....	28
2.5 Hasil dan Pembahasan	33
2.5.1 Keragaman Genetik, Heritabilitas dan Kemajuan Genetik Sifat Komponen Hasil dan Hasil pada Populasi Tetua	33
2.5.2 Korelasi antara komponen hasil dan hasil	35
2.5.3 Analisis jalur komponen hasil dan hasil pada padi.....	42
2.6 Simpulan	48

BAB III. PENDUGAAN PARAMETER GENETIK SIFAT UKURAN BERAS DAN BENTUK BERAS MENGGUNAKAN ANALISIS SILANG DIALEL	49
3.1 Intisari	49
3.2 <i>Abstract</i>	49
3.3 Pendahuluan	50
3.4 Materi dan Metode	54
3.4.1 Tempat dan waktu	54
3.4.2 Materi penelitian	54
3.4.3 Rancangan percobaan	55
3.4.4 Variabel penelitian	56
3.4.5 Analisis data	56
3.5 Hasil dan Pembahasan	63
3.5.1 Pengaruh sitoplasma tetua betina	63
3.5.2 Analisis ragam populasi F_1	65
3.5.3 Pendugaan parameter genetik ukuran beras dan bentuk beras	65
3.5.4 Pendugaan daya gabung ukuran beras dan bentuk beras	73
3.6 Simpulan	75
BAB IV. POLA SEGREGASI, KERAGAMAN GENETIK, HERITABILITAS DAN KEMAJUAN GENETIK SIFAT UKURAN BERAS DAN BENTUK BERAS POPULASI F_2	76
4.1 Intisari	76
4.2 <i>Abstract</i>	76
4.3 Pendahuluan	77
4.4 Materi dan Metode	80
4.4.1 Tempat dan waktu	80
4.4.2 Materi penelitian	80
4.4.3 Rancangan percobaan	81
4.4.4 Variabel penelitian	81
4.4.5 Analisis data	82
4.5 Hasil dan Pembahasan	87
4.5.1 Normalitas sebaran frekuensi data F_2 sifat ukuran beras dan bentuk beras	87

4.5.2 Aksi gen sifat ukuran beras dan bentuk beras berdasar Skewness dan Kurtosis.....	89
4.5.3 Pola pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras	90
4.5.4 Keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras pada populasi F_2	93
4.6 Simpulan	97
BAB V. PEMBAHASAN UMUM	98
5.1 Hubungan ukuran beras dan bentuk beras dengan hasil	98
5.2 Pemenuhan Asumsi Analisis Silang Dialel.....	99
5.3 Aksi gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras	101
5.4 Keragaman Genetik, Heritabilitas dan Kemajuan Genetik.....	102
5.5 Jumlah gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras	105
5.6 Seleksi sifat ukuran beras dan bentuk beras	106
BAB VI. RINGKASAN DAN <i>SUMMARY</i>	109
1.1 Ringkasan.....	109
1.2 <i>Summary</i>	111
DAFTAR PUSTAKA	114
BIODATA.....	134

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Genotipe padi yang digunakan sebagai materi penelitian	25
2.2 Analisis ragam Rancangan Acak Kelompok untuk setiap sifat.....	28
2.3 Analisis peragam Rancangan Acak Kelompok untuk setiap sifat.....	29
2.4 Ragam fenotipik, ragam genotipik, ragam lingkungan, koefisien keragaman fenotipik, koefisien keragaman genotipik, dan heritabilitas komponen hasil dan hasil enam varietas padi.....	34
2.5 Korelasi fenotipik komponen hasil dan hasil pada padi	36
2.6 Korelasi genotipik komponen hasil dan hasil pada padi	37
2.7 Analisis jalur fenotipik komponen hasil dan hasil pada padi	43
2.8 Analisis jalur genotipik komponen hasil dan hasil pada padi.....	45
3.1 Genotipe padi yang digunakan sebagai materi penelitian	55
3.2 Persilangan dialel penuh 6 tetua padi	55
3.3 Komponen analisis ragam silang dialel penuh	57
3.4 Setengah dialel berdasarkan kelompok dan resiprok.....	58
3.5 Analisis sidik ragam daya gabung metode 1 Griffing.	62
3.6 Sifat panjang beras dan pengaruh sitoplasma tetua betina pada sifat panjang beras	64
3.7 Sifat rasio panjang:lebar beras dan pengaruh sitoplasma tetua betina pada sifat rasio panjang:lebar beras.....	64
3.8 Nilai kuadrat tengah sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras.....	65
3.9 Pendugaan parameter genetik panjang beras dan rasio panjang:lebar beras	66
3.10 Nilai ($W_r + V_r$) sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras	70
3.11 Nilai kuadrat tengah analisis ragam untuk daya gabung dan rasio DGU:DGK sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras	74
4.1 Hasil uji normalitas data sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras	87
4.2 Analisis Skewness dan Kurtosis sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras populasi F_2 persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan Inpago Unsoed 1	89

4.3	Sifat bentuk dan ukuran beras genotipe segregan transgresif dan tetuanya.....	92
4.4	Jumlah gen pengendali sifat panjang beras Basmati Delta 9 x Koshihikari	93
4.5	Ragam fenotipik, ragam genotipik, ragam lingkungan, koefisien keragaman fenotipik, koefisien keragaman genotipik, heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik panjang beras pada generasi F ₂ persilangan padi Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir penelitian	8
2.1 Diagram analisis jalur	31
2.2 Diagram analisis jalur fenotipik komponen hasil dan hasil pada padi.	44
2.3 Diagram analisis jalur genotipik komponen hasil dan hasil pada padi.....	46
3.1 Hubungan Peragam (W_r) dan Ragam (V_r) sifat panjang beras.	70
3.2 Hubungan Peragam (W_r) dan Ragam (V_r) sifat rasio panjang:lebar beras. 71	
4.1 Grafik sebaran frekuensi data F_2 sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari.....	88
4.2 Grafik sebaran frekuensi data F_2 sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1.	88

INTISARI

Program pemuliaan tanaman padi bertujuan diantaranya untuk meningkatkan daya hasil dan perbaikan ukuran beras dan bentuk beras. Metode pemuliaan tanaman yang dapat digunakan untuk perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras adalah persilangan antar tetua dilanjutkan dengan seleksi. Pengetahuan tentang parameter genetik, pola pewarisan sifat, dan hubungan antar sifat memegang peranan penting untuk seleksi yang efektif. Penelitian ini bertujuan 1) mengkaji hubungan antara sifat ukuran beras, bentuk beras, komponen dan hasil pada tanaman padi, 2) mengkaji parameter genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras yang meliputi aksi gen, keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik, dan 3) mengkaji pola pewarisan dan jumlah gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras. Guna mencapai tujuan, serangkaian penelitian dilakukan meliputi 1) keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik dan hubungan antar sifat komponen hasil dan hasil pada padi, 2) pendugaan parameter genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras menggunakan analisis silang dialel dan 3) pola segregasi, keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras populasi F_2 . Kesimpulan penelitian ini adalah 1) sifat ukuran beras dan bentuk beras memiliki hubungan erat tidak searah dan tidak berpengaruh langsung terhadap hasil, sehingga seleksi untuk sifat ukuran beras dan bentuk beras harus dibatasi supaya tidak menurunkan hasil, 2) sifat ukuran dan bentuk beras dipengaruhi oleh aksi gen aditif dan aksi gen dominan, tetapi aksi gen aditif berpengaruh lebih kuat dari aksi gen dominan, 3) keragaman genetik sifat ukuran dan bentuk beras adalah tinggi pada tetua dan rendah pada generasi F_2 , 4) nilai duga heritabilitas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras tinggi ditunjukkan pada populasi tetua, F_1 dan F_2 , 5) sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh gen poligenik, 6) berdasarkan hubungan antar sifat, aksi gen, keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik seleksi terhadap sifat ukuran dan bentuk beras dapat dilakukan menggunakan seleksi sederhana pada generasi awal menggunakan metode pedigree dan 7) genotipe segrekan transgresif diperoleh pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1, yaitu B12_1_59, B12_1_53, B12_1_75, B12_1_56, dan B12_1_61, yang dapat dilanjutkan ke generasi F_3 guna menghasilkan galur padi dengan sifat beras sangat panjang dan ramping.

Kata kunci: padi, ukuran beras, bentuk beras, studi genetik

ABSTRACT

Rice plant breeding program purposed, among others, to increase yield and improve rice size and shape. The plant breeding method that can be used to improve rice size and shape is a cross between parents followed by selection. Information of genetic parameters, patterns of inheritance, and relationships among traits plays an important role for effective selection. This study aims to 1) study the relationship among rice grain size, rice grain shape, yield components and yields on rice plants, 2) estimate the genetic parameters of rice size and rice shape characteristics which include gene action, genetic variability, heritability and genetic gain, and 3) study the inheritance pattern of rice grain size and grain shape traits. A series of studies were carried out including 1) genetic variability, heritability, genetic gain and the relationship among yield and yield component traits in rice, 2) estimating genetic parameters of rice grain size and grain shape traits using diallel analysis and 3) segregation patterns, genetic variability, heritability and genetic gain of rice grain size and rice grain shape of the F_2 population. The conclusions of this study are 1) rice grain size and grain shape close non-unidirectional relationship and does not directly affect the yield, so that the selection for rice grain size and grain shape of rice must be restricted so as not to reduce yields, 2) rice grain size and grain shape is influenced by additive gene action and dominant gene action, but additive gene action has a stronger effect than dominant gene action, 3) genetic variability of rice grain size and grain shape traits is high in the parents, however low in the F_2 generation, 4) estimate value of heritability and genetic gain of rice grain size and grain shape traits at parental, F_1 and F_2 population is high, 5) rice grain size and grain shape traits rice is controlled by polygenic genes, 6) based on the relationship between traits, gene action, genetic diversity, heritability and genetic progress, selection of the size and shape of rice can be made using simple selection in early generation using the pedigree method and 7) transgressive segregant genotypes were obtained from the Pakistan Basmati x Inpago Unsoed 1 crosses, which could be continued to the F_3 generation to produce rice lines with extra-long and slender grains.

Keywords: rice, rice grain size, rice grain shape, genetic studies

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beras merupakan bahan makanan pokok sumber karbohidrat utama di Indonesia. Sembilan puluh lima persen penduduk Indonesia mengonsumsi beras sebagai bahan makanan pokoknya (Sembiring 2010). Beras memiliki nilai strategis dari aspek ekonomi, lingkungan hidup, sosial dan politik (Hermanto 2017). Kondisi ini menyebabkan penyediaan beras dalam jumlah cukup tetap menjadi prioritas utama pembangunan nasional.

Produksi padi nasional mengalami kenaikan pada tahun 2020 dibanding tahun 2019 (BPS 2021). Produksi padi tahun 2020 sebesar 54,65 juta ton gabah kering giling (GKG), sedangkan produksi padi tahun 2019 sebesar 54,60 juta ton GKG. Jika dikonversikan menjadi beras untuk konsumsi pangan penduduk produksi beras pada 2020 sebesar 31,33 juta ton. Pada tahun yang sama konsumsi beras penduduk mencapai 22,28 juta ton (Kementan 2020). Artinya, tahun 2020 Indonesia mengalami surplus beras, akan tetapi Indonesia melakukan impor beras sebanyak 356.286 ton secara kumulatif sepanjang tahun 2020 (Anwar 2021).

Impor terbesar beras Indonesia berasal dari Pakistan dan Thailand. Beras yang diimpor termasuk dalam kategori beras khusus yang sulit dipenuhi dari produksi dalam negeri (Anwar 2021). Beras yang belum dapat diproduksi massal di dalam negeri adalah beras jenis Japonica dan beras jenis Basmati (Purwani & Wardana 2018). Kedua jenis beras ini memiliki kualitas fisik beras yang khas sebagai ciri penandanya.

Kualitas fisik beras terdiri atas ukuran beras, bentuk beras, kebeningan beras dan derajat putih/pengapuran beras (Indrasari *dkk.* 2016). Ukuran beras diindikasikan oleh panjang beras dan lebar beras dan panjang beras lebih banyak digunakan sebagai sifat yang diamati untuk ukuran beras (Takeda 1991). Ukuran beras ditentukan berdasar panjang beras dan dikategorikan menjadi beras sangat panjang, beras panjang, beras sedang dan beras pendek. Bentuk beras ditentukan

oleh rasio panjang:lebar beras. Bentuk beras dikelompokkan menjadi ramping, sedang, agak bulat dan bulat (IRRI 2002).

Ukuran beras dan bentuk beras merupakan sifat yang secara langsung mempengaruhi penerimaan konsumen. Ukuran beras dan bentuk beras penting bagi konsumen karena menentukan penampilan fisik beras (Li *dkk.* 2004). Beras dikonsumsi dalam bentuk butiran utuh, sehingga sifat fisik beras seperti ukuran, bentuk, keseragaman dan ketampakan berperan penting dalam hal kualitas (Wibowo *dkk.* 2009). Konsumen menentukan kualitas beras pertama kali dari penampilan, ukuran beras dan bentuk beras, setelah itu, konsumen menentukan kualitas dari kualitas tanak, rasa beras (Yuan *dkk.* 2010) sehingga bentuk dan ukuran beras menjadi faktor penting tingkat penerimaan konsumen terhadap beras.

Ukuran beras dan bentuk beras selain merupakan sifat yang mempengaruhi penerimaan konsumen juga merupakan sifat yang mempengaruhi hasil tanaman padi. Ukuran beras dan bentuk beras merupakan sifat penting karena kontribusinya terhadap hasil (Gupta *dkk.* 2006; Wang *dkk.* 2012). Hasil tanaman padi ditentukan oleh bobot gabah, jumlah gabah per malai dan jumlah malai per tanaman (Zhou *dkk.* 2015). Bobot gabah merupakan sifat yang memiliki keeratan hubungan dengan ukuran biji. Panjang gabah, lebar gabah dan rasio panjang:lebar gabah adalah sifat yang menentukan ukuran beras (Duan *dkk.* 2014; Fang *dkk.* 2016) dan memiliki hubungan erat dan positif dengan panjang beras, lebar beras dan rasio panjang:lebar beras (Sarwar *dkk.* 1998). Penelitian Basri *dkk.* (2015) menyatakan panjang beras, lebar beras dan rasio panjang:lebar beras berkorelasi positif dengan bobot gabah. Artinya, bahwa ukuran beras dan bentuk beras menentukan daya hasil tanaman padi secara langsung atau tidak langsung. Ukuran beras memiliki pengaruh tidak langsung terhadap daya hasil dan bentuk beras memiliki pengaruh langsung yang kuat terhadap hasil (Premkumar *dkk.* 2015).

Ukuran beras dan bentuk beras menjadi penting karena menentukan bobot gabah, tingkat penerimaan masyarakat terhadap suatu varietas padi (Faruq *dkk.* 2004; Ming-wei *dkk.* 2005) dan tingkat penerimaan serta harga beras (Aslam & Arif 2014). Mendasarkan hal tersebut maka sifat ukuran beras dan bentuk beras menjadi

salah satu tujuan utama dan pertimbangan penting bagi para pemulia untuk merakit varietas baru padi (Shi *dkk.* 2000; Purwani & Wardana 2018).

Perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras dapat dilakukan melalui program pemuliaan tanaman. Efektivitas pemuliaan tanaman akan meningkat seiring dengan penelitian ilmiah yang memperluas pengetahuan tentang dasar genetik dari penampilan tanaman (Fehr 1991). Pengetahuan tentang hubungan antar sifat, parameter genetik, dan pola pewarisan sifat diperlukan untuk mengembangkan metode pemuliaan tanaman yang tepat dan strategi seleksi yang efektif untuk perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras. Informasi tentang hubungan antar sifat dapat meningkatkan efektivitas seleksi terhadap suatu sifat (Haryanto *dkk.* 2014). Selain hubungan antar sifat, pengetahuan tentang kendali genetik sifat yang dituju sangat penting dalam program pemuliaan untuk menyusun strategi seleksi dan mengelola keturunannya (Fellahi *dkk.* 2017). Penentuan metode seleksi yang tepat untuk sifat suatu sifat memerlukan informasi gen pengendali dan pola pewarisan sifat tersebut (Daradjat & Rumanti 2002; Carsono *dkk.* 2014). Oleh karena itu guna menentukan metode seleksi yang efektif untuk sifat ukuran beras dan bentuk beras diperlukan adanya informasi terkait parameter genetik dan pola pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras serta hubungannya dengan sifat lain pada padi. Hal tersebut dipelajari melalui studi genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras.

Hubungan antara sifat daya hasil, komponen hasil, ukuran beras dan bentuk beras bersifat kompleks dan rumit. Hubungan ini dapat dijelaskan dengan pendugaan koefisien korelasi dan analisis jalur. Penelitian di dunia telah melaporkan kajian terkait korelasi fenotipik dan genotipik antara daya hasil, komponen hasil, ukuran beras dan bentuk beras dengan hasil yang berbeda-beda. (Sarwar *dkk.* 1998; Khatun *dkk.* 2003; Sabesan *dkk.* 2009; Prem Kumar *dkk.* 2010; Nirmaladevi *dkk.* 2015; Ratna *dkk.* 2016). Penelitian lain melaporkan hasil yang beragam terkait analisis jalur fenotipik dan genotipik antara daya hasil, komponen hasil, ukuran beras dan bentuk beras dengan hasil (Sarawgi *dkk.* 1997; Premkumar *dkk.* 2016; Singh *dkk.* 2018).

Studi tentang aksi gen sifat bentuk dan ukuran beras telah dilakukan di luar negeri. Studi aksi gen pada sifat bentuk dan ukuran beras menunjukkan hasil yang berbeda-beda tergantung pada gen pengendalinya (Abdala *dkk.* 2016). Aksi gen aditif dilaporkan mengendalikan sifat ukuran beras (Kato 1989; Kato 1991; Thattil & Perera 1991; Chunhai & Zongthan 1995; Srivastava, Jaiswal, Agrawal, *dkk.* 2012; Saikiran *dkk.* 2018). Penelitian lain melaporkan bahwa sifat ukuran beras dikendalikan oleh aksi gen dominan (Murai & Kinoshita 1986; Hasib *dkk.* 2002; Bharadwaj *dkk.* 2005; Iftekharuddaula *dkk.* 2008).

Bentuk beras dikendalikan oleh aksi gen aditif telah dilaporkan pada penelitian Chunhai & Zongthan (1995) dan Sreedhar *dkk.* (2005). Penelitian Kumar *dkk.* (2007), Venkatesan *dkk.* (2007) dan Saikiran *dkk.* (2018) melaporkan sifat bentuk beras dikendalikan oleh gen dominan.

Mendasarkan uraian di atas diketahui bahwa sifat bentuk beras dan ukuran beras dilaporkan dikendalikan oleh aksi gen aditif dan dominan. Aksi gen aditif atau dominan mengendalikan sifat bentuk beras tergantung dari kombinasi tetua pada persilangan yang dilakukan (Hasib *dkk.* 2002; Salem *dkk.* 2015).

Efektivitas seleksi ditentukan oleh parameter genetik, antara lain keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan seleksi (Sulistyo & Mejaya 2018). Informasi terkait keragaman genetik pada setiap jenis tanaman memainkan peran penting dalam merumuskan program pemuliaan tanaman (Allard 1960). Keragaman genetik yang luas pada suatu populasi memberikan keleluasaan dalam seleksi guna merakit varietas yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan (Bornare *dkk.* 2014). Koefisien keragaman dan ragam memberikan gambaran yang lebih baik tentang keragaman genetik (Sudeepthi *dkk.* 2020) dan dapat dibagi menjadi koefisien keragaman genotipik dan koefisien keragaman fenotipik.

Heritabilitas suatu sifat dan kemajuan genetik penting dalam menentukan metode seleksi. Heritabilitas merupakan perbandingan ragam genotipik dan ragam fenotipik dan merupakan salah satu parameter genetik yang selalu disertakan dalam pemilihan metode seleksi (Wahyu *dkk.* 2018). Heritabilitas menunjukkan efektivitas seleksi genotipe yang dapat didasarkan pada kinerja fenotipik (Shah *dkk.* 2018). Kemajuan genetik memberikan informasi tentang perolehan kemajuan

genetik yang diharapkan yang dihasilkan dari seleksi individu unggul (Anbanandan & Eswaran 2018). Heritabilitas dan kemajuan genetik suatu sifat merupakan perhatian utama pemulia tanaman guna menyusun program perbaikan tanaman (Tiwari *dkk.* 2019) dan merupakan informasi yang berguna dalam menentukan metode seleksi yang efektif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa heritabilitas sifat ukuran beras dan bentuk beras dilaporkan beragam. Sifat ukuran beras dilaporkan memiliki nilai heritabilitas arti luas yang tinggi (Vanaja & Babu 2006; Pandey & Anurag 2010; Salem *dkk.* 2015; Asante *dkk.* 2019; Saidon *dkk.* 2020). Penelitian lain melaporkan heritabilitas arti luas sifat ukuran beras bernilai rendah (Rafii *dkk.* 2014). Heritabilitas arti sempit sifat ukuran beras termasuk tinggi (Kato 1990; Kato 1991; Fahliani *dkk.* 2011; Asfaliza *dkk.* 2012), namun demikian heritabilitas arti sempit sifat ukuran beras bernilai rendah juga telah dilaporkan (Salem *dkk.* 2015). Sifat bentuk beras dilaporkan memiliki heritabilitas arti luas dan arti sempit yang tinggi (Pandey & Anurag 2010; Fahliani *dkk.* 2011; Asfaliza *dkk.* 2012). Hal berbeda dilaporkan oleh Salem *dkk.* (2015), bahwa heritabilitas arti sempit rasio panjang:lebar beras bernilai rendah.

Penelitian terkait jumlah gen pengendali dilaporkan bahwa sifat ukuran beras dikendalikan oleh gen monogenik atau poligenik (Takeda 1991). Sifat ukuran beras dikendalikan oleh gen monogenik dilaporkan oleh Prasad & Seetharaman (1991), Veni & Rani (2008), Heda & Reddy (1984) dan Ali *dkk.* (2014). Gen poligenik mengendalikan ukuran beras dilaporkan oleh Kato (1989), Chunhai & Zongthan (1995) dan Veni & Rani (2008).

Bentuk beras adalah sifat yang dikendalikan oleh gen monogenik atau poligenik. Sifat bentuk beras dikendalikan oleh gen monogenik diperoleh pada penelitian Heda & Reddy (1984), Veni & Rani (2008), dan Ali *dkk.* (2014). Gen poligenik mengendalikan sifat bentuk beras dilaporkan oleh Chunhai & Zongthan (1995), Bai *dkk.* (2010) dan (Feng *dkk.* 2016).

Penelitian terkait parameter genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras pernah dilaporkan di Indonesia. Daradjat & Rumanti (2002) melaporkan bahwa aksi gen dominan berperan dalam pengendalian panjang dan lebar biji. Nilai duga

heritabilitas arti luas dan arti sempit untuk sifat panjang dan lebar biji bernilai tinggi. Penelitian lain melaporkan pada persilangan antara beberapa genotipe padi beras hitam dan padi beras putih yang keduanya memiliki ukuran beras dan bentuk beras sedang diketahui bahwa ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh gen poligenik dengan aksi gen aditif dan menunjukkan nilai duga heritabilitas arti luas dari rendah sampai tinggi tergantung pada kombinasi persilangan yang dilakukan (Nurhidayah *dkk.* 2021).

Guna perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras maka perlu dilakukan seleksi menggunakan metode yang tepat dan efektif. Penentuan metode seleksi yang paling tepat dan efektif untuk suatu sifat diperlukan adanya informasi hubungan antar sifat, parameter genetik dan pola pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras. Permasalahannya adalah studi genetik sifat ukuran dan bentuk beras yang pernah dilakukan memperoleh hasil yang beragam karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan genotipe yang digunakan. Di sisi lain, informasi terkait studi genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras di Indonesia masih sedikit. Hal ini menyebabkan diperlukan studi genetik sifat bentuk dan ukuran beras. Penelitian ini melakukan studi genetik sifat ukuran dan bentuk beras pada populasi tetua, keturunan F_1 dan F_2 sehingga diperoleh informasi genetika sifat ukuran beras dan bentuk beras yang lengkap yang dilakukan di Indonesia.

1.2 Rumusan dan Batasan Masalah

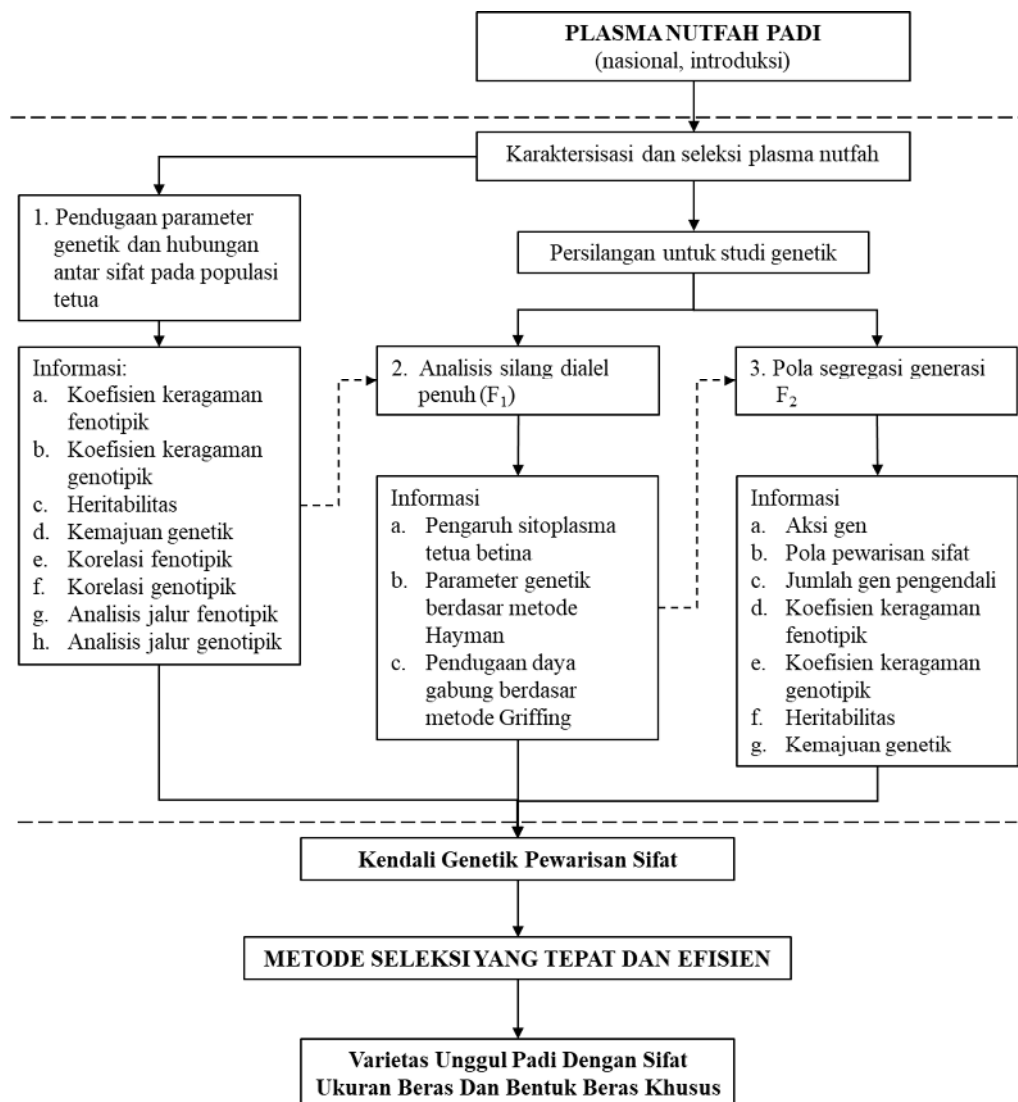
Beras merupakan bahan makanan pokok masyarakat Indonesia sehingga pemerintah terus berupaya meningkatkan produksi padi dalam negeri guna mencukupi kebutuhan beras. Namun demikian, Indonesia masih melakukan impor beras terutama untuk beras khusus, yaitu beras dengan ukuran beras dan bentuk yang khas seperti beras Japonica dan Basmati. Beras Japonica memiliki ukuran pendek dan berbentuk bulat. Beras Basmati memiliki ukuran panjang dan ramping. Perakitan varietas unggul beras khusus adaptif Indonesia diperlukan guna produksi beras khusus dalam negeri sehingga dapat berkontribusi dalam mengurangi impor beras.

Perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras dapat dilakukan melalui program pemuliaan tanaman. Secara umum tahapan program pemuliaan tanaman dimulai dari karakterisasi plasma nutfah, seleksi plasma nutfah, peningkatan keragaman genetik, seleksi setelah peningkatan keragaman genetik, evaluasi dan pengujian, dan terakhir adalah pelepasan varietas dan perbanyakan. Seleksi setelah peningkatan keragaman genetik pada tanaman menyerbuk sendiri seperti padi dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti bulk, *single seed descent*, pedigree dan silang balik. Pemilihan strategi dan metode seleksi yang tepat memerlukan informasi hubungan antar sifat, parameter genetik dan pola pewarisan sifat yang dituju yaitu ukuran beras dan panjang beras. Penelitian ini dibatasi pada studi genetik guna mengkaji hubungan antar sifat, parameter genetik dan pola pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras seperti disajikan pada Gambar 1.

Penelitian 1 adalah pendugaan parameter genetik dan hubungan antar sifat ukuran beras, bentuk beras, komponen hasil dan hasil pada populasi tetua. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik dan hubungan antara sifat komponen hasil dan hasil. Keragaman genetik diduga menggunakan koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik. Heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik pada populasi tetua diduga pada penelitian ini. Hubungan antara sifat komponen hasil dan hasil dinilai menggunakan analisis korelasi dan analisis jalur pada tingkat fenotipik dan genotipik.

Penelitian 2 adalah analisis silang dialel penuh pada populasi F_1 . Penelitian 2 diawali dengan melakukan persilangan dialel penuh guna membentuk populasi F_1 . Pada penelitian ini dikaji pengaruh sitoplasma tetua betina terhadap pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras. Analisis silang dialel dilakukan menggunakan metode dan metode Hayman (1958) dan Griffing (1956a; 1956b). Parameter genetik yang diduga menggunakan analisis silang dialel Metode Hayman adalah: (1) D yaitu keragaman karena pengaruh aditif, (2) F yaitu nilai tengah F_r genotipe (rata-rata F_r untuk semua *array*); peragam pengaruh aditif dan non aditif pada *array* ke- r , (3) H_1 yaitu keragaman karena pengaruh dominansi, (4) H_2 yaitu perhitungan untuk menduga proporsi gen negatif dan positif pada tetua, (5) h^2 yaitu

pengaruh dominan (sebagai jumlah aljabar dari semua persilangan saat heterozigous), (6) E yaitu keragaman karena pengaruh lingkungan, (7) Rata-rata tingkat dominansi, (8) Proporsi gen–gen dengan pengaruh positif dan negatif di dalam tetua, (9) Proporsi gen–gen dominan dan resesif di dalam tetua, (10) Jumlah kelompok gen yang mengendalikan sifat dan menimbulkan dominansi, (11) Heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit (Singh & Chaudhary 1979). Hasil yang diperoleh dari pendugaan parameter genetik menggunakan metode Griffing adalah nilai daya gabung umum, daya gabung khusus dan pengaruh resiprokal yang dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh sitoplasma tetua betina dan aksi gen pengendali.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Penelitian 3. adalah pendugaan pola pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras pada populasi F_2 . Pada penelitian ini diduga parameter genetik pada populasi F_2 meliputi aksi gen pengendali, pola pewarisan sifat, jumlah gen pengendali, koefisien keragaman fenotipik, koefisien keragaman genotipik, heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras pada populasi F_2 .

Studi genetik yang dilakukan pada penelitian 1, penelitian 2 dan penelitian 3 menghasilkan pengetahuan kendali genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras yang lengkap. Pengetahuan ini menjadi dasar dalam menentukan metode seleksi yang tepat dan efisien guna perakitan varietas padi dengan sifat ukuran beras dan bentuk beras khusus. Secara keseluruhan tujuan akhir dari penelitian ini adalah diperoleh varietas unggul padi berdaya hasil tinggi dengan kualitas fisik beras khusus, yaitu panjang dan ramping atau pendek dan bulat.

Permasalahan yang diselesaikan pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana hubungan antara sifat ukuran beras, bentuk beras, komponen dan hasil pada tanaman padi.
2. Bagaimana parameter genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras yang meliputi aksi gen, keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik.
3. Bagaimana pola pewarisan dan jumlah gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras.

1.3 Kebaruan Penelitian

Studi tentang hubungan antar sifat, parameter genetik dan pola pewarisan sifat terkait sifat ukuran beras dan bentuk beras telah dilakukan di luar negeri dan Indonesia dengan hasil yang berbeda – beda dan tidak konsisten. Penelitian di dunia telah melaporkan kajian terkait korelasi fenotipik dan genotipik serta analisis jalur antara daya hasil, komponen hasil, ukuran beras dan bentuk beras dan menunjukkan hasil yang berbeda-beda.

Penelitian Sarwar *dkk.* (1998) menggunakan delapan kultivar yaitu BR7, BR29, Iratom24-, BR3, Hapa, Kaliboro, Kachliboro dan Madhabshail-boro

melaporkan sifat panjang beras berkorelasi positif dengan sifat panjang gabah tetapi tidak berkorelasi dengan sifat bobot 1000 biji. Sifat lebar beras berkorelasi positif dengan sifat lebar gabah dan bobot 1000 biji. Korelasi antar sifat pada 16 padi aromatik menunjukkan sifat panjang beras berkorelasi positif dengan sifat rasio panjang:lebar beras dan sifat lebar beras menunjukkan korelasi negatif dengan sifat rasio panjang:lebar beras (Khatun *dkk.* 2003). Sabesan *dkk.* (2009) meneliti menggunakan lima puluh empat padi menyatakan sifat jumlah gabah per malai, bobot 100 biji, panjang gabah, lebar gabah, panjang beras, lebar beras dan rasio panjang beras tidak berkorelasi dengan sifat hasil padi pada tingkat fenotipik atau genotipik. Sifat bobot 100 biji berkorelasi positif dengan sifat lebar gabah dan lebar beras pada tingkat fenotipik dan genotipik. Sifat yang berkorelasi positif dengan hasil adalah panjang malai.

Penelitian korelasi fenotipik, korelasi genotipik dilakukan oleh Prem Kumar *dkk.* (2010) menggunakan metode persilangan *line x tester* yang melibatkan lima galur yaitu B6441F-MR-6-0-0, G9502, F710, BR240, VL16 dan 6 tester yaitu IR64, Abhaya, MTU1010, IRBL10, IRBL22 dan LTH. Hasil penelitian menunjukkan sifat panjang gabah berkorelasi fenotipik dan berkorelasi genotipik dengan sifat panjang beras tetapi tidak berkorelasi dengan sifat lebar beras. Nirmaladevi *dkk.* (2015) mengkaji korelasi sifat pada sembilan puluh dua genotipe padi yang terdiri atas varietas hibrida, padi aromatik, padi merah dan padi lokal menunjukkan sifat panjang beras berkorelasi negatif dengan sifat lebar beras dan berkorelasi positif dengan sifat rasio panjang:lebar beras. Sifat lebar beras berkorelasi negatif dengan sifat rasio panjang:lebar beras. Kajian korelasi fenotipik dan genotipik pada dua belas genotipe padi Basmati menunjukkan sifat panjang beras berkorelasi positif dengan sifat panjang gabah, lebar gabah, rasio panjang:lebar gabah dan rasio panjang:lebar beras (Ratna *dkk.* 2016). Ditambahkan bahwa sifat rasio panjang:lebar beras berkorelasi positif dengan sifat panjang gabah, lebar gabah dan rasio panjang:lebar gabah.

Penelitian tentang korelasi fenotipik dan korelasi genotipik serta analisis jalur genotipik dilakukan oleh Sarawgi *dkk.* (1997) menggunakan seratus dua puluh delapan aksesi padi Indica. Hasil penelitian menunjukkan bobot 1000 dan lebar

beras adalah sifat yang berkorelasi fenotipik dan berkorelasi genotipik positif terhadap bobot gabah per rumpun. Sifat panjang beras berkorelasi genotipik positif terhadap bobot gabah per rumpun. Pada analisis jalur genotipik, panjang beras dan lebar beras tidak berpengaruh langsung terhadap bobot gabah per rumpun.

Penelitian Premkumar *dkk.* (2015) tentang korelasi genotipik antar sifat dan analisis jalur genotipik dilakukan menggunakan empat puluh tiga genotipe padi yang terdiri atas tiga puluh hibrida dan tetuanya. Hasil penelitian menunjukkan sifat yang berkorelasi positif dengan bobot gabah per rumpun adalah jumlah gabah per malai, bobot 1000 biji, dan lebar beras. Sifat panjang beras berkorelasi positif dengan bobot 1000 biji dan rasio panjang:lebar beras, tetapi berkorelasi negatif dengan jumlah gabah per malai. Sifat rasio panjang:lebar beras berkorelasi negatif dengan sifat bobot gabah per rumpun, jumlah gabah per malai dan lebar beras. Sifat bobot 1000 biji dan lebar beras berkorelasi positif.

Pada penelitian Premkumar *dkk.* (2015) nilai korelasi genotipik dipecah menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung terhadap hasil menggunakan analisis jalur. Hasil penelitian menunjukkan sifat yang berpengaruh langsung dan positif terhadap bobot gabah per rumpun adalah panjang gabah, lebar beras dan rasio panjang:lebar beras. Sifat panjang beras berpengaruh tidak langsung terhadap bobot gabah per rumpun, tetapi melalui sifat rasio panjang:lebar beras.

Singh *dkk.* (2018) mengkaji korelasi dan analisis jalur sifat hasil dan komponen hasil pada tingkat fenotipik dan genotipik menggunakan delapan puluh genotipe padi. Hasil penelitian menunjukkan sifat panjang beras, lebar beras dan rasio panjang:lebar beras tidak berkorelasi terhadap daya hasil pada tingkat genotipik, tetapi sifat lebar beras dan rasio panjang:lebar beras berkorelasi negatif terhadap daya hasil pada tingkat fenotipik. Pada analisis jalur, panjang beras adalah sifat yang berpengaruh langsung terhadap daya hasil pada tingkat fenotipik dan genotipik.

Studi tentang aksi gen sifat bentuk dan ukuran beras telah dilakukan di luar negeri. Studi aksi gen pada sifat bentuk dan ukuran beras menunjukkan hasil yang berbeda-beda tergantung pada gen pengendalinya (Abdala *dkk.* 2016). Aksi gen aditif atau dominan dilaporkan mengendalikan sifat ukuran beras dan bentuk beras.

Penelitian Kato (1989) menggunakan populasi silang dialel lima kultivar yang memiliki keragaman ukuran beras yaitu BG 1, Arborio J1, Kairyo-omachi, Koshihikari dan Nakateshinsenbon menunjukkan aksi gen aditif lebih berperan dari aksi gen non aditif dalam mengendalikan sifat ukuran beras. Penelitian lain menggunakan analisis setengah dialel lima kultivar padi dengan panjang beras antara 7,2 dan 11,2 mm menunjukkan sifat ukuran beras dikendalikan oleh gen aditif (Kato 1991). Thattil & Perera (1991) melakukan analisis dialel menggunakan 5 tetua yaitu Bg 350, Bg 400- 1, Bg 380, H₄ dan Bg 34-6 melaporkan ukuran beras dikendalikan oleh gen aditif.

Aksi gen aditif mengendalikan sifat ukuran beras ditunjukkan pada penelitian Chunhai & Zongthan (1995) menggunakan beberapa persilangan yang melibatkan tetua Guanglu'ai 4, Xiangzaoxian 3, Aigansanliqi, Guangliuzo dan Zhezhen 1. Srivastava *dkk.* (2012) melaporkan pada persilangan Kalanamak 2 × Badshahbhog, Kalanamak 2 × Adanchini, Kanakjeera 28 × Kalanamak 11, dan Basmati Lokal 73 × Badshahbhog ukuran beras dikendalikan oleh aksi gen aditif. Pendugaan aksi gen panjang beras yang melibatkan 15 tetua dan 36 hibridanya menunjukkan sifat ukuran beras dikendalikan oleh aksi gen aditif (Saikiran *dkk.* 2018).

Penelitian lain melaporkan bahwa sifat ukuran beras dikendalikan oleh aksi gen dominan. Murai & Kinoshita (1986) menduga aksi gen sifat ukuran beras menggunakan metode silang dialel lima tetua yaitu Narukaze, Ishikari, Shiokari, Fukoku dan Ishikari shiroke memperoleh hasil bahwa sifat ukuran beras dikendalikan oleh aksi gen dominan. Studi menggunakan tetua F₁, F₂, BC₁ dan BC₂ yang melibatkan lima persilangan padi aromatik dan Basmati menunjukkan aksi gen dominan mempengaruhi sifat ukuran beras (Hasib *dkk.* 2002). Bharadwaj *dkk.* (2005) melakukan kajian menggunakan empat tetua (NPT 89, NPT 63-01, IR 36, dan Pusa Basmati) dan populasi F₁ (NPT 89 × IR 36, NPT 89 × Pusa Basmati 1, NPT 63-01 × Pusa Basmati 1) dan populasi F₂-nya melaporkan ukuran beras dipengaruhi oleh aksi gen dominan. Sifat ukuran beras dikendalikan oleh aksi gen dominan juga dilaporkan oleh Iftekharuddaula *dkk.* (2008) dengan menggunakan

metode Hayman yang melibatkan tetua BRRI dhan29, BR4828-54-4-1-4-9, BRRI dhan28, 1R8, Amol3, 1R6561038-2-4-2-6-3, Minikit dan ZhongYu7.

Bentuk beras dikendalikan oleh aksi gen aditif telah dilaporkan pada penelitian Chunhai & Zongthan (1995) yang diduga menggunakan keturunan persilangan tetua Guanglu'ai 4, Xiangzaoxian 3, Aigansanliqi, Guangliuzo dan Zhezhen 1. Sreedhar *dkk.* (2005) menyatakan aksi gen aditif mempengaruhi bentuk beras pada persilangan Chandan x Sambamahsuri, Sambamahsuri x Tellahamsa, Erramallelu x Rasi dan IR-64 x Rasi.

Aksi gen dominan mengendalikan bentuk beras ditemukan pada penelitian lainnya. Kumar *dkk.* (2007) melakukan penelitian menggunakan metode silang setengah dialel melibatkan tetua VLDhan221, JD8, HPR1164, HPR2047, VL93-3613, VL93-6052, IR57893-08 China988 dan VL91-1754 memperoleh hasil sifat bentuk beras dikendalikan oleh gen aditif. Penelitian lain yang dilakukan oleh Venkatesan *dkk.* (2007) menggunakan analisis *line x tester* yang melibatkan 8 galur dan 4 tester menyatakan sifat bentuk beras dikendalikan oleh aksi gen dominan. Hasil penelitian Saikiran *dkk.* (2018) pada lima belas genotipe tetua dan tiga puluh enam keturunan F_1 memperoleh hasil bahwa sifat bentuk beras dikendalikan oleh gen dominan.

Mendasarkan uraian di atas diketahui bahwa sifat bentuk beras dan ukuran beras dikendalikan oleh aksi gen aditif dan dominan. Aksi gen aditif atau dominan mengendalikan sifat bentuk beras tergantung dari kombinasi tetua pada persilangan yang dilakukan (Hasib *dkk.* 2002; Salem *dkk.* 2015).

Efektivitas seleksi ditentukan oleh parameter genetik, antara lain keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan seleksi (Sulistyo & Mejaya 2018). Informasi terkait keragaman genetik pada setiap jenis tanaman memainkan peran penting dalam merumuskan program pemuliaan tanaman (Allard 1960). Keragaman genetik yang luas pada suatu populasi memberikan keleluasaan dalam seleksi guna merakit varietas yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan (Bornare *dkk.* 2014). Koefisien keragaman dan ragam memberikan gambaran yang lebih baik tentang keragaman genetik (Sudeepthi *dkk.* 2020) dan dapat dibagi menjadi koefisien keragaman genotipik dan koefisien keragaman fenotipik.

Heritabilitas suatu sifat dan kemajuan genetik penting dalam menentukan metode seleksi. Heritabilitas merupakan perbandingan ragam genotipik dan ragam fenotipik dan merupakan salah satu parameter genetik yang selalu disertakan dalam pemilihan metode seleksi (Wahyu *dkk.* 2018). Heritabilitas menunjukkan efektivitas seleksi genotipe yang dapat didasarkan pada kinerja fenotipik (Shah *dkk.* 2018). Kemajuan genetik memberikan informasi tentang perolehan kemajuan genetik yang diharapkan yang dihasilkan dari seleksi individu unggul (Anbanandan & Eswaran 2018). Heritabilitas dan kemajuan genetik suatu sifat merupakan perhatian utama pemulia tanaman guna menyusun program perbaikan tanaman (Tiwari *dkk.* 2019) dan merupakan informasi yang berguna dalam menentukan metode seleksi yang efektif.

Heritabilitas ukuran beras dilaporkan memiliki nilai duga heritabilitas tinggi atau rendah. Vanaja & Babu (2006) menggunakan lima puluh enam genotipe padi menyatakan ukuran beras memiliki nilai duga heritabilitas arti luas yang tinggi. Pandey & Anurag (2010) melaporkan pendugaan heritabilitas arti luas menggunakan 22 genotipe padi indigenos memperoleh hasil nilai duga yang tinggi. Penelitian Asante *dkk.* (2019) menggunakan 100 genotipe padi Afrika memperoleh hasil sifat ukuran beras memiliki heritabilitas arti luas yang tinggi. Hasil yang sama diperoleh pada penelitian Saidon *dkk.* (2020) menggunakan 20 kultivar padi yang berbeda. Pada persilangan Sakha101 x GZ1368s-5-4, Sakha102 x IET1444 dan Egyptian Yasmin x IR78875-176-2B menunjukkan sifat ukuran beras memiliki heritabilitas arti luas yang tinggi dan memperlihatkan heritabilitas arti sempit yang rendah (Salem *dkk.* 2015). Heritabilitas arti luas rendah diperoleh oleh Rafii *dkk.* (2014) yang melakukan penelitian menggunakan dua belas genotipe F_1 dan lima tetuanya.

Heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit yang tinggi untuk sifat ukuran beras dilaporkan oleh Asfaliza *dkk.* (2012). Penelitian tersebut menggunakan metode silang dialel penuh melibatkan tujuh varietas padi Malaysia yaitu MR 84, MR 267, MR 263, Q74, Q76, Q84 dan Q85. Heritabilitas arti sempit yang tinggi untuk sifat ukuran beras sebelumnya dilaporkan oleh Kato (1990) dengan melibatkan tetua BG 1, Arborio J1, Kairyo-omachi, Koshihikari dan

Nakateshinsenbon. Pada persilangan Mousa-Tarom x 304 diketahui nilai heritabilitas arti sempit sifat ukuran beras adalah tinggi (Fahliani *dkk.* 2011).

Bentuk beras diketahui memiliki nilai heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit tinggi pada penelitian Pandey & Anurag (2010) menggunakan 22 genotipe padi indigenos. Fahliani *dkk.* (2011) melaporkan pada persilangan Mousa-Tarom x 304 diketahui nilai heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit sifat bentuk beras tinggi. Hal yang sama dilaporkan oleh Asfaliza *dkk.* (2012) yang melakukan penelitian menggunakan metode silang dialel penuh melibatkan tujuh varietas padi Malaysia yaitu MR 84, MR 267, MR 263, Q74, Q76, Q84 dan Q85. Hasil berbeda diperoleh oleh Salem *dkk.* (2015) bahwa Pada persilangan Sakha101 x GZ1368s-5-4, Sakha102 x IET1444 dan Egyptian Yasmin x IR78875-176-2B, sifat bentuk beras memiliki heritabilitas arti luas tinggi dan memiliki heritabilitas arti sempit yang rendah.

Penelitian terkait jumlah gen pengendali dilaporkan bahwa ukuran beras dikendalikan oleh gen monogenik atau poligenik (Takeda 1991). Penelitian Prasad & Seetharaman (1991) melaporkan gen monogenik mengendalikan ukuran beras pada persilangan Roti x Dwarfmutant dan Roti x Clubmutant. Persilangan IRAT13 x Gimbozu menunjukkan ukuran beras dikendalikan oleh gen monogenik (Takeda & Kato 1992). Veni & Rani (2008) menyatakan pada persilangan IR64 x Badshabhog ukuran beras dikendalikan oleh gen monogenik. Ukuran beras dikendalikan oleh gen monogenik dilaporkan oleh Heda & Reddy (1984) pada persilangan menggunakan tetua HR-5-3 dan C-12-708. Sifat ukuran beras pada persilangan 99417 x TN1 dan Pusa Basmati x TN1 dikendalikan oleh gen monogenik (Ali *dkk.* 2014).

Gen poligenik mengendalikan ukuran beras dilaporkan oleh Kato (1989) yang diduga menggunakan metode silang dialel dengan melibatkan tetua BG1, Arborio J1, Kairyo-omachi, Koshihikari dan Nakateshinsenbon. Chunhai & Zongthan (1995) menggunakan keturunan persilangan tetua Guanglu'ai 4 x Xiangzaoxian 3 menyatakan ukuran beras dikendalikan oleh gen poligenik. Pada persilangan IET 13554 x Ranga Joh 2 dan Pusa Basmati x Ranga Joh 2 ukuran beras dikendalikan oleh gen poligenik (Veni & Rani 2008).

Bentuk beras adalah sifat yang dikendalikan oleh gen monogenik atau poligenik. Sifat bentuk beras dikendalikan oleh gen monogenik diperoleh berdasar sebaran frekuensi F_2 keturunan persilangan HR-5-3 dan C-12-708 (Heda & Reddy 1984) dan persilangan IR64 x Badshabhog (Veni & Rani 2008). Talukdar & Zhang (2008) melaporkan pada populasi Amol-3, bentuk beras dikendalikan oleh gen monogenik. Gen monogenik mengendalikan sifat bentuk beras diperoleh pada persilangan Pusa Basmati x TN1 dan 00521 x King Dang Potang (Ali *dkk.* 2014).

Gen poligenik mengendalikan bentuk beras dilaporkan oleh Chunhai & Zongthan (1995). Penelitian tersebut menggunakan populasi F_2 persilangan Guanglu'ai 4 x Xiangzaoxian 3. Penelitian Bai *dkk.* (2010) menggunakan tetua Nanyangz-han dan Chuan7 memperoleh hasil sifat bentuk beras dikendalikan oleh gen poligenik. Bentuk beras adalah sifat kuantitatif dan dikendalikan oleh banyak gen (Feng *dkk.* 2016).

Penelitian terkait parameter genetika sifat ukuran beras dan bentuk beras pernah dilaporkan di Indonesia. Daradjat & Rumanti (2002) mengkaji parameter genetika sifat ukuran beras dan bentuk beras menggunakan metode silang dialel dengan tetua Cea 1, Cirata, Tainung sen 20 dan PR40-1-2-1. Hasil penelitian menunjukkan aksi gen dominan berperan dalam pengendalian panjang dan lebar biji. Nilai duga heritabilitas arti luas dan arti sempit untuk sifat panjang dan lebar biji bernilai tinggi. Penelitian Nurhidayah *dkk.* (2021) terkait sifat panjang beras dan lebar beras dilakukan pada generasi F_2 persilangan genotipe padi hitam dan padi putih. Penelitian menggunakan persilangan PH2 $\times$ Inpari 13 dan resiproknya dan persilangan PH2 $\times$ Inpari 13 dan resiproknya yang memiliki sifat panjang beras dan lebar beras sedang. Hasil penelitian menunjukkan panjang beras dan lebar beras dikendalikan oleh gen poligenik dengan aksi gen aditif dan menunjukkan nilai duga heritabilitas arti luas dari rendah sampai tinggi tergantung pada kombinasi persilangan yang dilakukan.

Perbedaan hasil penelitian terkait studi genetika sifat ukuran dan bentuk beras dapat terjadi karena beberapa faktor. Pendugaan dasar genetika pengendali suatu sifat ditentukan oleh 1. sifat populasi, 2. sampel genotipe yang diuji, 3. metode penghitungan yang digunakan, 4. keluasaan evaluasi genotipe, 5. ketidakseimbangan

linkage/pautan dan 6. pelaksanaan percobaan (Fehr 1991). Penelitian ini melakukan studi genetik sifat ukuran dan bentuk beras di Indonesia pada populasi tetua, keturunan F₁ dan F₂ menggunakan genotipe yang berbeda dari yang sudah ada. Pendugaan pada populasi yang berurutan yaitu tetua, keturunan F₁ dan F₂, genotipe dan lingkungan yang berbeda menjadi kebaruan dalam penelitian ini. Hasil penelitian diharapkan dapat melengkapi penelitian parameter genetik, pola pewarisan sifat dan hubungan antar sifat terkait sifat ukuran beras dan bentuk beras yang sudah ada.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengkaji hubungan antara sifat ukuran beras, bentuk beras, komponen dan hasil pada tanaman padi.
2. Mengkaji parameter genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras yang meliputi aksi gen, keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik.
3. Mengkaji pola pewarisan dan jumlah gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Diketahui hubungan antar sifat ukuran beras, bentuk beras, komponen hasil dan hasil pada genotipe padi Indonesia sehingga dapat digunakan untuk menentukan sifat antara yang dapat digunakan untuk seleksi yang tepat dan efisien.
2. Diketahui parameter genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras genotipe padi di Indonesia yang berguna untuk menentukan metode seleksi yang tepat dan efisien.
3. Diketahui pola pewarisan dan jumlah gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras genotipe padi di Indonesia yang dapat dimanfaatkan untuk menentukan metode seleksi yang tepat dan efisien.

4. Diketahui kendali genetik pewarisan sifat ukuran dan bentuk beras sehingga dapat menentukan metode seleksi yang tepat dan efisien untuk perakitan varietas padi dengan sifat ukuran beras dan bentuk beras khusus.

BAB II. KERAGAMAN GENETIK, HERITABILITAS, KEMAJUAN GENETIK DAN HUBUNGAN ANTAR SIFAT KOMPONEN HASIL DAN HASIL PADA PADI

2.1 Intisari

Pengetahuan keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik dan hubungan antar sifat komponen hasil dan hasil diperlukan untuk menentukan program pemuliaan yang tepat pada suatu tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik dan hubungan antara sifat komponen hasil dan hasil melalui korelasi dan analisis jalur pada tingkat fenotipik dan genotipik. Enam varietas dengan ukuran beras dan bentuk beras berbeda yaitu Basmati Pakistan (sangat panjang, ramping), Basmati Delta 9 (sangat panjang, ramping), Inpari 31 (panjang, sedang), Inpago Unsoed 1 (sedang, sedang), Tarabas (pendek, bulat) dan Koshihikari (pendek, bulat) ditanam menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 4 ulangan. Data komponen hasil dan hasil yang diperoleh digunakan untuk pendugaan keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik, korelasi dan analisis jalur pada tingkat fenotipik dan genotipik. Hasil penelitian menunjukkan 1) sifat komponen hasil dan hasil menunjukkan keragaman genetik yang luas, heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik yang tinggi, 2) sifat komponen hasil dan hasil memiliki arah hubungan dan tingkat signifikansi yang sama pada tingkat fenotipik dan genotipik, 3) sifat ukuran beras dan bentuk beras menunjukkan hubungan tidak searah terhadap hasil, tetapi berpengaruh tidak langsung terhadap hasil, 4) hubungan erat dan pengaruh langsung yang tinggi terhadap hasil ditunjukkan oleh sifat gabah total per malai, jumlah gabah isi per malai, persentase gabah isi per malai, lebar beras dan bobot 100 biji, 5) seleksi untuk mendapatkan genotipe padi berdaya hasil tinggi dapat dilakukan secara tidak langsung melalui seleksi sifat jumlah gabah total per malai dan persentase gabah isi per malai karena kedua sifat ini memiliki hubungan erat dan pengaruh langsung positif terhadap hasil serta memiliki nilai heritabilitas dan kemajuan genetik tinggi.

Kata kunci: padi, komponen hasil, hasil, korelasi, analisis jalur

2.2 Abstract

Information of genetic variability, heritability, genetic gain and the relationship among traits is needed to determine breeding program for a plant. Research objectives is to study genetic variability, heritability, genetic gain and the relationship among yield and yield component traits using correlation and path analysis at the phenotypic and genotypic levels. Six varieties with different rice grain size and shapes namely Pakistani Basmati (extra-long, slender), Basmati

Delta 9 (extra-long, slender), Inpari 31 (long, medium), Inpago Unsoed 1 (medium, medium), Tarabas (short, round) and Koshihikari (short, round) were grown using a Randomized Block Design with 4 replications. The yield and yield component data were used for estimating genetic diversity, heritability, genetic gains, correlation and path analysis at the phenotypic and genotypic levels. The results showed 1) yield and yield component traits show wide genetic diversity, broad heritability and high genetic progress, 2) yield and yield component traits have the same direction and level of significance at the phenotypic and genotypic levels, 3) rice grain size and grain shape showed a non-unidirectional relationship to the yield, but had an indirect effect on the yield, 4) a close relationship and a high direct effect on yield was indicated by total grain number per panicle, number of filled grain per panicle, percentage of filled grain per panicle, rice grain width and weight of 100 seeds, 5) selection to obtain high yielding rice genotypes can be done indirectly through the selection of the total number of grains per panicle and percentage of filled grain per panicle because these two traits have a close relationship and a positive direct effect on yields and have high heritability value and high genetic gain value.

Keywords: rice, yield components, yield, correlation, path analysis.

2.3 Pendahuluan

Beras merupakan bahan pangan utama di Indonesia baik dari segi luas areal, produksi maupun preferensi konsumen. Peningkatan produksi padi dilakukan Indonesia guna mencukupi kebutuhan pangan nasional. Peningkatan hasil padi adalah target utama dari program pemuliaan untuk mengembangkan varietas padi (Hairmansis *dkk.* 2013). Namun demikian, keberhasilan suatu varietas tidak hanya tergantung pada hasil, tetapi juga kualitas beras yang dapat diterima oleh konsumen (Prem Kumar *dkk.* 2010).

Kualitas beras telah menjadi perhatian dalam program pemuliaan tanaman padi karena mempengaruhi nilai gizi dan nilai komersial beras (Custodio *dkk.* 2019). Peningkatan kualitas gabah telah menjadi perhatian utama dalam program pemuliaan padi guna memenuhi preferensi konsumen dan permintaan pasar (Nirmaladevi *dkk.* 2015). Ukuran dan bentuk adalah kualitas beras yang menentukan daya terima pasar beras (Cuevas *dkk.* 2016).

Pengetahuan tentang genetika tetua untuk sifat yang dituju sangat penting sebelum merencanakan program pemuliaan yang tepat. Sebelum memulai program

perbaikan sifat tanaman, maka perlu dipahami sifat genetik tetuanya (Widyastuti *dkk.* 2017), diantaranya keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik.

Pengetahuan tentang besarnya keragaman genetik pada setiap spesies tanaman memainkan peran penting dalam merumuskan program pemuliaan (Allard 1960). Keragaman sifat yang tinggi pada tetua meningkatkan kemungkinan menghasilkan rekombinan yang diinginkan dalam generasi yang berurutan (Roy & Shil 2020). Semakin besar keragaman di antara tetua maka semakin tinggi peluang untuk mencapai keturunan dengan spektrum keragaman yang luas dalam generasi bersegregasi (Tripathi *dkk.* 2017).

Penelitian keragaman genetik pada komponen hasil dan hasil berdasar koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik dilaporkan beragam. Ketan & Sarkar (2014) melaporkan koefisien keragaman fenotipik dan keragaman genotipik tinggi pada sifat bobot 1000 biji, panjang beras rasio panjang:lebar beras dan bobot gabah per rumpun. Sifat panjang gabah, lebar gabah, rasio panjang:lebar gabah dan lebar beras menunjukkan koefisien keragaman fenotipik tinggi tetapi koefisien keragaman genotipik sedang. Sifat panjang beras dan lebar beras menunjukkan koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik sedang dilaporkan oleh Nirmaladevi *dkk.* (2015) dan dilaporkan rendah oleh Adjah *dkk.* (2020). Saidon *dkk.* (2020) melaporkan panjang beras dan rasio panjang:lebar beras memiliki koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik tinggi dan rasio panjang:lebar beras dilaporkan rendah oleh Adjah *dkk.* (2020) dan sedang oleh Nirmaladevi *dkk.* (2015).

Pemilihan tetua tidak hanya berdasar keragaman yang tinggi, tetapi didukung oleh nilai heritabilitas dan kemajuan genetik sebagai dasar yang kuat untuk keberhasilan program persilangan (Kumar *dkk.* 2012). Heritabilitas adalah rasio antara ragam genotipe dan ragam fenotipe total untuk suatu sifat dalam suatu populasi dan menunjukkan komponen sifat yang diturunkan pada generasi berikutnya (Adhikari *dkk.* 2018). Heritabilitas suatu sifat sangat penting dalam menentukan respons tanaman terhadap seleksi. Respons tanaman terhadap seleksi dapat diduga melalui pendugaan kemajuan genetik. Kemajuan genetik memberikan informasi pada kemajuan genetik harapan yang dihasilkan dari seleksi individu

(Anbanandan & Eswaran 2018; Divya *dkk.* 2018). Nilai heritabilitas ditambah dengan kemajuan genetik lebih dapat diandalkan dalam seleksi dibanding hanya menggunakan nilai heritabilitas (Sundaram *dkk.* 2019).

Penelitian tentang heritabilitas dan kemajuan genetik sifat komponen hasil dan hasil telah dilaporkan. Adjah *dkk.* (2020) melakukan penelitian menggunakan seratus genotipe pada melaporkan pada sifat panjang beras, lebar beras dan rasio panjang:lebar beras menunjukkan heritabilitas arti luas yang tinggi dan kemajuan genetiknya rendah. Heritabilitas arti luas sifat bobot 1000 biji dan hasil pada penelitian tersebut dinyatakan rendah dengan kemajuan genetik adalah rendah untuk sifat bobot 100 biji dan tinggi untuk hasil. Heritabilitas dan kemajuan genetik tinggi pada sifat panjang malai, jumlah gabah per malai dan daya hasil dilaporkan oleh Kumar *dkk.* (2012). Penelitian Adhikari *dkk.* (2018) menunjukkan heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik sifat panjang malai, jumlah gabah isi per malai, bobot 1000 biji dan hasil adalah rendah. Sifat panjang gabah, lebar gabah, dan bobot 1000 biji menunjukkan heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik tinggi dinyatakan oleh Roy & Shil (2020).

Penelitian terkait keragaman genetik, heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik komponen hasil dan hasil dilaporkan beragam tergantung pada populasi yang digunakan. Pada penelitian ini keragaman genetik, heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik diduga menggunakan populasi dengan ciri ukuran dan bentuk beras yang beragam.

Daya hasil padi adalah sifat yang kompleks dan dikendalikan oleh banyak faktor. Seleksi untuk jenis yang diinginkan tidak hanya terbatas pada daya hasil padi saja tetapi juga mempertimbangkan komponen lain yang terkait dengan daya hasil padi (Cyprien *dkk.* 2011), yang dinamakan sebagai komponen hasil (Zahid *dkk.* 2006; Devi *dkk.* 2017). Di sisi lain ukuran dan bentuk adalah kualitas beras yang mempengaruhi hasil (Sarwar *dkk.* 1998) dan secara alami bersifat kompleks serta dipengaruhi oleh lingkungan (Prem Kumar *dkk.* 2010). Oleh karena itu seleksi untuk perbaikan daya hasil, ukuran beras dan bentuk beras memerlukan pengetahuan tentang hubungan antara daya hasil dan komponen hasil guna strategi

seleksi yang efisien bagi pemulia tanaman untuk mengembangkan varietas yang bernilai ekonomis (Devi *dkk.* 2017).

Pada program pemuliaan tanaman pemahaman terkait derajat hubungan antar sifat memiliki peran penting dalam pengembangan strategi seleksi guna memperoleh genotipe unggul (Olivoto *dkk.* 2017). Analisis korelasi digunakan untuk mengukur derajat dan arah hubungan antar sifat (Balla & Ibrahim 2017). Koefisien korelasi adalah ukuran derajat hubungan simetris antara dua variabel atau sifat yang membantu kita dalam memahami sifat dan besarnya hubungan antara komponen hasil dan hasil (Prakash *dkk.* 2018).

Hasil penelitian melaporkan sifat panjang beras dilaporkan berkorelasi positif dengan sifat panjang gabah, bobot 1000 biji (Sarwar *dkk.* 1998), rasio panjang:lebar beras (Khatun *dkk.* 2003). Sifat panjang beras berkorelasi positif dengan sifat panjang gabah, lebar gabah, rasio panjang:lebar gabah dan rasio panjang:lebar beras serta sifat rasio panjang:lebar beras berkorelasi positif dengan sifat panjang gabah, lebar gabah dan rasio panjang:lebar gabah dilaporkan oleh Ratna *dkk.* (2016). Sifat jumlah gabah per malai, bobot 100 biji, panjang gabah, lebar gabah, panjang beras, lebar beras dan rasio panjang beras tidak berkorelasi dengan sifat hasil padi pada tingkat fenotipik atau genotipik dinyatakan oleh Sabesan *dkk.* (2009). Sifat yang berkorelasi positif dengan bobot gabah per rumpun adalah jumlah gabah per malai, bobot 1000 biji, dan lebar beras (Sarawgi *dkk.* 1997; Premkumar *dkk.* 2016).

Korelasi terbatas untuk menggambarkan hubungan antara dua variabel yang tidak berada dalam hubungan sebab-akibat (Kozak *dkk.* 2012; Hajiaqatabar *dkk.* 2016). Korelasi tidak dapat memberikan informasi yang tepat tentang besarnya relatif pengaruh langsung dan tidak langsung dari masing-masing sifat komponen hasil pada hasil (Sharifi 2018; Kumari & Parmar 2020). Oleh karena itu, diperlukan metode lain untuk menggambarkan hubungan sebab akibat dalam hubungan antar sifat seperti analisis jalur.

Analisis jalur adalah metode dasar yang dapat memberikan wawasan yang lebih baik tentang hubungan sebab-akibat antara pasangan sifat yang berbeda (Patil & Sahu 2009). Analisis jalur adalah teknik statistik untuk membagi koefisien

korelasi menjadi efek langsung dan tidak langsung (Haryanto *dkk.* 2014; Archana *dkk.* 2018). Analisis jalur telah banyak digunakan untuk memahami pengaruh langsung dan tidak langsung dari sifat-sifat komponen hasil terhadap hasil (Ratna *dkk.* 2015; Prakash *dkk.* 2018).

Sifat panjang malai, jumlah gabah isi dan bobot 1000 biji menunjukkan pengaruh langsung positif terhadap daya hasil (Ratna *dkk.* 2015). Penelitian (Premkumar *dkk.* 2016) menunjukkan sifat yang berpengaruh langsung dan positif terhadap bobot gabah per rumpun adalah panjang gabah, lebar beras dan rasio panjang:lebar beras. Sifat panjang beras berpengaruh tidak langsung terhadap bobot gabah per rumpun, tetapi melalui sifat rasio panjang:lebar beras.

Kombinasi uji korelasi dan analisis jalur memberikan wawasan yang lebih baik tentang hubungan sebab dan akibat antara pasangan sifat yang berbeda. Pengetahuan tentang hubungan timbal balik antara hasil, komponen hasil dan kualitas beras dapat memfasilitasi seleksi yang efektif untuk perbaikan simultan dari satu (atau) lebih sifat yang memberikan kontribusi terhadap hasil dan kualitas beras (Premkumar *dkk.* 2015). Oleh karena itu untuk pemuliaan padi yang efektif maka pengaruh langsung dan tidak langsung sifat-sifat komponen hasil yang berhubungan dengan hasil perlu dipelajari.

Fenotipe tanaman merupakan hasil dari genetik, lingkungan dan interaksi antara genotipe dan lingkungan (Roy 2000). Dalam pemuliaan tanaman, korelasi dapat didasarkan pada pengaruh fenotipe, genotipe, atau lingkungan (Faot *dkk.* 2019). Korelasi fenotipik dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan dan dapat dilihat dengan mengukur fenotipe. Korelasi genotipik hanya disebabkan oleh faktor genetik (Bocanski *dkk.* 2009). Korelasi fenotipik menunjukkan hubungan antar sifat, tetapi korelasi fenotipik tidak memberikan dasar yang dapat diandalkan untuk seleksi. Di sisi lain, korelasi genotipik memungkinkan penilaian pola hubungan antar sifat pada tingkat genetik sehingga dapat diwariskan (Fiyaz *dkk.* 2011). Penelitian analisis jalur fenotipik dan genotipik dilakukan oleh Singh *dkk.* (2018) menyatakan sifat yang berpengaruh langsung terhadap daya hasil pada tingkat fenotipik dan genotipik.

Analisis jalur membagi koefisien korelasi menjadi pengaruh langsung dan pengaruh tidak langsung. Berdasarkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik maka dapat ditentukan pengaruh langsung dan pengaruh tidak langsung pada tingkat fenotipe dan genotipe (Rathod *dkk.* 2017) melalui analisis jalur fenotipik dan analisis jalur genotipik. Seleksi dalam program perbaikan sifat tanaman menjadi efektif jika seleksi didasarkan pada korelasi dan analisis jalur pada tingkat genotipik. Seleksi berdasar fenotipe dapat dilakukan jika korelasi fenotipik dan analisis jalur fenotipik memiliki arah dan koefisien korelasi yang sama dengan korelasi genotipik dan analisis jalur genotipiknya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik dan hubungan antara sifat komponen hasil dan hasil melalui korelasi dan analisis jalur pada tingkat fenotipik dan genotipik.

2.4 Materi dan Metode

2.4.1 Tempat dan Waktu

Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman. Tempat penelitian berada pada koordinat 7°24'28.7"LS dan 109°15'13.3"LU pada ketinggian tempat 112 meter di atas permukaan laut. Percobaan dilakukan pada bulan Juni 2019 sampai Desember 2019.

2.4.2 Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan adalah beras dari 6 genotipe padi (Tabel 2.1). Alat utama yang digunakan adalah jangka sorong.

Tabel 2.1 Genotipe padi yang digunakan sebagai materi penelitian

No.	Genotipe	Ukuran beras dan bentuk beras	Asal
1	Basmati Delta 9	Sangat panjang, ramping	India
2	Basmati Pakistan	Sangat panjang, ramping	Pakistan
3	Inpari 31	Panjang, sedang	Indonesia
4	Inpago Unsoed 1	Sedang, sedang	Indonesia
5	Koshihikari	Pendek, bulat	Jepang
6	Tarabas	Pendek, bulat	Indonesia

2.4.3 Rancangan Percobaan

Penelitian merupakan percobaan satu faktor yaitu genotipe. Enam genotipe digunakan sebagai perlakuan. Rancangan lingkungan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok dengan 4 ulangan. Pada setiap ulangan, digunakan 2 tanaman dalam 2 polibag untuk setiap genotipe. Setiap tanaman dijadikan sampel untuk sifat komponen hasil dan hasil. Sampel beras berasal dari masing-masing tanaman. Setiap tanaman diambil 2 malai dan setiap malai digunakan 10 gabah untuk dijadikan sampel beras.

Benih padi disemai dalam baki semai selama 2 minggu sebelum dipindah tanam ke polibag berukuran 35 cm x 40 cm yang berisi 8 kg tanah inseptisol. Setiap polibag berisi 1 tanaman. Takaran pupuk yang digunakan adalah 0,4 g/polibag urea dan 1 g/polibag phonska. Pupuk urea dan phonska ditambahkan 2 kali dengan takaran masing-masing 0,2 g dan 0,5 g per polibag pada 10 hari setelah tanam (hst) dan masing-masing 0,2 g dan 0,5 g per polibag pada 20 hst. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan jika diperlukan. Panen dilakukan saat 80% gabah dalam tanaman sudah matang.

2.4.4 Variabel Penelitian

Variabel pengamatan dan pengukuran pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Panjang malai

Panjang malai diukur mulai leher sampai ujung malai setelah panen. Satuan yang digunakan adalah sentimeter (cm).

2. Jumlah gabah total per malai

Jumlah gabah per malai dihitung untuk semua gabah yang ada dalam satu malai. Penghitungan dilakukan setelah panen.

3. Jumlah gabah isi per malai

Jumlah gabah isi dihitung untuk semua gabah yang berisi penuh pada satu malai setelah panen. Penghitungan dilakukan setelah panen.

4. Persentase gabah isi per malai

Persentase gabah isi per malai dihitung berdasarkan rasio gabah isi terhadap jumlah gabah total per malai, dengan satuan persen (%).

5. Panjang gabah

Panjang gabah diukur mulai dari dasar gabah di bawah *lemma steril* sampai ujung gabah (*apiculus*) dari *lemma* dan *palea fertil*. Pada kasus gabah berbulu, panjang gabah diukur sampai pada titik yang setara dengan ujung *apiculus*. Pengukuran panjang gabah dilakukan setelah panen menggunakan *digital calipers*. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

6. Lebar gabah

Lebar biji diukur pada jarak terlebar antara *lemma* dan *palea*. Pengukuran dilakukan setelah panen. Pengukuran lebar gabah dilakukan setelah panen menggunakan *digital calipers*. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

7. Rasio panjang:lebar gabah

Rasio panjang:lebar gabah merupakan perbandingan antara panjang gabah dan lebar gabah. Rasio panjang:lebar beras mencerminkan bentuk gabah. Penghitungan rasio panjang:lebar gabah dilakukan setelah panen.

8. Bobot 100 biji

Bobot 100 biji ditimbang dari sampel secara random dari 100 butir bernas yang dikeringkan sampai kadar air 13%. Penghitungan dilakukan setelah panen. Satuan yang digunakan adalah gram (g).

9. Panjang beras

Panjang beras diukur pada gabah setelah dikupas. Panjang beras diukur mulai dari dasar beras sampai ujung beras. Pengukuran panjang beras dilakukan setelah panen menggunakan *digital calipers*. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

10. Lebar beras

Lebar beras diukur pada gabah setelah dikupas. Lebar beras diukur pada jarak terlebar dari beras. Pengukuran lebar beras dilakukan setelah panen menggunakan *digital calipers*. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

11. Rasio panjang:lebar beras

Rasio panjang:lebar beras merupakan perbandingan antara panjang beras dan lebar beras. Rasio panjang:lebar beras mencerminkan bentuk beras. Penghitungan rasio panjang:lebar beras dilakukan setelah panen.

12. Bobot gabah per rumpun

Bobot gabah per rumpun ditimbang dari seluruh gabah dalam 1 rumpun yang dikeringkan sampai kadar air 13%. Penghitungan dilakukan setelah panen. Satuan yang digunakan adalah gram (g).

2.4.5 Analisis Data

Keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik dan hubungan sifat komponen hasil dan hasil diduga pada penelitian ini. Hubungan antara komponen hasil dan hasil dinilai menggunakan analisis korelasi fenotipik dan genotipik antara komponen hasil dan hasil. Analisis korelasi dilanjutkan dengan analisis jalur guna mengetahui pengaruh langsung dan tidak langsung komponen hasil terhadap hasil. Prosedur pendugaan keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik, analisis korelasi dan analisis jalur dilakukan menggunakan prosedur sebagai berikut (Singh & Chaudhary 1979; Roy 2000).

1. Pendugaan ragam genotipik, ragam fenotipik, peragam genotipik dan dan peragam fenotipik

Pendugaan ragam genotipik dan ragam fenotipik dilakukan berdasarkan nilai kuadrat tengah analisis ragam untuk setiap sifat yang diamati (Tabel 2.1). Pendugaan peragam genotipik dan peragam fenotipik dilakukan menggunakan kuadrat tengah analisis peragam (analisis kovarian), disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Analisis ragam Rancangan Acak Kelompok untuk setiap sifat

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Kuadrat Tengah Harapan
Ulangan	$r - 1$	M_3	
Genotipe (G)	$g - 1$	M_2	$\sigma_e^2 + r \cdot \sigma_g^2$
Galat	$(r - 1)(ab - 1)$	M_1	σ_e^2
Total	$rab - 1$		

Penghitungan nilai ragam genetik dan ragam fenotipik berdasar Tabel 2.1 sebagai berikut.

$$\text{Ragam lingkungan } (\sigma_e^2) = M_1$$

$$\text{Ragam genotipik } (\sigma_g^2) = \frac{(\sigma_e^2 + \sigma_g^2) - \sigma_e^2}{r} = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

$$\text{Ragam fenotipik } (\sigma_p^2) = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$$

Tabel 2.3 Analisis peragam Rancangan Acak Kelompok untuk setiap sifat

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	Kuadrat Tengah Harapan
Ulangan	$r - 1$	N_3	
Genotipe (G)	$g - 1$	N_2	$\text{Kov.e} + r\text{Kov.g}$
Galat	$(r - 1)(ab - 1)$	N_1	Kov.e
Total	$rab - 1$		

Penghitungan nilai peragam genetik dan peragam fenotipik berdasar Tabel 2.2 sebagai berikut.

$$\text{Peragam lingkungan (Kov.e)} = N_1$$

$$\text{Peragam genotipik (Kov.g)} = \frac{(\text{Kov.e} + \text{Kov.g}) - \text{Kov.e}}{r} = \frac{N_2 - N_1}{r}$$

$$\text{Peragam fenotipik (Kov.p)} = \text{Kov.g} + \text{Kov.e}$$

2. Pendugaan koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik
Koefisien keragaman fenotipik (KKF) dan koefisien keragaman genotipik (KKG) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Koefisien Keragaman Fenotipik (KKF)} = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\bar{X}}$$

$$\text{Koefisien Keragaman Genotipik (KKG)} = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{X}}$$

Keterangan:

$$\sigma_p^2 = \text{ragam fenotipik}$$

$$\sigma_g^2 = \text{ragam genotipik}$$

$$\bar{X} = \text{rata-rata}$$

Koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik dikelompokkan menjadi 3 kategori. Nilai KKF dan KKG lebih dari 20% dikategorikan menjadi tinggi, jika antara 10% dan 20% dikategorikan menjadi sedang dan lebih kecil dari 10% dikategorikan menjadi rendah (Sivasubramanian & Menon 1973).

3. Pendugaan heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) dan Kemajuan Genetik (KG)

Heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) diduga menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Heritabilitas arti luas } (h^2_{bs}) = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} \times 100\%$$

Heritabilitas arti luas dikategorikan menjadi tinggi (nilai lebih besar dari 50%), sedang (antara 50% dan 20%) dan rendah (nilai kurang dari 20%) (Stansfield 1991).

Kemajuan genetik harapan pada setiap kombinasi persilangan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Johnson *dkk.* 1955).

$$\text{Kemajuan Genetik (KG)} = \frac{i \cdot h^2_{bs} \cdot \sigma_p}{\bar{x}} \times 100$$

Keterangan:

i = intensitas seleksi (i), pada intensitas seleksi 10% dengan nilai $i = 1,76$ (Fehr 1991)

h^2_{bs} = heritabilitas arti luas

σ_p = simpangan baku fenotipe

$\bar{x}$ = nilai rata-rata populasi

Kemajuan genetik dikategorikan menjadi tinggi jika nilai lebih besar dari 14%, sedang jika nilai antara 14% dan 7% dan rendah jika nilai kurang dari 7% (Begum & Sobhan 1991).

4. Korelasi genotipik dan fenotipik antara komponen hasil dan hasil

Korelasi genotipik dan korelasi fenotipik diduga mengikuti rumus sebagai berikut.

$$\text{Korelasi genotipik } (r_{g.xy}) = \frac{\text{Kov. } g(x,y)}{\sqrt{\sigma_g^2(x) \cdot \sigma_g^2(y)}}$$

$$\text{Korelasi fenotipik } (r_{p.xy}) = \frac{\text{Kov. } p(x,y)}{\sqrt{\sigma_p^2(x) \cdot \sigma_p^2(y)}}$$

Koefisien korelasi genotipik diuji dengan uji t dengan rumus sebagai berikut.

$$t_{hit} = r_{g.xy} \sqrt{\frac{n-2}{1-(r_{g.xy})^2}}$$

Koefisien korelasi fenotipik diuji dengan uji t dengan rumus sebagai berikut.

$$t_{hit} = r_{p.xy} \sqrt{\frac{n-2}{1-(r_{p.xy})^2}}$$

Keterangan:

$r_{g.xy}$ = korelasi genotipik

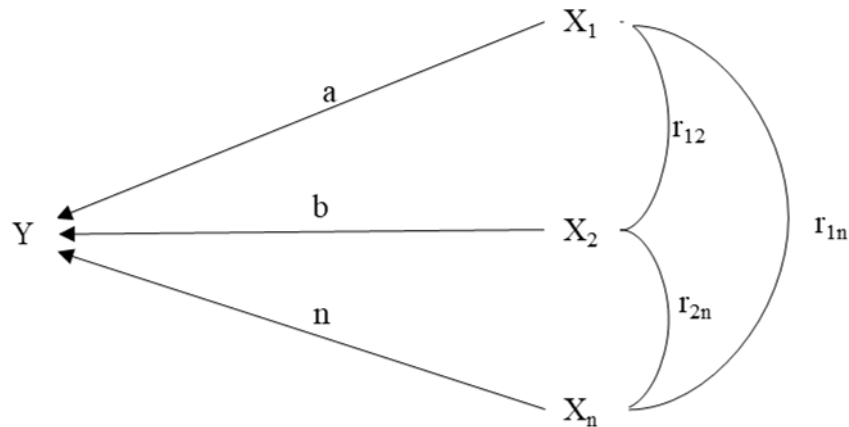
$r_{p.xy}$ = korelasi fenotipik

n = jumlah perlakuan

Koefisien korelasi dianggap nyata jika nilai t_{hit} lebih besar dari t_{tabel} pada $\alpha = 0.05$ dengan derajat bebas $(n-2)$.

5. Analisis jalur genotipik dan fenotipik antara komponen hasil dan hasil

Analisis jalur digunakan untuk mengetahui pengaruh langsung dan tidak langsung komponen hasil ke hasil. Pada penelitian ini hasil yang digunakan adalah bobot gabah per rumpun. Hubungan antara komponen hasil dan hasil digambarkan dengan alur hubungan pada diagram analisis jalur (Gambar 2.1.)



Gambar 2.1 Diagram analisis jalur.

Koefisien analisis jalur genotipik dan fenotipik diduga menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$r(x_1Y) = P_{x_1y} + r(x_1, x_2)P_{x_2y} + \dots + r(x_i, x_n)P_{x_iy}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\frac{\sigma_{x_1}}{\sigma_Y} = P_{1y}, \text{ koefisien analisis jalur dari } x_1 \text{ ke } Y$$

$$\frac{\sigma_{x_2}}{\sigma_Y} = P_{2y}, \text{ koefisien analisis jalur dari } x_2 \text{ to } Y$$

$\frac{\sigma_{x_n}}{\sigma_Y} = P_{ny}$, koefisien analisis jalur dari x_n to Y

Persamaan di atas dapat ditulis dalam bentuk matriks berikut.

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} r_{x_1y} \\ r_{x_2y} \\ r_{x_3y} \end{bmatrix} \\ A \end{matrix} = \begin{matrix} \begin{bmatrix} r_{x_1x_1} & r_{x_1x_2} & r_{x_1x_3} \\ r_{x_2x_1} & r_{x_2x_2} & r_{x_2x_3} \\ r_{x_3x_1} & r_{x_3x_2} & r_{x_3x_3} \end{bmatrix} \\ B \end{matrix} \begin{matrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \\ C \end{matrix}$$

Koefisien analisis jalur dihitung dengan persamaan $C=B^{-1}A$

Keterangan:

A = korelasi peubah bebas X dengan peubah tak bebas Y.

B = matriks korelasi antar peubah bebas

B^{-1} = inversi matriks B

C = koefisien analisis jalur yang menunjukkan pengaruh langsung setiap peubah bebas terhadap peubah tak bebas;

Pengaruh tidak langsung peubah bebas X terhadap peubah tak bebas Y dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$r(x_1x_2Y) = P_{1y} \cdot r(x_1x_2)$$

$$r(x_1x_nY) = P_{1y} \cdot r(x_1x_n)$$

Pengaruh faktor sisa dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$R = \sqrt{1 - \sum (P_{xiy} \cdot r(x_iy))}$$

Koefisien pengaruh langsung terhadap peubah tak bebas diuji menggunakan uji t dengan rumus sebagai berikut (Supardi 2013):

$$t_{hit} = \frac{P_{xiy}}{\sqrt{\frac{(1 - \sum (P_{xiy} \cdot r(x_iy)))C_{ii}}{(n - k - 1)}}$$

Koefisien korelasi dianggap nyata jika nilai t_{hit} lebih besar dari t_{tabel} pada $\alpha = 0.05$ dengan derajat bebas $(n - k - 1)$, dimana k adalah banyaknya peubah bebas.

2.5 Hasil dan Pembahasan

2.5.1 Keragaman Genetik, Heritabilitas dan Kemajuan Genetik Sifat Komponen Hasil dan Hasil pada Populasi Tetua

Ragam fenotipik yang lebih besar dari ragam genotipik ditunjukkan oleh sifat komponen hasil dan hasil yang diamati pada penelitian ini (Tabel 2.4). Hal ini diikuti dengan koefisien ragam fenotipik yang lebih besar dari koefisien ragam genotipik, yang mengindikasikan adanya pengaruh lingkungan pada ekspresi sifat komponen hasil dan hasil yang diamati (Choudhary *dkk.* 2018b; Sudeepthi *dkk.* 2020).

Perbedaan antara nilai koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik mencerminkan pengaruh faktor genetik dan pengaruh faktor lingkungan (Kishore *dkk.* 2015; Chozin *dkk.* 2017). Perbedaan yang kecil menunjukkan faktor genetik lebih berpengaruh dari faktor lingkungan seperti yang ditunjukkan oleh sifat jumlah gabah total per malai, jumlah gabah isi per malai, panjang gabah, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, lebar beras, dan rasio panjang:lebar beras. Selisih antara koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik cukup besar ditunjukkan oleh panjang malai, persentase gabah isi per malai, lebar gabah, bobot 1000 biji dan bobot gabah per rumpun. Hal ini menunjukkan pengaruh lingkungan yang cukup besar terhadap sifat-sifat tersebut.

Koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik panjang beras dan rasio panjang:lebar beras bernilai di atas 20% dan dikategorikan bernilai tinggi (Sivasubramanian & Menon 1973). Hasil penelitian ini menunjukkan kecuali pada bobot 100 biji, sifat komponen hasil dan hasil yang diamati menunjukkan keragaman yang luas.

Nilai duga heritabilitas arti luas sifat komponen hasil dan hasil enam varietas padi berada pada kisaran 60,06% dan 98,61% (Tabel 2.4). Angka ini menunjukkan sifat komponen hasil dan hasil memiliki kategori heritabilitas arti luas yang tinggi. Nilai heritabilitas di atas 50% dikategorikan sebagai heritabilitas yang tinggi (Stansfield 1991).

Tabel 2.4 Ragam fenotipik, ragam genotipik, ragam lingkungan, koefisien keragaman fenotipik, koefisien keragaman genotipik, dan heritabilitas komponen hasil dan hasil enam varietas padi

Sifat	σ^2_p	σ^2_g	σ^2_e	KKF (%)	KKG (%)	h^2_{bs} (%)	KG (%)				
PM	4,69	3,42	1,27	44,46	1	37,98	1	72,98	t	10,01	s
JGT	2185,89	1997,39	188,50	428,65	1	409,75	1	91,38	t	60,42	t
JGI	2096,31	1754,75	341,55	458,02	1	419,05	1	83,71	t	61,76	t
PGI	139,94	84,05	55,89	130,72	1	101,31	1	60,06	t	11,83	s
PG	5,19	5,14	0,05	72,98	1	72,61	1	98,99	t	40,52	t
LG	0,32	0,21	0,11	32,74	1	26,76	1	66,78	t	18,28	t
RPLG	1,80	1,74	0,06	71,89	1	70,64	1	96,56	t	64,31	t
PB	2,52	2,45	0,07	60,39	1	59,50	1	97,06	t	38,67	t
LB	0,20	0,18	0,02	28,30	1	27,00	1	91,06	t	27,52	t
RPLB	1,37	1,35	0,02	68,14	1	67,63	1	98,51	t	68,17	t
BSB	0,06	0,04	0,01	14,75	s	12,99	s	77,51	t	11,04	s
BGPR	1,15	0,91	0,24	66,22	1	58,92	1	79,17	t	50,77	t

Keterangan: l = luas, s = sedang, t = tinggi, r = rendah, s = sedang, t = tinggi, σ^2_g = ragam genotipik, σ^2_p = ragam fenotipik, σ^2_e = ragam lingkungan, KKG = Koefisien Keragaman Genotipik, KKF = Koefisien Keragaman Fenotipik, h^2_{bs} = heritabilitas arti luas dan KG = kemajuan genetik, PM = panjang malai, JGT = jumlah gabah total per malai, JGI = jumlah gabah isi per malai, PGI = persentase gabah isi per malai, PG = panjang gabah, LG = lebar gabah, RPLG = rasio panjang:lebar gabah, PB = panjang beras, LB = lebar beras, RPLB = rasio panjang:lebar beras, BS = bobot 100 biji dan BGPR = bobot gabah per rumpun.

Heritabilitas arti luas yang tinggi pada sifat komponen hasil dan hasil tidak selalu menunjukkan kemajuan genetik yang tinggi (Shah *dkk.* 2018). Hal ini ditunjukkan oleh sifat panjang malai, persentase gabah isi per malai dan bobot 100 biji. Sifat-sifat yang lain yaitu jumlah gabah total per malai, jumlah gabah isi per malai, panjang gabah, lebar gabah, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, lebar beras, rasio panjang:lebar beras, dan bobot gabah per rumpun menunjukkan heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik yang tinggi. Heritabilitas yang tinggi ditambah dengan kemajuan genetik yang tinggi menunjukkan seleksi sederhana untuk sifat-sifat ini efektif dan diturunkan pada generasi berikutnya (Chozin *dkk.* 2017; Govintharaj *dkk.* 2018).

2.5.2 Korelasi antara komponen hasil dan hasil

Koefisien korelasi adalah ukuran derajat hubungan simetris antara dua sifat yang dapat digunakan untuk mempelajari keeratan hubungan antara komponen hasil dan hasil (Prakash *dkk.* 2018). Pada penelitian ini pendugaan koefisien korelasi dilakukan pada tingkat fenotipik dan genotipik. Hasil pendugaan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik disajikan pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6. Hasil penelitian menunjukkan secara umum korelasi fenotipik dan korelasi genotipik sifat komponen hasil dan hasil memiliki hubungan dan tingkat signifikansi yang sama. Pada penelitian ini nilai koefisien genotipik lebih besar dari nilai korelasi fenotipik untuk semua sifat yang diamati menunjukkan bahwa hubungan yang diamati di antara sifat disebabkan oleh faktor genetik (Ratna *dkk.* 2015; Devi *dkk.* 2017; Kumari & Parmar 2020). Namun demikian, koefisien korelasi genotipik yang setara atau tidak berbeda jauh dengan koefisien korelasi fenotipik menunjukkan bahwa korelasi lingkungan dan genotipik bertindak dalam arah yang sama (Tiwari *dkk.* 2019).

Sifat panjang malai menunjukkan korelasi fenotipik dan genotipik positif nyata dengan panjang gabah, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, serta rasio panjang:lebar beras. Nilai negatif nyata untuk korelasi fenotipik dan genotipik ditunjukkan oleh sifat panjang malai dengan jumlah gabah total per malai, jumlah gabah isi per malai, persentase gabah isi per malai, lebar gabah, lebar beras serta bobot gabah per rumpun. Tidak ada korelasi fenotipik dan korelasi genotipik antara panjang malai dan bobot 100 biji.

Korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata telah dilaporkan oleh Lakshmi *dkk.* (2014) untuk sifat panjang malai dan panjang beras dan oleh Ketan & Sarkar (2014) untuk korelasi sifat panjang malai dengan rasio lebar: panjang beras, panjang beras. Penelitian lain melaporkan bahwa korelasi fenotipik negatif nyata ditunjukkan oleh panjang malai dengan jumlah gabah total, lebar beras (Kiani & Agahi 2016), jumlah gabah isi, persentase gabah isi (Sabri *dkk.* 2020) dan bobot gabah per rumpun (Ratna *dkk.* 2015). Bhutta *dkk.* (2019) menyampaikan bahwa panjang malai memiliki korelasi fenotipik dan korelasi genotipik negatif nyata dengan persentase gabah isi.

Tabel 2.5 Korelasi fenotipik komponen hasil dan hasil pada padi

Sifat	PM	JGT	JGI	PGI	PG	LG	RPLG	PB	LB	RPLB	BSB	BGPR
PM	1,00	-0,40 *	-0,47 *	-0,68 *	0,73 *	-0,68 *	0,74 *	0,71 *	-0,78 *	0,77 *	0,21 ^{tn}	-0,47 *
JGT		1,00	0,97 *	0,51 *	-0,79 *	0,40 *	-0,72 *	-0,77 *	0,52 *	-0,73 *	-0,84 *	0,92 *
JGI			1,00	0,69 *	-0,81 *	0,46 *	-0,76 *	-0,79 *	0,58 *	-0,77 *	-0,81 *	0,94 *
PGI				1,00	-0,62 *	0,50 *	-0,63 *	-0,61 *	0,59 *	-0,65 *	-0,35 ^{tn}	0,63 *
PG					1,00	-0,81 *	0,99 *	0,99 *	-0,90 *	0,99 *	0,64 *	-0,75 *
LG						1,00	-0,88 *	-0,80 *	0,86 *	-0,83 *	-0,21 ^{tn}	0,41 *
RPLG							1,00	0,98 *	-0,92 *	0,99 *	0,54 *	-0,69 *
PB								1,00	-0,89 *	0,99 *	0,63 *	-0,72 *
LB									1,00	-0,94 *	-0,30 ^{tn}	0,52 *
RPLB										1,00	0,56 *	-0,70 *
BSB											1,00	-0,80 *
BGPR												1,00

Keterangan: Angka yang diikuti dengan tanda * berarti berbeda nyata dan ^{tn} = tidak berbeda nyata pada taraf kesalahan α 5%. PM = panjang malai, JGT = jumlah gabah total per malai, JGI = jumlah gabah isi per malai, PGI = persentase gabah isi per malai, PG = panjang gabah, LG = lebar gabah, RPLG = rasio panjang:lebar gabah, PB = panjang beras, LB = lebar beras, RPLB = rasio panjang:lebar beras, BS = bobot 100 biji dan BGPR = bobot gabah per rumpun.

Tabel 2.6 Korelasi genotipik komponen hasil dan hasil pada padi

Sifat	PM	JGT	JGI	PGI	PG	LG	RPLG	PB	LB	RPLB	BSB	BGPR
PM	1,00	-0,64 *	-0,78 *	-1,14 *	0,84 *	-0,91 *	0,88 *	0,84 *	-0,90 *	0,89 *	0,33 ^{tn}	-0,74 *
JGT		1,00	0,99 *	0,61 *	-0,83 *	0,54 *	-0,76 *	-0,82 *	0,60 *	-0,78 *	-0,95 *	0,99 *
JGI			1,00	0,69 *	-0,89 *	0,65 *	-0,84 *	-0,88 *	0,71 *	-0,86 *	-0,87 *	0,99 *
PGI				1,00	-0,80 *	0,85 *	-0,83 *	-0,79 *	0,88 *	-0,85 *	-0,26 ^{tn}	0,71 *
PG					1,00	-0,95 *	0,99 *	0,99 *	-0,95 *	0,99 *	0,71 *	-0,84 *
LG						1,00	-0,98 *	-0,95 *	0,99 *	-0,98 *	-0,40 ^{tn}	0,56 *
RPLG							1,00	0,99 *	-0,97 *	0,99 *	0,64 *	-0,78 *
PB								1,00	-0,94 *	0,99 *	0,72 *	-0,84 *
LB									1,00	-0,96 *	-0,44 *	0,66 *
RPLB										1,00	0,65 *	-0,81 *
BSB											1,00	-0,87 *
BGPR												1,00

Keterangan: Angka yang diikuti dengan tanda * berarti berbeda nyata dan ^{tn} = tidak berbeda nyata pada taraf kesalahan α 5%. PM = panjang malai JGT = jumlah gabah total per malai, JGI = jumlah gabah isi per malai, PGI = persentase gabah isi per malai, PG = panjang gabah, LG = lebar gabah, RPLG = rasio panjang:lebar gabah, PB = panjang beras, LB = lebar beras, RPLB = rasio panjang:lebar beras, BS = bobot 100 biji dan BGPR = bobot gabah per rumpun.

Sifat jumlah gabah total per malai menunjukkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata dengan sifat jumlah gabah isi per malai, persentase gabah isi per malai, lebar gabah, lebar beras dan bobot gabah per rumpun. Korelasi fenotipik dan korelasi genotipik negatif nyata diperoleh pada korelasi sifat jumlah gabah total per malai dengan panjang gabah, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, rasio panjang:lebar beras, dan beras bobot 100 biji. Penelitian Sabri *dkk.* (2020) menunjukkan sifat jumlah gabah total berkorelasi fenotipik positif nyata dengan jumlah gabah isi, persentase gabah isi serta bobot gabah per rumpun dan nilai koefisien negatif nyata diperoleh pada korelasi fenotipik jumlah gabah total dengan bobot 100 biji. Kiani & Agahi (2016) melaporkan sifat jumlah gabah total berkorelasi fenotipik positif nyata dengan lebar beras dan berkorelasi fenotipik negatif dengan panjang beras serta rasio panjang:lebar beras.

Sifat jumlah gabah isi per malai menunjukkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata dengan sifat persentase gabah isi per malai, lebar gabah, lebar beras dan bobot gabah per rumpun. Korelasi fenotipik dan korelasi genotipik negatif nyata ditunjukkan oleh sifat jumlah gabah isi per malai dengan panjang gabah, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, rasio panjang:lebar beras dan bobot 100 biji. Sabri *dkk.* (2020) melaporkan sifat jumlah gabah isi berkorelasi fenotipik positif nyata dengan sifat bobot gabah per rumpun dan berkorelasi fenotipik negatif nyata sifat dengan bobot 100 biji.

Sifat persentase gabah isi per malai memiliki nilai koefisien korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata untuk korelasi dengan sifat lebar gabah, lebar beras dan bobot gabah per rumpun. Nilai negatif nyata diperoleh pada korelasi fenotipik dan korelasi genotipik untuk sifat persentase gabah isi dengan sifat panjang gabah, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, rasio panjang:lebar beras dan bobot 100 biji. Sifat persentase gabah isi per malai tidak menunjukkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik dengan bobot 100 biji. Ketan & Sarkar (2014) melaporkan persentase gabah isi per malai tidak menunjukkan korelasi dengan sifat bobot 100 biji untuk korelasi fenotipik dan korelasi genotipik.

Sifat panjang gabah memiliki korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata dengan sifat rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, rasio

panjang:lebar beras, dan bobot 100 biji. Korelasi fenotipik dan korelasi genotipik sifat panjang gabah dengan sifat lebar gabah, lebar beras, dan bobot gabah per rumpun adalah negatif nyata. Korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata dilaporkan untuk panjang gabah dengan panjang beras (Sabesan *dkk.* 2009; Prem Kumar *dkk.* 2010), panjang gabah dengan rasio panjang:lebar gabah (Ketan & Sarkar 2014; Rafii *dkk.* 2014) dan panjang gabah dengan bobot 100 biji (Chakravorty & Ghosh 2013). Abdala *dkk.* (2016) melaporkan panjang gabah berkorelasi fenotipik positif nyata dengan panjang beras dan rasio panjang lebar beras.

Sifat panjang gabah memiliki korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata dengan sifat rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, rasio panjang:lebar beras, dan bobot 100 biji. Korelasi fenotipik dan korelasi genotipik sifat panjang gabah dengan sifat lebar gabah, lebar beras, dan bobot gabah per rumpun adalah negatif nyata. Korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata dilaporkan untuk panjang gabah dengan panjang beras (Sabesan *dkk.* 2009; Prem Kumar *dkk.* 2010), panjang gabah dengan rasio panjang:lebar gabah (Ketan & Sarkar 2014; Rafii *dkk.* 2014) dan panjang gabah dengan bobot 100 biji (Chakravorty & Ghosh 2013). Abdala *dkk.* (2016) melaporkan panjang gabah berkorelasi fenotipik positif nyata dengan panjang beras dan rasio panjang lebar beras.

Sifat lebar gabah memiliki korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata dengan sifat lebar beras dan bobot gabah per rumpun. Korelasi fenotipik dan korelasi genotipik sifat lebar gabah dengan sifat rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, dan rasio panjang:lebar beras bernilai negatif nyata. Antara sifat lebar gabah dan bobot 100 biji tidak menunjukkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik. Rafii *dkk.* (2014) melaporkan lebar gabah berkorelasi fenotipik positif nyata dengan bobot gabah per rumpun dan berkorelasi fenotipik negatif dengan rasio panjang:lebar gabah. Korelasi negatif nyata sifat lebar gabah dengan rasio panjang:lebar beras diperoleh pada penelitian Abdala *dkk.* (2016).

Nilai korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata diperoleh pada hubungan sifat rasio panjang:lebar gabah dengan sifat panjang beras, rasio

panjang:lebar gabah dan bobot 100 biji. Hubungan sifat rasio panjang:lebar gabah dengan lebar beras dan bobot gabah per rumpun menunjukkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik negatif nyata. Korelasi fenotipik negatif nyata rasio sifat panjang:lebar beras dan bobot gabah per rumpun dilaporkan oleh Rafii *dkk.* (2014).

Sifat panjang beras menunjukkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata dengan sifat rasio panjang:lebar beras dan bobot 100 biji. Nilai negatif nyata ditunjukkan oleh korelasi fenotipik dan genotipik sifat panjang beras dengan sifat lebar beras dan bobot gabah per rumpun. Korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata antara sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya (Lakshmi *dkk.* 2014; Devi *dkk.* 2017). Korelasi fenotipik positif nyata antara sifat panjang beras dan bobot 100 biji dilaporkan oleh Saif-ur-Rasheed *dkk.* (2002). Penelitian Nirmaladevi *dkk.* (2015) dan Kiani & Agahi (2016) melaporkan sifat panjang beras berkorelasi fenotipik positif nyata dengan sifat rasio panjang: lebar dan berkorelasi negatif dengan lebar beras.

Sifat lebar beras menunjukkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata terhadap sifat bobot gabah per rumpun dan memperlihatkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik negatif nyata dengan sifat rasio panjang:lebar beras. Koefisien korelasi negatif nyata ditunjukkan oleh sifat lebar beras dan bobot 100 biji untuk korelasi genotipik saja. Korelasi fenotipik negatif nyata antara sifat lebar beras dan rasio panjang:lebar beras dilaporkan pada penelitian lainnya (Saif-ur-Rasheed *dkk.* 2002; Nirmaladevi *dkk.* 2015; Kiani & Agahi 2016; Archana *dkk.* 2018). Lakshmi *dkk.* (2014) dan Devi *dkk.* (2017) melaporkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik negatif nyata antara sifat lebar beras dan rasio panjang:lebar beras.

Sifat rasio panjang:lebar beras memiliki korelasi fenotipik dan korelasi genotipik positif nyata terhadap sifat bobot 100 biji dan negatif terhadap bobot gabah per rumpun. Korelasi fenotipik dan genotipik negatif nyata antara sifat rasio panjang:lebar beras dan bobot 100 biji dilaporkan oleh Singh *dkk.* (2013). Sifat bobot 100 biji menunjukkan korelasi fenotipik dan korelasi genotipik negatif nyata dengan sifat bobot gabah per rumpun.

Nilai koefisien korelasi berkisar antara +1 dan -1. Nilai koefisien +1 menunjukkan hubungan searah yang sempurna dan sebaliknya nilai koefisien -1 menunjukkan hubungan berlawanan arah yang sempurna (Ratner 2009). Pada penelitian ini sifat jumlah gabah total, jumlah gabah isi, persentase gabah isi, lebar gabah, dan lebar beras sifat yang memiliki hubungan searah dengan bobot gabah per rumpun. Hubungan searah antara sifat-sifat menjamin peningkatan simultan dari kedua sifat tersebut sambil membatasi seleksi ke salah satu dari sifat-sifat yang terkait (Rajamadhan *dkk.* 2011; Muthuramu & Ragavan 2020). Seleksi sifat yang memiliki korelasi positif atau hubungan searah dapat dilakukan secara simultan karena menjamin peningkatan dari kedua sifat tersebut (Archana *dkk.* 2018). Artinya seleksi sifat jumlah gabah total, jumlah gabah isi, persentase gabah isi, lebar gabah, lebar beras dapat memperbaiki bobot gabah per rumpun sehingga dapat dilakukan secara simultan.

Sifat panjang malai, panjang gabah, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, rasio panjang:lebar beras dan bobot 100 biji memiliki nilai korelasi fenotipik dan korelasi genotipik negatif terhadap bobot gabah per rumpun. Nilai koefisien negatif menunjukkan hubungan berlawanan arah antar dua sifat. Hubungan berlawanan arah antara dua sifat memerlukan bobot yang sama untuk diberikan pada kedua sifat selama seleksi (Rajamadhan *dkk.* 2011; Muthuramu & Ragavan 2020). Oleh karena itu seleksi terhadap sifat panjang malai, panjang gabah, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, rasio panjang:lebar beras, bobot 100 biji dan bobot gabah per rumpun dilakukan dengan seleksi pembobotan.

Hasil penelitian ini menunjukkan kesearahan antara korelasi fenotipik dan korelasi genotipik. Korelasi fenotipik yang searah dengan korelasi genotipik mengindikasikan bahwa seleksi berdasarkan nilai fenotipe untuk memilih galur baru juga terwariskan pada generasi berikutnya karena nilai genotipe yang terpilih (Timisela *dkk.* 2020). Koefisien korelasi genotipik yang searah dengan koefisien korelasi fenotipik menggambarkan pengaruh perbedaan genotipe yang terekspresi pada tampilan fenotipe sehingga korelasi fenotipik dapat digunakan sebagai landasan seleksi jika pengaruh lingkungan tidak nyata (Priyanto *dkk.* 2018).

2.5.3 Analisis jalur komponen hasil dan hasil pada padi

Korelasi fenotipik dan korelasi genotipik dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua sifat. Koefisien korelasi tidak dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan antara dua variabel yang tidak berada dalam hubungan sebab-akibat dan penggunaannya dibatasi hanya sebagai ukuran kekuatan dan arah suatu hubungan antar sifat (Kozak *dkk.* 2012). Kondisi ini menyebabkan koefisien korelasi tidak dapat memberikan kejelasan informasi tentang keterkaitan antara variabel penduga dan variabel hasil, sehingga nilai duga koefisien korelasi dipartisi menjadi efek langsung dan tidak langsung untuk menetapkan tingkat pengaruh variabel bebas terhadap variabel tidak bebas (Chakravorty & Ghosh 2013).

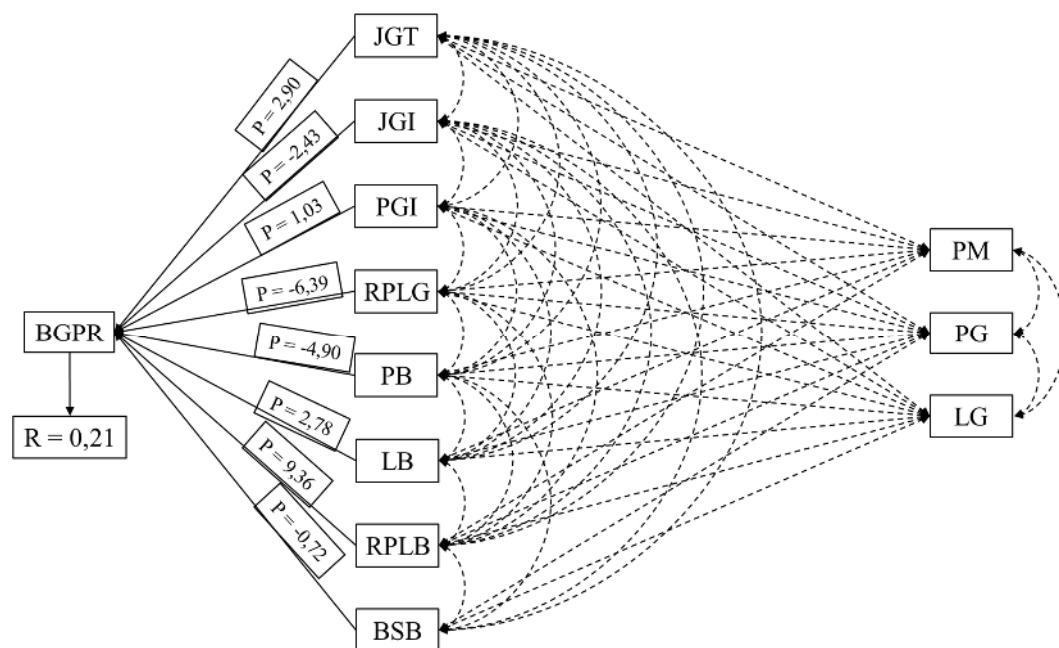
Pada penelitian ini sifat bobot gabah per rumpun pada dijadikan sebagai hasil tanaman padi dan menjadi peubah tidak bebas. Hasil analisis jalur fenotipik komponen hasil terhadap hasil disajikan pada Tabel 2.7 dan Gambar 2.2. Pada tingkat fenotipik sifat yang berpengaruh langsung dan bernilai positif terhadap sifat hasil adalah sifat jumlah gabah total per malai, persentase gabah isi per malai, lebar beras dan rasio panjang:lebar beras. Sifat jumlah gabah isi per malai, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras dan bobot 100 biji berpengaruh langsung dan bernilai negatif terhadap hasil. Sifat lainnya yaitu panjang malai, panjang gabah dan lebar gabah menunjukkan nilai analisis jalur fenotipik yang tidak bermakna terhadap hasil. Artinya sifat panjang malai, panjang gabah dan lebar gabah mempengaruhi hasil melalui sifat lainnya yang berpengaruh langsung terhadap hasil.

Hasil penelitian yang lain melaporkan hal yang sama pada analisis jalur genotipik untuk sifat yang berpengaruh langsung dan positif terhadap hasil. Sifat jumlah gabah total per malai berpengaruh langsung dan positif terhadap hasil dilaporkan oleh Ratna *dkk.* (2015) pada enam genotipe padi Basmati, Rathod *dkk.* (2017) pada lima puluh enam genotipe padi dengan kandungan besi dan zink tinggi, dan Saleh *dkk.* (2020) pada dua puluh dua genotipe padi Mesir. Penelitian Madhukar *dkk.* (2017) menggunakan tiga puluh dua galur hibrida, Kishore *dkk.* (2018) menggunakan dua puluh genotipe padi dan Bhutta *dkk.* (2019) pada dua

Tabel 2.7 Analisis jalur fenotipik komponen hasil dan hasil pada padi

Peubah bebas	Pengaruh langsung	Pengaruh tidak langsung melalui												Pengaruh total
		PM	JGT	JGI	PGI	PG	LG	RPLG	PB	LB	RPLB	BSB		
PM	-0,42	^{tn}		-1,15	1,14	-0,70	2,48	0,97	-4,76	-2,90	-2,16	7,17	-0,15	-0,47
JGT	2,90	*	0,17		-2,35	0,53	-2,68	-0,57	4,59	3,14	1,44	-6,85	0,60	0,92
JGI	-2,43	*	0,20	2,81		0,71	-2,77	-0,65	4,84	3,25	1,60	-7,19	0,58	0,94
PGI	1,03	*	0,29	1,49	-1,69		-2,12	-0,71	4,02	2,50	1,64	-6,05	0,25	0,63
PG	3,41	^{tn}	-0,30	-2,28	1,98	-0,64		1,15	-6,30	-4,05	-2,49	9,25	-0,46	-0,75
LG	-1,42	^{tn}	0,29	1,16	-1,11	0,51	-2,75		5,66	3,29	2,38	-7,75	0,15	0,41
RPLG	-6,39	*	-0,31	-2,09	1,84	-0,64	3,36	1,26		-4,01	-2,57	9,24	-0,39	-0,69
PB	-4,09	*	-0,30	-2,23	1,93	-0,63	3,37	1,14	-6,26		-2,47	9,26	-0,45	-0,72
LB	2,78	*	0,33	1,50	-1,40	0,60	-3,06	-1,22	5,90	3,64		-8,77	0,22	0,52
RPLB	9,36	*	-0,32	-2,12	1,87	-0,66	3,37	1,18	-6,31	-4,05	-2,60		-0,40	-0,70
BSB	-0,72	*	-0,09	-2,43	1,97	-0,36	2,18	0,30	-3,45	-2,59	-0,84	5,23		-0,80

Keterangan: Angka yang diikuti dengan tanda * berarti berbeda nyata dan ^{tn} = tidak berbeda nyata pada taraf kesalahan α 5%. PM = panjang malai JGT = jumlah gabah total, JGI = jumlah gabah isi, PGI = persentase gabah isi, PG = panjang gabah, LG = lebar gabah, RPLG = rasio panjang:lebar gabah, PB = panjang beras, LB = lebar beras, RPLB = rasio panjang:lebar beras, BS = bobot 100 biji dan BGPR = bobot gabah malai.



Keterangan:

PM	=	panjang malai	RPLG	=	rasio panjang:lebar gabah
JGT	=	jumlah gabah total	PB	=	panjang beras
JGI	=	jumlah gabah isi	LB	=	lebar beras
PGI	=	persentase gabah isi	RPLB	=	rasio panjang:lebar beras
PG	=	panjang gabah	BSB	=	bobot 100 biji
LG	=	lebar gabah	BGPR	=	bobot gabah per rumpun
—	=	pengaruh langsung	----	=	korelasi

Gambar 2.2 Diagram analisis jalur fenotipik komponen hasil dan hasil pada padi.

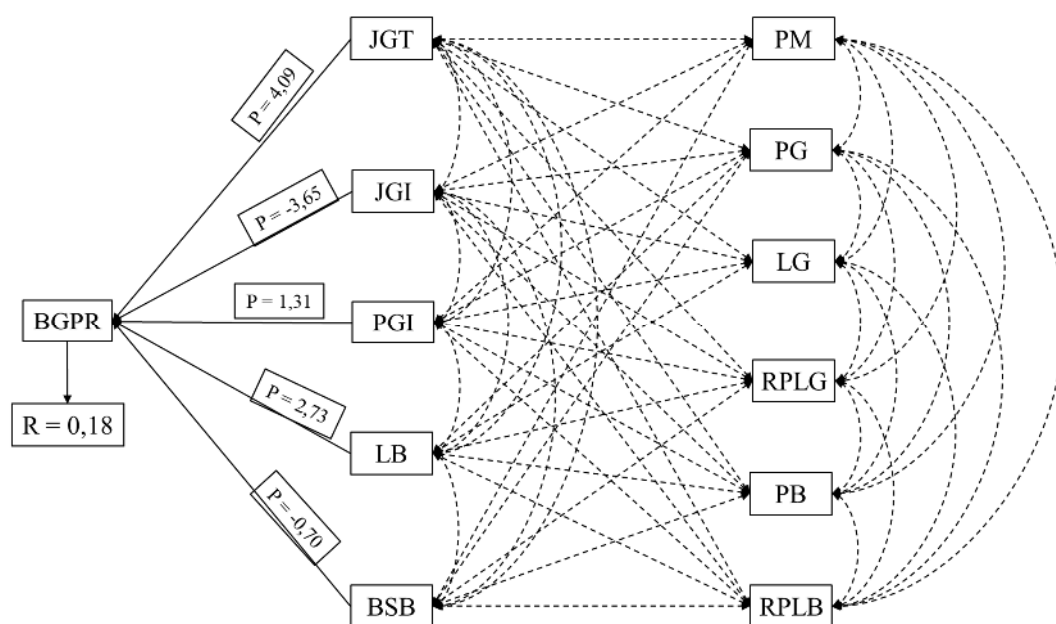
puluh dua genotipe padi Basmati menunjukkan sifat persentase gabah isi per malai memiliki pengaruh langsung dan positif terhadap hasil dan sifat bobot 100 biji berpengaruh langsung dan negatif terhadap hasil. Sifat lebar beras berpengaruh langsung dan positif terhadap hasil pada sepuluh genotipe padi dilaporkan oleh Singh *dkk.* (2013).

Hasil analisis jalur genotipik disajikan pada Tabel 2.8 dan Gambar 2.3. Hasil penelitian menunjukkan jumlah gabah total, persentase gabah isi dan lebar beras adalah sifat yang berpengaruh langsung dan positif terhadap hasil. Sifat jumlah gabah isi dan bobot 100 biji memiliki pengaruh langsung terhadap hasil dengan koefisien analisis jalur genotipik negatif. Sifat lain seperti panjang malai, panjang gabah, lebar gabah, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, lebar beras

Tabel 2.8 Analisis jalur genotipik komponen hasil dan hasil pada padi

Peubah bebas	Pengaruh langsung	Pengaruh tidak langsung melalui											Pengaruh total
		PM	JGT	JGI	PGI	PG	LG	RPLG	PB	LB	RPLB	BSB	
PM	-0,06	^{tn}	-2,63	2,84	-1,49	-0,01	0,11	-0,94	-2,72	-2,47	6,88	-0,23	-0,74
JGT	4,09	*	0,04		-3,64	0,81	0,01	-0,07	0,81	2,65	1,64	-6,01	0,66
JGI	-3,65	*	0,05	4,07		0,91	0,01	-0,08	0,89	2,85	1,94	-6,61	0,61
PGI	1,31	*	0,07	2,51	-2,53		0,01	-0,10	0,88	2,56	2,39	-6,58	0,18
PG	-0,01	^{tn}	-0,05	-3,38	3,24	-1,05		0,12	-1,06	-3,24	-2,59	7,68	-0,50
LG	-0,12	^{tn}	0,06	2,21	-2,38	1,12	0,01		1,04	3,08	2,83	-7,57	0,28
RPLG	-1,07	^{tn}	-0,06	-3,12	3,07	-1,09	-0,01	0,12		-3,23	-2,66	7,72	-0,45
PB	-3,23	^{tn}	-0,05	-3,36	3,22	-1,04	-0,01	0,12	-1,06		-2,58	7,68	-0,51
LB	2,73	*	0,06	2,45	-2,59	1,15	0,01	-0,13	1,04	3,06		-7,43	0,31
RPLB	7,71	^{tn}	-0,06	-3,19	3,13	-1,12	-0,01	0,12	-1,07	-3,22	-2,64		-0,46
BSB	-0,70	*	-0,02	-3,87	3,19	-0,33	-0,01	0,05	-0,68	-2,34	-1,20	5,05	

Keterangan: Angka yang diikuti dengan tanda * berarti berbeda nyata dan ^{tn} = tidak berbeda nyata pada taraf kesalahan α 5%. PM = panjang malai JGT = jumlah gabah total, JGI = jumlah gabah isi, PGI = persentase gabah isi, PG = panjang gabah, LG = lebar gabah, RPLG = rasio panjang:lebar gabah, PB = panjang beras, LB = lebar beras, RPLB = rasio panjang:lebar beras, BS = bobot 100 biji dan BGPR = bobot gabah malai.



Keterangan:

PM = panjang malai
 JGT = jumlah gabah total
 JGI = jumlah gabah isi
 PGI = persentase gabah isi
 PG = panjang gabah
 LG = lebar gabah
 — = pengaruh langsung

RPLG = rasio panjang:lebar gabah
 PB = panjang beras
 LB = lebar beras
 RPLB = rasio panjang:lebar beras
 BSB = bobot 100 biji
 BGPR = bobot gabah per rumpun
 - - - - = korelasi

Gambar 2.3 Diagram analisis jalur genotipik komponen hasil dan hasil pada padi.

dan rasio panjang:lebar beras menunjukkan nilai koefisien analisis jalur genotipik terhadap hasil yang tidak bermakna.

Analisis jalur genotipik terhadap hasil telah dilaporkan pada penelitian terdahulu. Penelitian Chakravorty & Ghosh (2013) pada lima puluh satu genotipe padi lokal menyatakan sifat jumlah gabah total berpengaruh langsung positif terhadap hasil pada tingkat genotipik. Rathod *dkk.* (2017) meneliti analisis jalur pada lima puluh enam genotipe padi dengan kandungan besi dan zink tinggi menyatakan sifat jumlah gabah total berpengaruh langsung terhadap hasil. Singh *dkk.* (2013) melaporkan persentase gabah isi berpengaruh langsung positif terhadap hasil. Penelitian Archana *dkk.* (2018) menggunakan tiga puluh delapan genotipe padi menunjukkan hasil lebar beras berpengaruh langsung dan nyata terhadap hasil pada tingkat genotipik. Penelitian lain menyebutkan pada tingkat genotipik bahwa

tidak terdapat pengaruh langsung sifat panjang malai (Prakash *dkk.* 2018), panjang gabah, lebar gabah (Chakravorty & Ghosh 2013), panjang beras (Kumari & Parmar 2020) dan rasio panjang:lebar beras (Singh *dkk.* 2018) terhadap hasil.

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan antara analisis jalur fenotipik dan analisis jalur genotipik untuk pengaruh langsung terhadap hasil. Pada analisis jalur fenotipik terdapat delapan sifat yang berpengaruh langsung terhadap hasil. Sifat tersebut adalah jumlah gabah total, jumlah gabah isi, persentase gabah isi, rasio panjang:lebar gabah, panjang beras, lebar beras, rasio panjang:lebar beras dan bobot 100 biji. Dari delapan sifat tersebut hanya empat sifat yang berpengaruh langsung terhadap hasil pada analisis jalur genotipik. Sifat tersebut adalah jumlah gabah total, jumlah gabah isi, persentase gabah isi, lebar beras dan bobot 100 biji.

Fenotipe tanaman merupakan hasil dari genetik, lingkungan dan interaksi lingkungan. Analisis jalur genotipik mencerminkan hubungan langsung dan tidak langsung antar sifat yang diuji pada tingkat genetik. Analisis jalur fenotipik mencerminkan hubungan langsung dan tidak langsung antar sifat yang diuji pada tingkat fenotipe. Mengingat fenotipe adalah fungsi dari genetik, lingkungan dan interaksi genetik lingkungan maka analisis jalur fenotipik masih dipengaruhi oleh faktor genetik, faktor lingkungan, dan interaksi antara faktor genetik dengan faktor lingkungan. Perbedaan pengaruh langsung secara genotipik dan fenotipik terhadap hasil biji disebabkan oleh pengaruh faktor lingkungan terhadap sifat tersebut (Priyanto *dkk.* 2018).

Sifat jumlah gabah total, jumlah gabah isi, persentase gabah isi, lebar beras dan bobot 100 biji menunjukkan arah dan signifikansi yang sama terhadap hasil pada analisis jalur genotipik dan analisis jalur fenotipiknya. Lebih lanjut bahwa koefisien analisis jalur genotipik empat sifat tersebut lebih besar dari koefisien jalur fenotipiknya. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh faktor lingkungan yang tersamarkan (Kishore *dkk.* 2015).

Jumlah gabah total, jumlah gabah isi, persentase gabah isi, lebar beras dan bobot 100 biji adalah sifat yang memiliki korelasi nyata dan pengaruh langsung terhadap hasil yang tinggi pada tingkat fenotipik dan genotipik. Jumlah gabah total, persentase gabah isi dan lebar beras menunjukkan korelasi positif nyata dan

pengaruh langsung positif terhadap hasil pada tingkat fenotipik dan genotipik. Seleksi sifat-sifat dengan korelasi positif nyata dan pengaruh langsung positif yang tinggi terhadap hasil padi dapat membantu meningkatkan hasil (Devi *dkk.* 2017; Prakash *dkk.* 2018; Muthuramu & Ragavan 2020). Oleh karena itu jumlah gabah total dan persentase gabah isi merupakan sifat penting dalam perbaikan daya hasil padi dan dapat dijadikan sifat antara untuk seleksi.

2.6 Simpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah:

1. Sifat komponen hasil dan hasil menunjukkan keragaman genetik yang luas, heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik yang tinggi.
2. Sifat komponen hasil dan hasil memiliki arah hubungan dan tingkat signifikansi yang sama pada tingkat fenotipik dan genotipik.
3. Sifat ukuran beras dan bentuk beras menunjukkan hubungan tidak searah terhadap hasil, tetapi berpengaruh tidak langsung terhadap hasil.
4. Hubungan erat dan pengaruh langsung yang tinggi terhadap hasil ditunjukkan oleh sifat jumlah gabah total per malai, jumlah gabah isi per malai, persentase gabah isi per malai, lebar beras dan bobot 100 biji.
5. Seleksi untuk mendapatkan genotipe padi berdaya hasil tinggi dapat dilakukan secara tidak langsung melalui seleksi sifat jumlah gabah total per malai dan persentase gabah isi per malai karena kedua sifat ini memiliki hubungan erat dan pengaruh langsung positif terhadap hasil serta memiliki nilai heritabilitas dan kemajuan genetik tinggi.

BAB III. PENDUGAAN PARAMETER GENETIK SIFAT UKURAN BERAS DAN BENTUK BERAS MENGGUNAKAN ANALISIS SILANG DIALEL

3.1 Intisari

Ukuran beras dan bentuk beras merupakan kualitas fisik penting yang menentukan penerimaan masyarakat terhadap suatu varietas dan menentukan harga. Perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras memerlukan informasi parameter genetik sifat tersebut. Analisis silang dialel adalah salah satu metode yang digunakan untuk pendugaan parameter genetik suatu sifat. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pendugaan parameter genetik ukuran dan bentuk beras menggunakan analisis silang dialel. Bahan tanaman yang digunakan adalah populasi silang dialel penuh dari 6 genotipe padi, yaitu Basmati Pakistan, Basmati Delta 9, Inpago Unsoed 1, Inpari 31, Koshihikari dan Tarabas. Tiga puluh enam genotipe yang terdiri dari tetua, F_1 dan F_1 resiprok ditanam menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 3 ulangan. Variabel yang diamati adalah panjang beras dan rasio panjang:lebar beras. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode Hayman. Hasil penelitian menunjukkan 1) sifat ukuran beras dan bentuk beras tidak dipengaruhi oleh sitoplasma tetua betina sehingga populasi F_2 dan F_2 resiprok dapat digabung pada tahap seleksi dan analisis berikutnya; 2) tidak ada interaksi antara gen-gen tidak satu alel dalam pengendalian sifat ukuran beras dan bentuk beras, 3) pengaruh aksi gen aditif lebih besar dari aksi gen dominan pada sifat ukuran beras dan bentuk beras maka seleksi terhadap sifat tersebut dapat dilakukan menggunakan seleksi sederhana pada awal generasi, 4) sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh gen-gen dominansi parsial, 5) gen-gen yang menentukan pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras tidak menyebar merata di dalam populasi tetua; 6) gen-gen dominan yang menentukan sifat ukuran beras dan bentuk beras pada populasi tetua lebih banyak dari gen-gen resesifnya; 7) jumlah kelompok gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras minimal satu kelompok gen; dan 8) nilai duga heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) heritabilitas arti sempit (h^2_{ns}) sifat ukuran beras dan bentuk beras adalah tinggi sehingga dimungkinkan seleksi sifat ukuran beras dan bentuk beras pada generasi awal.

Kata kunci: analisis silang dialel, bentuk beras, ukuran beras

3.2 Abstract

Rice size and shape are important physical qualities that determine public acceptance of a variety and determine the price. Improvement of rice size and shape requires information on the genetic parameters of these traits. Diallel analysis is

one of the methods used to estimate the genetic parameters of a trait. This study aims to estimate the genetic parameters of rice size and shape using full diallel analysis. The plant material used was a full diallel cross population of 6 rice genotypes, namely Basmati Pakistan, Basmati Delta 9, Inpago Unsoed 1, Inpari 31, Koshihikari and Tarabas. Thirty-six genotypes consisting of parents, F_1 and F_1 reciprocal were planted using a randomized block design with 3 replications. The data of rice grain length and length:width ratio was used to estimate the maternal cytoplasmic effect and for diallel analysis using the Hayman and Griffing method. The results showed that 1) rice grain size and grain shape were not affected by female parent cytoplasm, so that the F_2 and $F_{2reciprocal}$ populations could be combined at the next stage of selection and analysis, 2) there was no interaction between non-allele genes in controlling rice grain size and grain shape traits, 3) the effect of additive gene action is greater than dominant gene action on rice grain size and grain shape traits, so the selection of these traits can be done using simple selection at the beginning of the generation, 4) rice grain size and grain shape traits are controlled by partial dominance genes, 5) genes that determine the inheritance of rice grain size and grain shape traits are not evenly distributed in the parent population, 6) the dominant genes that determine the rice grain size and grain shape in the parental population are more than the recessive genes, 7) the gene number controlling the rice grain size and grain shape is at least one gene group; and 8) the estimated value of broad sense heritability and narrow sense heritability of rice grain size and grain shape traits is high so that it is possible to select rice grain size and grain shape traits in the early generations.

Keywords: diallel analysis, rice length, rice shape

3.3 Pendahuluan

Padi merupakan tanaman penghasil beras, bahan pangan utama sumber karbohidrat di Indonesia. Pengembangan padi di Indonesia ditujukan untuk peningkatan daya hasil dan kualitas beras. Peningkatan hasil padi digunakan untuk penyediaan beras dalam jumlah cukup karena sembilan puluh lima persen penduduk Indonesia mengonsumsi beras sebagai bahan makanan pokoknya (Sembiring 2010). Hal tersebut menyebabkan beras memiliki nilai strategis dari aspek ekonomi, lingkungan hidup, sosial dan politik (Hermanto 2017).

Kualitas beras menentukan penerimaan konsumen terhadap suatu varietas dan menjadi tujuan kedua pemuliaan tanaman padi setelah daya hasil tinggi (Jewel dkk. 2011). Kualitas beras menentukan tingkat harga beras di pasar dan memegang peranan penting dalam adopsi suatu varietas baru (Juliano 2008). Varietas berdaya

hasil tinggi dengan kualitas beras yang baik mudah diadopsi petani (Nugraha & Suwarno 2007).

Kualitas beras ditentukan kualitas giling, kualitas fisik, kualitas tanak dan kandungan nutrisi. Kualitas fisik beras merupakan sifat yang secara langsung mempengaruhi penerimaan konsumen. Beras dikonsumsi dalam bentuk butiran utuh, sehingga sifat fisik beras berperan penting dalam hal kualitas (Wibowo *dkk.* 2009). Kualitas fisik beras terdiri atas ukuran beras, bentuk beras, kebeningan beras dan derajat putih/pengapuran beras (Cruz & Khush 2000; Indrasari *dkk.* 2007). Konsumen menentukan kualitas beras pertama kali dari penampilan, ukuran beras dan bentuk beras, setelah itu, konsumen menentukan kualitas dari kualitas tanak, rasa beras (Li *dkk.* 2004; Yuan *dkk.* 2010), sehingga ukuran beras dan bentuk beras menentukan tingkat penerimaan serta harga beras (Aslam & Arif 2014).

Ukuran beras diindikasikan oleh panjang beras dan bentuk beras ditentukan oleh rasio panjang:lebar beras (Takeda 1991). Panjang beras dikategorikan menjadi beras sangat panjang, beras panjang, beras sedang dan beras pendek dan bentuk beras dikelompokkan menjadi ramping, sedang, agak bulat dan bulat (IRRI 2002).

Masyarakat Indonesia selama ini mengonsumsi beras panjang dari jenis Indica (Saifullah 2014), namun demikian permintaan beras yang berbentuk sangat panjang dan ramping seperti Basmati dan yang berbentuk pendek bulat seperti beras Japonica meningkat (Suhartini & Wardana 2015). Ke dua jenis beras ini belum dapat diproduksi masal di Indonesia (Purwani & Wardana 2018), sehingga dikategorikan sebagai beras khusus dan diimpor dari luar negeri. Produksi dalam negeri beras dengan ukuran dan bentuk khusus ini memerlukan varietas unggul yang adaptif di Indonesia.

Varietas unggul dapat dirakit melalui program pemuliaan tanaman. Efektivitas program pemuliaan tanaman meningkat seiring dengan penelitian ilmiah yang memperluas pengetahuan tentang dasar genetika dari penampilan tanaman (Fehr 1991). Pengetahuan genetika sifat bentuk beras dan bentuk beras dapat dipelajari melalui pendugaan parameter genetik sifat tersebut.

Parameter adalah suatu kuantitas numerik yang menandai suatu populasi dalam kaitannya dengan beberapa karakteristik (Malau 2005). Parameter genetik adalah besaran yang menggambarkan kondisi genetik suatu populasi (Allard 1960; Roy 2000). Besaran kuantitatif ini mencirikan kondisi genetik suatu populasi. Contoh parameter genetik antara lain ragam genotipik, ragam fenotipik, heritabilitas, keragaman genetik dan kemajuan genetik (Sulistyo & Mejaya 2018).

Pendugaan parameter genetik suatu sifat dapat diduga salah satunya menggunakan metode analisis silang silang dialel, Silang dialel adalah seluruh kombinasi persilangan yang mungkin dilakukan dalam satu kelompok individu untuk menghasilkan keturunan F_1 (Chahal & Gosal 2003). Analisis silang dialel secara eksperimental merupakan pendekatan sistematis dan secara analitis merupakan sebuah evaluasi genetik menyeluruh dari suatu persilangan (Johnson 1963). Analisis silang dialel adalah metode tercepat untuk memahami sifat genetik sifat yang diwariskan secara kuantitatif dan untuk memastikan kelebihan tetua (Nair & Ghorade 2016).

Analisis silang dialel dapat dilakukan menggunakan dua metode pendekatan, yaitu metode Hayman dan Griffing. Teknik silang dialel yang dikembangkan oleh Hayman (1954) dan Jinks (1954) memberikan informasi tentang mekanisme pewarisan pada generasi awal dan membantu pemulia dalam melakukan seleksi yang efektif. Keluaran yang diperoleh dari pendugaan keragaman genetik menggunakan Metode Hayman adalah: (1) D yaitu keragaman karena pengaruh aditif, (2) F yaitu nilai tengah F_r genotipe (rata-rata F_r untuk semua *array*); peragam pengaruh aditif dan non aditif pada *array* ke-r, (3) H_1 yaitu keragaman karena pengaruh dominansi, (4) H_2 yaitu perhitungan untuk menduga proporsi gen negatif dan positif pada tetua, (5) h^2 yaitu pengaruh dominan (sebagai jumlah aljabar dari semua persilangan saat heterozigous), (6) E yaitu keragaman karena pengaruh lingkungan, (7) Rata-rata tingkat dominansi, (8) Proporsi gen-gen dengan pengaruh positif dan negatif di dalam tetua, (9) Proporsi gen-gen dominan dan resesif di dalam tetua, (10) Jumlah kelompok gen yang mengendalikan sifat dan menimbulkan dominansi, (11) Heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit (Singh & Chaudhary 1979). Analisis silang dialel metode Griffing dapat digunakan

untuk 1) menduga nilai daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK), 2) menduga pengaruh resiprokal genotipe yang diuji dan 3) menduga pengaruh aksi gen aditif dan dominan terhadap sifat yang dituju (Griffing 1956a; Griffing 1956b).

Analisis silang dialel telah banyak digunakan untuk mempelajari pengendali genetik dari berbagai sifat pada tanaman. Gunasekaran *dkk.* (2020) menggunakan analisis silang dialel untuk mempelajari pengendali genetik sifat ketahanan terhadap cekaman biotik pada tanaman padi. Agustina *dkk.* (2005) melakukan pendugaan parameter genetika sifat agronomik padi gogo pada tanah ultisol melalui analisis silang dialel. Analisis silang dialel juga digunakan untuk pendugaan parameter genetik komponen hasil dan hasil pada padi (Chamundeswari *dkk.* 2016; Priyanka & Jaiswal 2017).

Penggunaan analisis silang dialel untuk sifat ukuran beras dan bentuk beras juga telah dilakukan. Penelitian Kato (1989) menggunakan analisis silang setengah dialel menggunakan lima kultivar padi sebagai tetua menunjukkan bahwa pengaruh gen aditif lebih penting dari gen non-aditif untuk panjang beras dan alel penyebab beras pendek diduga sebagai gen dominan parsial. Fu *dkk.* (1994) melaporkan panjang beras dikendalikan oleh aksi gen aditif. Pendugaan nilai parameter genetik lengkap pada sifat ukuran beras dan bentuk beras dilakukan oleh Kumar *dkk.* (2007). menggunakan tetua VLDhan221, JD8, HPR1164, HPR2047, VL93-3613, VL93-6052, IR57893-08, China988 dan VL91-1754.

Hasil penelitian Kumar *dkk.* (2008) menggunakan analisis dialel pada sembilan genotipe padi umur pendek dan umur sedang melaporkan aksi gen aditif dan aksi gen non aditif mempengaruhi sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras. Sifat panjang beras lebih kuat dipengaruhi oleh aksi gen non aditif dan sifat rasio panjang:lebar beras lebih banyak dipengaruhi oleh aksi gen aditif. Penelitian Rafii *dkk.* (2014) menggunakan analisis silang dialel penuh dari enam genotipe tetua menyatakan aksi gen aditif dan non aditif berpengaruh terhadap sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras. Aksi gen aditif lebih kuat berpengaruh dari aksi gen non aditif ditunjukkan oleh sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras.

Analisis silang dialel di Indonesia telah dilaporkan digunakan untuk pendugaan parameter genetik panjang dan lebar biji padi (Daradjat & Rumanti 2002). Empat genotipe yaitu Cirata, Tainung sen 20, PR-40-1-2-1 dan Cea digunakan untuk analisis silang dialel. Hasil penelitian menunjukkan aksi gen dominan berperan dalam pengendalian sifat panjang biji dan nilai duga heritabilitas arti luas dan arti sempit untuk sifat panjang biji bernilai tinggi. Namun demikian, penelitian tersebut tidak mengamati sifat rasio panjang:lebar biji. Sifat rasio panjang:lebar biji mencerminkan bentuk beras.

Hasil pendugaan parameter genetik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar bera menggunakan metode Hayman yang telah dilakukan menunjukkan hasil yang beragam. Penelitian ini melakukan pendugaan parameter genetik menggunakan genotipe yang memiliki ukuran beras dan bentuk beras beragam. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan pendugaan parameter genetik ukuran beras dan bentuk beras menggunakan analisis silang dialel.

3.4 Materi dan Metode

3.4.1 Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman. Tempat penelitian berada pada koordinat 7°24'28.7"LS dan 109°15'13.3"LU pada ketinggian tempat 112 meter di atas permukaan laut. Pembentukan populasi dilaksanakan pada bulan Oktober 2018 sampai Februari 2019 dan evaluasi sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dilakukan pada bulan Juni 2019 sampai Desember 2019.

3.4.2 Materi penelitian

Materi penelitian yang digunakan adalah beras dari 6 genotipe padi sebagai tetua (P) keturunan F_1 dan $F_{1resiprok}$. Tetua yang digunakan disajikan pada Tabel 3.1. Alat utama yang digunakan adalah jangka sorong untuk mengukur panjang beras dan lebar beras.

3.4.3 Rancangan percobaan

Populasi dialel penuh dibentuk dengan cara menyilangkan 6 tetua dengan kombinasi persilangan yang mungkin dilakukan (Tabel 3.2). Jumlah persilangan yang dilakukan untuk populasi F_1 adalah $[n(n-1)/2] = [6(6-1)/2] = 15$ dan untuk populasi F_{1R} adalah $[n(n-1)/2] = [6(6-1)/2] = 15$. Jumlah total genotipe yang digunakan dalam penelitian ini adalah 36 yang terdiri dari 6 genotipe tetua, 15 genotipe F_1 dan 15 genotipe $F_{1resiprok}$.

Tabel 3.1 Genotipe padi yang digunakan sebagai materi penelitian

No.	Genotipe	Ukuran beras dan bentuk beras	Asal
1	Basmati Delta 9	Sangat panjang, ramping	India
2	Basmati Pakistan	Sangat panjang, ramping	Pakistan
3	Inpari 31	Panjang, sedang	Indonesia
4	Inpago Unsoed 1	Sedang, sedang	Indonesia
5	Koshihikari	Pendek, bulat	Jepang
6	Tarabas	Pendek, bulat	Indonesia

Tabel 3.2 Persilangan dialel penuh 6 tetua padi

♂ \ ♀	Basmati Delta 9	Basmati Pakistan	Inpari 31	Inpago Unsoed 1	Koshihikari	Tarabas
Basmati Delta 9	⊗	×	×	×	×	×
Basmati Pakistan	×	⊗	×	×	×	×
Inpari 31	×	×	⊗	×	×	×
Inpago Unsoed 1	×	×	×	⊗	×	×
Koshihikari	×	×	×	×	⊗	×
Tarabas	×	×	×	×	×	⊗

Keterangan: ⊗ = menyerbuk sendiri, x = persilangan.

Penelitian merupakan percobaan satu faktor yaitu genotipe. Tiga puluh enam genotipe sebagai perlakuan. Rancangan lingkungan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok dengan 3 ulangan. Pada setiap ulangan, digunakan 2 tanaman dalam 2 polibag untuk setiap genotipe. Sampel beras berasal dari masing-masing tanaman. Setiap tanaman diambil 2 malai dan setiap malai digunakan 10 gabah untuk dijadikan sampel beras.

Benih padi disemai dalam baki semai selama 2 minggu sebelum dipindah tanam ke polibag berukuran 35 cm x 40 cm yang berisi 8 kg tanah inseptisol. Setiap polibag berisi 1 tanaman. Takaran pupuk yang digunakan adalah 0,4 g/polibag urea dan 1 g/polibag phonska. Pupuk urea dan phonska ditambahkan 2 kali dengan takaran masing-masing 0,2 g dan 0,5 g per polibag pada 10 hari setelah tanam (hst) dan masing-masing 0,2 g dan 0,5 g per polibag pada 20 hst. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan jika diperlukan. Panen dilakukan saat 80% gabah dalam tanaman sudah matang.

3.4.4 Variabel penelitian

Variabel pengamatan dan pengukuran pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Panjang beras

Panjang beras diukur pada gabah setelah dikupas. Panjang beras diukur mulai dari dasar beras sampai ujung beras. Pengukuran panjang beras dilakukan setelah panen menggunakan *digital calipers*. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

2. Lebar beras

Lebar beras diukur pada gabah setelah dikupas. Lebar beras diukur pada jarak terlebar dari beras. Pengukuran lebar beras dilakukan setelah panen menggunakan *digital calipers*. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

3. Rasio panjang:lebar beras

Rasio panjang:lebar beras merupakan perbandingan antara panjang beras dan lebar beras. Rasio panjang:lebar beras mencerminkan bentuk beras. Penghitungan rasio panjang:lebar beras dilakukan setelah panen.

3.4.5 Analisis data

1. Pengaruh sitoplasma tetua betina

Pengaruh tetua betina terhadap ukuran beras dan bentuk beras ditentukan berdasar uji t pada taraf 5% terhadap rata-rata F1 dan F1 resiproknya. Rumus uji t yang digunakan sebagai berikut (Singh & Chaudhary 1979).

$$S_{D_{F_1}}^2 = \frac{\sum (X_{iF_1} - \bar{X}_{F_1})^2}{n_{F_1} - 1}$$

$$S_{D_{F_{1r}}}^2 = \frac{\sum (x_{iF_{1r}} - \bar{x}_{F_{1r}})^2}{n_{F_{1r}} - 1}$$

$$S_D = \sqrt{\frac{S_{D_{F_1}}^2}{n_{F_1}} + \frac{S_{D_{F_{1r}}}^2}{n_{F_{1r}}}}$$

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_{F_1} - \bar{x}_{F_{1r}}}{S_D}$$

2. Analisis ragam

Analisis ragam dilakukan terhadap populasi dialel penuh. Kuadrat tengah genotipe yang menunjukkan perbedaan nyata pada analisis ragam merupakan syarat analisis silang dialel metode Griffing dan Hayman dapat dilakukan (Singh & Chaudhary 1979). Analisis ragam populasi dialel dilakukan menggunakan model statistik sebagai berikut.

$$Y_{ijkl} = m + T_{ij} + b_k + (bT)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Keterangan:

Y_{ijkl} = nilai pengamatan pada genotipe i x j dalam k kelompok

m = nilai rata-rata umum

T_{ij} = pengaruh genotipe i x j

b_k = pengaruh blok ke k

$(bT)_{ijk}$ = pengaruh interaksi

e_{ijkl} = pengaruh galat

Komponen analisis ragam silang dialel penuh disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Komponen analisis ragam silang dialel penuh

Sumber Keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah
Kelompok	r-1	JK _k	KT _k
Genotipe	n-1	JK _g	KT _g
Galat	(r-1)(n-1)	JK _e	KT _e
Total	rn-1		

3. Pendugaan parameter genetik menggunakan metode Hayman

Pendugaan parameter genetik ukuran beras dan bentuk beras dilakukan menggunakan metode Hayman sebagai berikut (Singh & Chaudhary 1979; Syukur 2007).

1) Pendugaan ragam dan peragam

Data dialel penuh menggunakan 6 tetua (Tabel 3.2) dibentuk menjadi tabel setengah dialel. Setiap ulangan dan resiproknya dirata-rata guna membentuk tabel setengah dialel. Tabel setengah dialel disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Setengah dialel berdasarkan kelompok dan resiprok

$\begin{matrix} \text{♂} \\ \text{♀} \end{matrix}$	Basmati Delta 9	Basmati Pakistan	Inpari 31	Inpago Unsoed 1	Koshihikari	Tarabas
Basmati Delta 9	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}
Basmati Pakistan	-	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}
Inpari 31	-	-	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}
Inpago Unsoed 1	-	-	-	X_{44}	X_{45}	X_{46}
Koshihikari	-	-	-	-	X_{55}	X_{56}
Tarabas	-	-	-	-		X_{66}

$$\text{Rata - rata tetua (ML0)} = \frac{\sum_{i=j} X_{ij}}{n}$$

$$\text{Ragam tetua (VOL0)} = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=j} (X_{ij})^2 - \frac{(\sum_{i=j} X_{ij})^2}{n} \right]$$

$$\text{Ragam array (Vri)} = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{j=1}^n (X_{ij})^2 - \frac{(\sum_{j=1}^n X_{ij})^2}{n} \right]$$

$$\text{Rata - rata ragam array (V1L1)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{ri}$$

$$\text{Ragam rata - rata array (Vol1)} = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n (\bar{X}_i)^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n \bar{X}_i)^2}{n} \right]$$

Peragam antar tetua dan keturunannya (W_{ri}) =

$$\frac{1}{n-1} \left[\sum_{j=1; i=1}^n (X_{ij} \cdot X_{rj}) - \frac{(\sum_{j=1; i=1}^n X_{ij} \cdot X_{rj})^2}{n} \right]$$

$$\text{Rata - rata ragam tetua dan array } (W_{0L0}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_{ri}$$

Perbedaan rata-rata tetua dan rata-rata semua keturunan $(M_{L1} - M_{L0})^2 =$

$$\left[\frac{1}{n} \left\{ \frac{1}{n} (\sum_{i=1; j=1}^n X_{ij}) \right\} - (\sum_{i=j} X_{ij}) \right]^2$$

2) Uji hipotesis

Kesahihan hipotesis diuji dengan koefisien regresi, menggunakan ragam dan ragam.

$$b = \frac{Cov(Wr, Vr)}{Var(Vr)}$$

$$SE(b) = \left[\frac{Var(Wr) - b \cdot Cov(Wr, Vr)}{Var(Vr) \cdot (n-1)} \right]^{1/2}$$

Uji hipotesis:

$H_0 : b = 1$, tidak terdapat interaksi gen non alelik

$H_1 : b \neq 1$, terdapat interaksi gen non alelik

3) Grafik $W_r - V_r$

Garis parabola diperoleh dengan menghubungkan titik-titik dari persamaan:

$$W_{ri} = (V_{ri} \cdot V_{0L0})^{1/2}$$

Garis regresi diperoleh dengan menghubungkan titik-titik dari persamaan:

$$W_{rei} = W_r - bV_r + bV_{ri}$$

Intersep regresi diperoleh dari:

$$a = W_r - bV_r$$

Urutan titik tetua sepanjang garis regresi menggambarkan distribusi gen dominan dan resesif di antara tetua. Tetua yang mengandung gen dominan relatif tinggi akan semakin dekat letaknya ke pangkal persilangan sumbu x-y. Tetua yang mengandung gen dominan relatif rendah atau gen resesif relatif tinggi akan semakin jauh letaknya ke pangkal persilangan sumbu x-y.

4) Pendugaan komponen ragam

$$D = V_{0L0} - E$$

$$F = 2V_{0L0} - 4W_{0L0} - 2(n-2)E/n$$

$$H_1 = V_{0L0} - 4W_{0L1} + 4V_{1L1} - (3n-2)E/n$$

$$H_2 = 4V_{1L1} - 4V_{0L1} - 2E$$

$$h^2 = 4(M_{L1} - M_{L0})^2 - 4(n-1)E/n^2$$

$$S^2 = 1/2[Var(Wr - Vr)]$$

$$SE(D) = [(n^2 + n^4)/n^5](S^2)$$

$$SE(F) = [(4n^5 + 20n^2 - 16n^3 + 16n^2)/n^5](S^2)$$

$$SE(H_1) = [(n^5 + 4n^4 - 12n^3 + 4n^2)/n^5](S^2)$$

$$SE(H_2) = [(36n^4)/n^5](S^2)$$

$$SE(h^2) = [(16n^4 + 16n^2 - 32n + 16)/n^5](S^2)$$

$$SE E = [(n^4)/n^5](S^2)$$

Keterangan:

D = komponen ragam karena pengaruh aditif

F = nilai tengah Fr untuk semua array; Fr adalah peragam pengaruh aditif dan non aditif pada array ke-r

H₁ = komponen ragam karena pengaruh dominan

H₂ = perhitungan untuk menduga proporsi negatif dan positif pada tetua

H² = pengaruh dominansi (sebagai jumlah aljabar dari semua persilangan saat heterozigous)

E = komponen ragam karena pengaruh lingkungan

5) Pendugaan parameter lain

Rata-rata tingkat dominansi

$$= (H_1/D)^{1/2}$$

Proporsi gen-gen dengan pengaruh positif dan negatif dalam tetua

$$= H_2/4H_1$$

Proporsi gen-gen dominan dan resesif dalam tetua

$$= [(4DH_1)^{1/2} + F]/(4DH_1)^{1/2} - F$$

Jumlah kelompok gen yang mengendalikan sifat dan menimbulkan dominansi:

$$= h^2/H_2$$

Heritabilitas arti luas (h^2_{bs})

$$= (l/2D + l/2H_1 - l/4H_2 - l/2F) / (l/2D + l/2H_1 - l/4H_2 - l/2F + E)$$

Heritabilitas arti sempit (h^2_{ns})

$$= (l/2D + l/2H_1 - l/2H_2 - l/2F) / (l/2D + l/2H_1 - l/2H_2 - l/2F + E)$$

Korelasi antara ($W_r + V_r$) dan Y_r (r)

$$= \frac{Cov((W_r + V_r), Y_r)}{\sqrt{Var(W_r + V_r) \cdot Var(Y_r)}}$$

6) Pendugaan tetua paling dominan dan paling resesif

$$V_D = (V_{0L0})x_1^2$$

$$V_R = (V_{0L0})x_2^2$$

$$W_D = (V_{0L0})x_1$$

$$W_R = (V_{0L0})x_2$$

x_1 dan x_2 diperoleh dari akar persamaan $(V_{0L0})x^2 - (V_{0L0})x + (W_{0L0} - V_{1L1})$

Nilai tetua dominan penuh (Y_D) = $\bar{Y}_r + b[(W_D + V_D) - (W_{0L0} + V_{1L1})]$

Nilai tetua resesif penuh (Y_R) = $\bar{Y}_r + b[(W_R + V_R) - (W_{0L0} + V_{1L1})]$

3. Pendugaan daya gabung menggunakan metode Griffing

Pendugaan nilai daya gabung umum, daya gabung khusus, dan pengaruh resiprokal dilakukan menggunakan metode 1 Griffing sebagai berikut (Singh & Chaudhary 1979; Syukur 2007).

Model statistika analisis daya gabung yang digunakan sebagai berikut.

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + S_{ij} + r_{ij} + \frac{1}{bc} \sum \sum e_{ijkl}$$

Keterangan:

Y_{ij} = nilai tengah genotipe i x j

m = nilai tengah umum

g_i = daya gabung umum (DGU) tetua ke-i

g_j = daya gabung umum (DGU) tetua ke-j

S_{ij} = pengaruh daya gabung khusus (DGK)

r_{ij} = pengaruh resiprokal

$$\frac{1}{bc} \sum \sum e_{ijkl} = \text{nilai rata-rata pengaruh galat}$$

Komponen analisis ragam untuk daya gabung disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.5. Analisis sidik ragam daya gabung metode 1 Griffing.

Sumber Keragaman	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Sumber Keragaman
DGU	p-1	JK _g	KT _{DGU}	$\sigma_e^2 = \frac{2(n^2-n+1)}{n^2} \sigma_s^2 + 2n\sigma_g^2$
DGK	p(p-1)/2	JK _s	KT _{DGK}	$\sigma_e^2 = \frac{2(n^2-n+1)}{n^2} \sigma_s^2$
Resiprokal	p(p-1)/2	JK _r	KT _{Res}	$\sigma_e^2 + 2\sigma_r^2$
Galat	(p ² -1)(n-1)	JK _e	KT _e	σ_e^2

$$\text{Pengaruh daya gabung umum } (g_i) = \frac{1}{2n} \sum (Y_{i.} + Y_{.j}) - \frac{1}{n^2} Y^2..$$

Keterangan:

g_i = nilai daya gabung umum

n = jumlah tetua

$Y_{i.}$ = jumlah nilai rata-rata persilangan genotipe ke-i

$Y_{.j}$ = jumlah nilai rata-rata nilai *selfing* genotipe ke-j

$Y_{..}$ = total nilai rata-rata genotipe

$$\text{Pengaruh daya gabung khusus } (s_{ij}) = \frac{1}{2} (Y_{ij} + Y_{ji}) - \frac{1}{2n} (Y_{i.} + Y_{.i} + Y_{.j} + Y_{j.}) + \frac{1}{n^2} Y_{..}$$

Keterangan:

s_{ij} = nilai daya gabung khusus

n = jumlah galur

Y_{ij} = nilai rata-rata genotipe i x j

Y_{ji} = nilai rata-rata genotipe j x i

$Y_{i.}$ = jumlah nilai rata-rata persilangan genotipe ke-i

$Y_{.i}$ = jumlah nilai rata-rata nilai *selfing* genotipe ke-i

$Y_{.j}$ = jumlah nilai rata-rata persilangan genotipe ke-j

$Y_{j.}$ = jumlah nilai rata-rata nilai *selfing* genotipe ke-j

$Y_{..}$ = total rata-rata genotipe

$$\text{Pengaruh resiprokal } (r_{ij}) = \frac{1}{2} (Y_{ij} - Y_{ji})$$

Keterangan:

r_{ij} = nilai pengaruh resiprokal

Y_{ij} = nilai rata-rata genotipe i x j

Y_{ji} = nilai rata-rata genotipe j x i

3.5 Hasil dan Pembahasan

3.5.1 Pengaruh sitoplasma tetua betina

Pengaruh sitoplasma tetua betina pada pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras diuji dengan cara membandingkan rata-rata sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras keturunan F_1 dengan $F_{1resiprok}$ pada setiap persilangan yang dilakukan. Hasil uji t pada taraf kesalahan 5% disajikan di Tabel 3.6 dan Tabel 3.7.

Hasil penelitian ini menunjukkan uji t sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras populasi F_1 tidak berbeda nyata dengan populasi $F_{1resiprok}$ untuk semua kombinasi persilangan yang dilakukan. Hal ini menunjukkan pewarisan ukuran beras dan bentuk beras tidak dipengaruhi oleh sitoplasma tetua betina. Pengaruh sitoplasma yang tidak nyata mengindikasikan bahwa sifat tersebut dikendalikan oleh gen-gen yang terletak di dalam inti sel dan pewarisannya tidak dipengaruhi oleh gen-gen pada sitoplasma tetua betina (Millah *dkk.* 2012). Artinya, gen yang mengendalikan sifat ukuran dan bentuk beras berada dalam inti sel.

Pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras tidak dipengaruhi sitoplasma tetua betina telah dilaporkan pada penelitian lainnya. Zhang *dkk.* (2005) melaporkan analisis dialel pada genotipe padi hitam pewarisan sifat ukuran dan bentuk beras tidak dipengaruhi oleh sitoplasma tetua betina. Pewarisan sifat ukuran beras pada populasi F_2 persilangan padi hitam dan padi putih menunjukkan tidak dipengaruhi oleh sitoplasma tetua betina dilaporkan oleh Nurhidayah *dkk.* (2021). Lebih lanjut Chen *dkk.* (2019) melaporkan tidak ada pengaruh tetua betina pada pewarisan sifat ukuran beras pada padi mutan JF178. Shi *dkk.* (2000) melaporkan sifat bentuk beras pada persilangan empat belas tetua dikendalikan oleh gen yang berada dalam endosperm atau tidak dipengaruhi oleh tetua betina.

Tabel 3.6 Sifat panjang beras dan pengaruh sitoplasma tetua betina pada sifat panjang beras

No	Persilangan	Panjang beras (mm)				Nilai t hitung
		P ₁	P ₂	F ₁	F _{1R}	
1	Basmati Delta 9 x Basmati Pakistan	8,94	8,80	8,93	8,84	2,33 ^{tn}
2	Basmati Delta 9 x Inpari 31	8,94	6,68	8,23	7,81	1,48 ^{tn}
3	Basmati Delta 9 x Inpago Unsoed 1	8,94	6,06	7,14	7,04	2,10 ^{tn}
4	Basmati Delta 9 x Koshihikari	8,94	5,37	7,13	7,03	0,79 ^{tn}
5	Basmati Delta9 x Tarabas	8,94	5,22	7,24	6,78	2,14 ^{tn}
6	Basmati Pakistan x Inpari 31	8,80	6,68	7,72	7,55	0,57 ^{tn}
7	Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1	8,80	6,06	7,11	6,96	2,22 ^{tn}
8	Basmati Pakistan x Koshihikari	8,80	5,37	6,87	6,71	1,38 ^{tn}
9	Basmati Pakistan x Tarabas	8,80	5,22	6,93	6,91	0,39 ^{tn}
10	Inpari 31 x Inpago Unsoed 1	6,68	6,06	6,18	6,12	0,74 ^{tn}
11	Inpari 31 x Koshihikari	6,68	5,37	6,57	6,55	0,21 ^{tn}
12	Inpari 31 x Tarabas	6,68	5,22	5,98	5,87	1,05 ^{tn}
13	Inpago Unsoed 1 x Koshihikari	6,06	5,37	5,98	6,23	-0,89 ^{tn}
14	Inpago Unsoed 1 x Tarabas	6,06	5,22	6,24	6,08	2,45 ^{tn}
15	Koshihikari x Tarabas	5,37	5,22	5,25	5,21	0,79 ^{tn}

Keterangan: ^{tn} = tidak nyata pada taraf kesalahan 5%.

Tabel 3.7 Sifat rasio panjang:lebar beras dan pengaruh sitoplasma tetua betina pada sifat rasio panjang:lebar beras

No	Persilangan	Rasio panjang:lebar beras				Nilai t hitung
		P ₁	P ₂	F ₁	F _{1R}	
1	Basmati Delta 9 x Basmati Pakistan	4,21	4,48	4,27	4,28	-0,51 ^{tn}
2	Basmati Delta 9 x Inpari 31	4,21	2,95	3,68	3,47	1,02 ^{tn}
3	Basmati Delta 9 x Inpago Unsoed 1	4,21	2,33	2,96	2,73	2,46 ^{tn}
4	Basmati Delta 9 x Koshihikari	4,21	1,87	2,84	2,71	0,81 ^{tn}
5	Basmati Delta 9 x Tarabas	4,21	1,79	2,88	2,81	0,60 ^{tn}
6	Basmati Pakistan x Inpari 31	4,48	2,95	3,52	3,46	0,29 ^{tn}
7	Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1	4,48	2,33	2,95	2,94	0,22 ^{tn}
8	Basmati Pakistan x Koshihikari	4,48	1,87	2,86	2,77	1,31 ^{tn}
9	Basmati Pakistan x Tarabas	4,48	1,79	2,85	2,79	1,68 ^{tn}
10	Inpari 31 x Inpago Unsoed 1	2,95	2,33	2,48	2,45	0,82 ^{tn}
11	Inpari 31 x Koshihikari	2,95	1,87	2,66	2,54	1,16 ^{tn}
12	Inpari 31 x Tarabas	2,95	1,79	2,27	2,22	1,87 ^{tn}
13	Inpago Unsoed 1 x Koshihikari	2,33	1,87	2,26	2,32	-0,64 ^{tn}
14	Inpago Unsoed 1 x Tarabas	2,33	1,79	2,51	2,44	1,85 ^{tn}
15	Koshihikari x Tarabas	1,87	1,79	1,77	1,81	-0,84 ^{tn}

Keterangan: ^{tn} = tidak nyata pada taraf kesalahan 5%.

Tidak terdapat pengaruh sitoplasma tetua betina (tidak ada perbedaan antara persilangan resiprok) pada sifat yang diuji merupakan salah satu asumsi yang harus dipenuhi dalam penggunaan analisis silang dialel (Hayman 1954). Pada penelitian ini sitoplasma tetua betina tidak berpengaruh terhadap sifat ukuran dan bentuk beras sehingga asumsi analisis silang dialel terpenuhi. Di sisi lain tidak ada pengaruh sitoplasma tetua betina menyebabkan pada analisis lanjut populasi F_1 dan resiproknya dapat digabung pada tahap seleksi dan analisis berikutnya (Haryanto 1994).

3.5.2 Analisis ragam populasi F_1

Kuadrat tengah analisis ragam sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras disajikan lengkap pada Tabel 3.8. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa genotipe memberikan pengaruh nyata pada sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras. Hal ini menunjukkan ada perbedaan di antara tiga puluh enam genotipe yang digunakan. Hasil analisis ragam yang nyata antar genotipe merupakan syarat untuk melakukan pendugaan parameter genetik menggunakan analisis silang dialel metode Hayman dan pendugaan daya gabung menggunakan metode Griffing (Singh & Chaudhary 1979). Oleh karena itu pendugaan parameter genetik dan pendugaan daya gabung sifat ukuran beras dan bentuk beras menggunakan analisis silang dialel metode Hayman dan Griffing dapat dilakukan.

Tabel 3.8 Nilai kuadrat tengah sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	
		Panjang beras	Rasio panjang:lebar beras
Blok	2	0,06	0,01
Genotipe	35	3,16 *	1,51 *
Galat	70	0,04	0,02

Keterangan: * = nyata pada taraf kesalahan 5%.

3.5.3 Pendugaan parameter genetik ukuran beras dan bentuk beras

1. Interaksi gen

Interaksi gen dapat diketahui berdasar nilai $b(W_r, V_r)$. Berdasarkan uji t , jika nilai b berbeda nyata dengan 1 maka menunjukkan ada interaksi antara gen-gen tidak satu alel dan jika nilai b tidak berbeda nyata dengan 1 maka tidak ada

interaksi antara gen-gen tidak satu alel (Hayman 1954; Singh & Chaudhary 1979). Pada penelitian ini diperoleh nilai $b(W_r, V_r)$ sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras tidak berbeda nyata dengan 1 (Tabel 3.9). Hal ini berarti tidak ada interaksi antara gen-gen tidak satu alel atau epistasis dalam pengendalian sifat ukuran beras dan bentuk beras.

Tabel 3.9 Pendugaan parameter genetik panjang beras dan rasio panjang:lebar beras

Parameter genetik	Panjang beras	Rasio panjang:lebar beras
$b(W_r, V_r)$	1,20 ^{tn}	1,15 ^{tn}
D	2,72 *	1,36 *
H ₁	0,26 *	0,19 *
H ₂	0,25 *	0,17 *
F	0,44 *	0,33 *
h ²	-0,01 ^{tn}	0,04 ^{tn}
E	0,01 ^{tn}	0,01 ^{tn}
$(H_1/D)^{1/2}$	0,31	0,38
H ₂ /4H ₁	0,23	0,22
Kd/Kr	1,71	1,95
h ² /H ₂	-0,03	0,22
$r[(W_r+V_r), Y_r]$	0,69	0,89
h ² _{bs}	0,99	0,99
h ² _{bs}	0,94	0,91
Rasio h ² _{bs} : h ² _{ns}	0,95	0,92

Keterangan: * = nyata pada taraf kesalahan 5% dan ^{tn} = tidak nyata pada taraf kesalahan 5%.

2. Pengaruh aditif (D) dan dominansi (H1)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh aditif (D) dan dominansi (H₁) berbeda nyata pada sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras (Tabel 3.9). Artinya, sifat ukuran beras dan bentuk beras dipengaruhi oleh aksi gen aditif dan dominan. Pengaruh aditif dan dominan nyata untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras telah dilaporkan oleh peneliti sebelumnya.

Penelitian Kato (1989) pada populasi silang dialel lima kultivar padi yaitu BG 1, Arborio J1, Kairyo-omachi, Koshihikari dan Nakateshinsenbon menyatakan sifat panjang beras dan rasio panjang lebar beras dipengaruhi oleh aksi gen aditif dan dominan. Hasil yang sama ditunjukkan pada penelitian Rabiei *dkk.* (2014) menggunakan analisis dialel penuh dari tetua Hashemi, Hassani, Shahpasand,

Kadous, Vandana dan IR 36 dan penelitian Ocan *dkk.* (2021) pada persilangan lima tetua galur padi aromatik dan non aromatik.

Nilai pengaruh aditif panjang beras dan rasio panjang:lebar beras masing-masing adalah 2,72 dan 1,36, lebih besar dari nilai pengaruh dominansinya (masing-masing 0,26 dan 0,19). Nilai pengaruh aditif yang lebih besar dari pengaruh dominansi menunjukkan semakin pentingnya aksi gen aditif (Kumar *dkk.* 2007; Kumar *dkk.* 2008), artinya pada sifat ukuran beras dan bentuk beras pengaruh aksi gen aditif lebih besar dari pengaruh aksi gen dominan.

Sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pengaruh aksi gen aditif juga dilaporkan pada penelitian Thattil & Perera (1991) pada analisis dialel menggunakan 5 tetua yaitu Bg 350, Bg 400-1, Bg 380, H₄ dan Bg 34-6. Rabiei *dkk.* (2014) menggunakan analisis dialel penuh dari tetua Hashemi, Hassani, Shahpasand, Kadous, Vandana dan IR 36 menyatakan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pengaruh aksi gen aditif. Hasil berbeda dilaporkan oleh Daradjat & Rumanti (2002) pada analisis silang dialel menggunakan tetua Cirata, Tainung sen 20, PR-40-1-2-1 dan Cea 1 bahwa ada indikasi nilai efek dominan relatif lebih besar dibandingkan dengan nilai efek aditif.

3. Distribusi gen di dalam tetua

Nilai H_2 digunakan untuk mengetahui distribusi gen dalam tetua. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai H_2 sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras berbeda nyata (Tabel 3.9). Hal ini menandakan bahwa gen-gen yang menentukan pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras tidak menyebar merata di dalam tetua.

Proporsi gen-gen positif terhadap gen-gen negatif ditunjukkan oleh besarnya nilai H_1 terhadap nilai H_2 . Jika $H_1 > H_2$ maka gen-gen positif lebih banyak dari gen-gen negatif dan jika $H_1 < H_2$ maka gen-gen negatif lebih banyak dari gen-gen positif (Yunianti *dkk.* 2011). Tabel 3.9 menunjukkan nilai $H_1 > H_2$ pada sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras, artinya gen-gen positif lebih banyak terlibat dalam menentukan sifat ukuran beras dan bentuk beras dibanding dengan gen-gen negatif.

Nilai $H_2/4H_1$ menunjukkan rata-rata frekuensi alel-alel positif dan negatif di dalam tetua. Nilai lebih rendah dari 0,25 mengindikasikan ketidakseimbangan rata-rata frekuensi alelik pada lokus-lokus gen-gen dominan dan resesif atau secara tidak langsung menyatakan bahwa gen-gen positif dan negatif tidak tersedia/hadir dalam proporsi yang seimbang di dalam tetua (Agustina *dkk.* 2005). Hasil penelitian ini menunjukkan nilai $H_2/4H_1$ sebesar 0,23 untuk sifat panjang beras dan 0,22 untuk rasio panjang:lebar beras (Tabel 3.9) lebih rendah dari 0,25, artinya gen-gen positif dan negatif hadir tidak seimbang di dalam tetua.

4. Tingkat dominansi

Pengaruh dominansi terlihat dari nilai rata-rata tingkat dominansi $[(H_1/D)^{1/2}]$. Nilai $(H_1/D)^{1/2}$ sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras kurang dari 1 (Tabel 3.9). Nilai $(H_1/D)^{1/2}$ lebih dari 1 menunjukkan adanya over dominansi, sedangkan nilai $(H_1/D)^{1/2}$ antara 0 dan 1 menunjukkan dominansi parsial (dominan parsial atau resesif parsial) (Hayman 1954). Artinya sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh gen-gen yang berada dalam kisaran dominansi parsial. Sifat panjang beras dikendalikan oleh gen dominansi parsial juga dilaporkan oleh Kato (1989).

Sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan gen-gen secara dominansi parsial tercermin pada grafik hubungan peragam (W_r) dan ragam (V_r) panjang beras (Gambar 3.1) dan rasio panjang:lebar beras (Gambar 3.2). Pada grafik hubungan peragam (W_r) dan ragam (V_r), jika garis lurus memotong sumbu tegak di atas pangkal sumbu menandakan aksi gen dominansi parsial (Sousa & Maluf 2003). Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 menunjukkan garis lurus memotong sumbu tegak di atas pangkal sumbu, artinya sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh gen-gen secara dominansi parsial.

5. Simpangan rata-rata F_1 dari rata-rata tetua

Simpangan rata-rata F_1 dari rata-rata tetua ditunjukkan oleh nilai h^2 . Tabel 3.9 menunjukkan nilai h^2 sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras tidak berbeda nyata. Hal ini berarti tidak ada perbedaan rata-rata F_1 dengan rata-rata tetua.

6. Proporsi gen dominan terhadap gen resesif

Nilai K_d/K_r menunjukkan proporsi gen-gen dominan terhadap gen-gen resesif. Nilai $K_d/K_r > 1$ menunjukkan gen-gen dominan lebih banyak di dalam tetua. Sebaliknya, nilai $K_d/K_r < 1$ menunjukkan gen-gen resesif lebih banyak di dalam tetua (Singh & Chaudhary 1979). Nilai K_d/K_r sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras masing-masing 1,71 dan 1,95 lebih besar dari 1 (Tabel 3.9), artinya gen-gen dominan terdapat lebih banyak di dalam tetua dibanding dengan ge-gen resesif. Hal ini diperkuat dengan nilai F yang positif. Nilai F positif mencerminkan jumlah gen dominan yang banyak di dalam tetua dibanding gen resesif (Kumar *dkk.* 2007; Yuniarti *dkk.* 2011).

7. Jumlah gen pengendali sifat

Jumlah gen pengendali sifat ditunjukkan oleh nilai h^2/H_2 . Nilai h^2/H_2 panjang beras dan rasio panjang:lebar beras masing-masing -0,03 dan 0,22 lebih rendah dari 1 (Tabel 3.9). Hal ini menunjukkan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan minimal oleh 1 kelompok gen.

8. Arah dan urutan dominansi

Nilai korelasi antara (W_r+V_r) dan Y_r bernilai positif untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras (Tabel 3.9). Nilai korelasi antara $(W_r + V_r)$ dan Y yang positif dan mendekati satu, menunjukkan bahwa alel dominan memiliki efek negatif yang lebih kuat yaitu bertindak searah ke arah hasil yang lebih rendah (Sousa & Maluf 2003). Artinya, pada sifat ukuran beras dan bentuk beras gen-gen dominan menyebabkan sifat ukuran beras menuju ke arah pendek dan sifat bentuk beras mengarah ke bentuk sangat bulat.

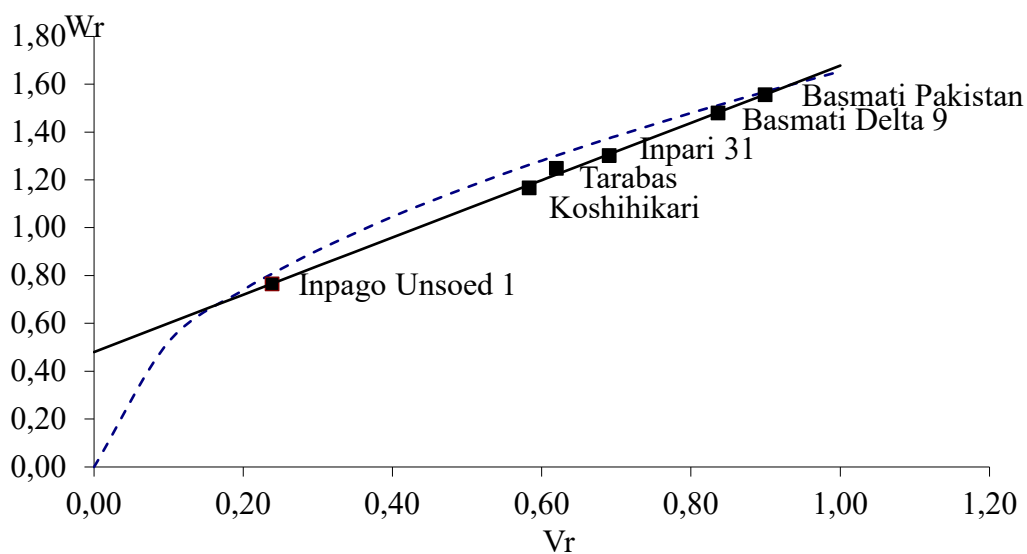
Arah dan urutan dominansi dapat terlihat pada nilai (W_r+V_r) . Berdasar nilai (W_r+V_r) terlihat menunjukkan urutan dominansi sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras adalah Inpago Unsoed 1, Koshihikari, Tarabas, Basmati Delta 9 dan Basmati Pakistan (Tabel 3.10). Hal ini diperkuat dengan grafik hubungan peragam (W_r) dan ragam (V_r) (Gambar 3.1 dan Gambar 3.2).

Letak tetua pada grafik hubungan antara W_r dan V_r mencerminkan urutan dominansi tetua. Jika pada grafik hubungan antara W_r dan V_r posisi titik tetua makin dekat pada titik nol maka tetua tersebut paling banyak mengandung gen

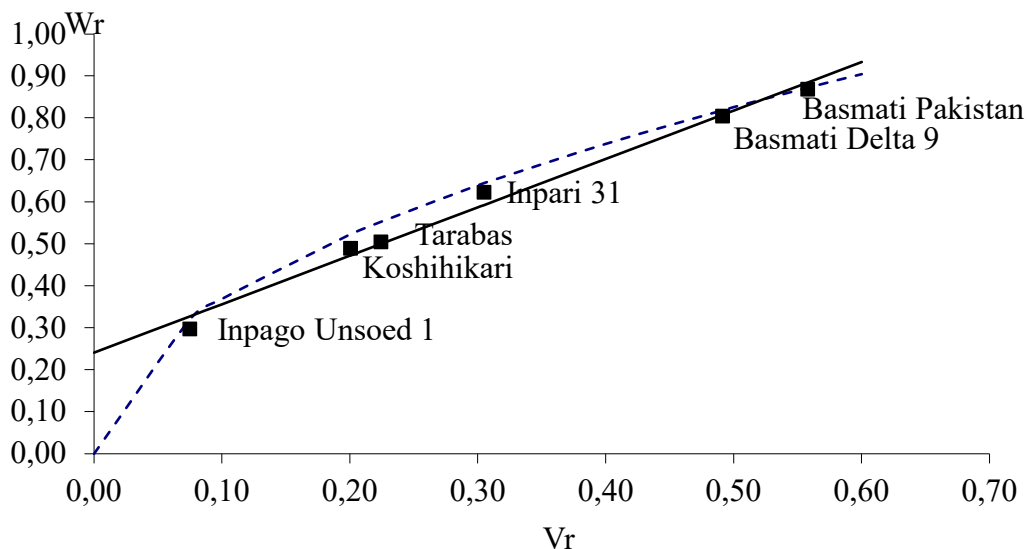
dominan, sebaliknya makin jauh dari titik nol maka tetua tersebut paling banyak mengandung gen resesif (Sousa & Maluf 2003). Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 menunjukkan bahwa Inpago Unsoed 1 merupakan genotipe yang paling dekat dengan titik nol menunjukkan genotipe ini memiliki gen dominan paling banyak untuk sifat ukuran beras dan bentuk beras. Basmati Pakistan memiliki gen resesif terbanyak untuk sifat ukuran beras dan bentuk beras karena terletak paling jauh dari titik nol.

Tabel 3.10 Nilai (W_r+V_r) sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras

Tetua	Panjang beras	Rasio panjang:lebar beras
Basmati Delta 9	2,32	1,30
Basmati Pakistan	2,46	1,43
Inpari 31	1,99	0,93
Inpago Unsoed 1	1,00	0,37
Koshihikari	1,75	0,69
Tarabas	1,87	0,73



Gambar 3.1 Hubungan Peragam (W_r) dan Ragam (V_r) sifat panjang beras.



Gambar 3.2 Hubungan Peragam (W_r) dan Ragam (V_r) sifat rasio panjang:lebar beras.

Letak Basmati Pakistan yang memiliki beras sangat panjang dan sangat ramping menunjukkan bahwa gen pengendali beras pendek dan bulat bersifat dominan terhadap gen beras panjang dan ramping. Hasil penelitian yang sama juga dilaporkan oleh Kato (1989) menggunakan metode silang dialel lima tetua (BG1, Arborio J1, Kairyo-omachi, Koshihikari dan Nakateshinsenbon) dan Murai & Kinoshita (1986) menggunakan silang dialel empat tetua (Narukaze, Ishikari, Shiokari, Fukoku dan Ishikari shiroke) bahwa sifat panjang beras dikendalikan oleh gen resesif. Bentuk beras bulat bersifat dominan terhadap ramping dilaporkan oleh Ali *dkk.* (2014).

Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 menunjukkan garis lurus W_r memotong sumbu tegak (W_r) di atas pangkal sumbu pada sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras. Garis lurus W_r memotong sumbu tegak (W_r) di atas pangkal sumbu menunjukkan tingkat dominansi sifat tersebut pada kisaran dominan parsial (Syukur *dkk.* 2010). Hal ini berarti tingkat dominansi sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada kisaran dominan parsial seperti penjelasan sebelumnya. Dominansi parsial mengakibatkan tampilan setiap sifat memiliki kecenderungan mendekati nilai *mid parent* dan tidak *overdominant* yang melebihi tetua terbaik (Ridha *dkk.* 2014). Hal ini tercermin pada nilai h^2 sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras tidak berbeda nyata sehingga tidak ada perbedaan rata-rata F_1

dengan rata-rata tetua (Tabel 3.9). Hal ini diperkuat dengan nilai F_1 yang berada di antara nilai P_1 dan P_2 untuk setiap kombinasi persilangan yang dilakukan (Tabel 3.7 dan Tabel 3.8).

9. Heritabilitas

Tabel 3.9. menunjukkan nilai duga heritabilitas arti luas sebesar 0,99 untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras. Nilai duga heritabilitas arti sempit sifat panjang beras adalah 0,94 dan rasio panjang:lebar beras 0,91. Nilai heritabilitas dikelompokkan menjadi tinggi (nilai lebih dari 0,5), sedang (nilai antara 0,5 dan 0,2) dan rendah (nilai kurang dari 0,2) (Stansfield 1991). Berdasarkan hal tersebut maka nilai duga heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras tergolong tinggi. Hasil penelitian yang sama dilaporkan oleh Chunhai & Zongthan (1995) pada persilangan GLA 4 x XZX 3, AGSLD x HT 31 dan GLZ x ZZ 1 dan oleh Asfaliza *dkk.* (2012) pada populasi dari persilangan dialel menggunakan tetua MR 263, MR 267, MRQ 74, Q 85 dan MRQ 76. Namun demikian penelitian lain melaporkan nilai duga heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada populasi silang dialel delapan tetua tergolong rendah (Gunasekaran *dkk.* 2020).

Nilai duga heritabilitas arti luas menunjukkan kontribusi relatif faktor genetik terhadap variasi sifat yang diamati (Chozin *dkk.* 2017). Nilai duga heritabilitas arti luas yang tinggi menunjukkan sifat lebih banyak dipengaruhi oleh faktor genetik dari pada faktor lingkungan (Raghavendra & Hittalmani 2016). Nilai duga heritabilitas arti luas sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras tergolong tinggi mengindikasikan pengaruh faktor genetik yang lebih besar dari faktor lingkungan. Pengaruh faktor lingkungan yang rendah juga ditunjukkan oleh nilai pengaruh lingkungan (E) yang tidak berbeda nyata (Tabel 3.9).

Nilai duga heritabilitas arti sempit mengindikasikan peran aksi gen aditif terhadap suatu sifat. Nilai duga heritabilitas arti sempit tinggi menunjukkan peran aksi gen aditif yang lebih banyak dibanding dengan aksi gen dominan (Zare *dkk.* 2011; Priyanka & Jaiswal 2017; El-Malky & Al-Daej 2018; Nafisah *dkk.* 2020). Nilai duga heritabilitas arti sempit sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras

tergolong tinggi, artinya aksi gen aditif lebih berperan dibanding dengan aksi gen dominan pada sifat ukuran beras dan bentuk beras.

Peran aksi gen aditif dan dominan terhadap suatu sifat dapat dinilai menggunakan rasio heritabilitas arti sempit:heritabilitas arti luas suatu sifat. Nilai duga heritabilitas arti sempit yang mendekati nilai duga heritabilitas arti luas menunjukkan proporsi ragam aditif lebih besar dibanding dengan ragam dominan (Arif *dkk.* 2012). Nilai rasio semakin mendekati satu menandakan ragam genetik total suatu sifat lebih disebabkan oleh aksi gen aditif (Parkes *dkk.* 2013), artinya gen aditif lebih berperan dalam penampilan suatu sifat dibanding gen dominan. Pada penelitian ini rasio heritabilitas arti sempit:heritabilitas arti luas masing-masing adalah 0,95 untuk panjang beras dan 0,92 untuk rasio panjang:lebar beras (Tabel 3.9). Hal ini menunjukkan aksi gen aditif lebih menentukan sifat ukuran beras dan bentuk beras dibanding aksi gen dominan seperti telah dijelaskan sebelumnya. Sifat yang memiliki ragam aditif dan heritabilitas yang tinggi pada populasi F_1 dapat diseleksi menggunakan seleksi individu (Syukur *dkk.* 2010), sehingga seleksi terhadap ukuran beras dan bentuk beras dapat dilakukan menggunakan seleksi individu seperti pedigree.

3.5.4 Pendugaan daya gabung ukuran beras dan bentuk beras

Pendugaan daya gabung dapat dimanfaatkan untuk mengetahui aksi gen pengendali dan pengaruh sitoplasma tetua betina. Daya gabung terbagi menjadi daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK). Daya gabung umum dikaitkan dengan aksi gen aditif dan daya gabung khusus dikaitkan dengan aksi gen dominan (Rojas & Sprague 1952). Ragam resiprokal bermanfaat untuk mengetahui pengaruh sitoplasma tetua betina pada suatu sifat (Rukundo *dkk.* 2017).

Hasil penelitian ini menunjukkan kuadrat tengah daya gabung umum dan daya gabung khusus sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras berbeda nyata (Tabel 3.11). Kuadrat tengah daya gabung umum dan daya gabung khusus yang berbeda nyata menunjukkan aksi gen aditif dan aksi gen dominan berpengaruh terhadap kedua sifat tersebut (Sprague & Tatum 1942).

Besaran pengaruh aksi gen aditif dan aksi gen dominan terhadap suatu sifat dapat diketahui dari rasio kuadrat tengah DGU:DGK (Calle *dkk.* 2005). Rasio

DGU:DGK yang tinggi menunjukkan aksi gen aditif lebih berperan dalam ekspresi suatu sifat dibanding dengan aksi gen dominan (Baker 1978). Rasio DGU:DGK lebih besar dari satu mengindikasikan aksi gen aditif lebih berpengaruh pada ekspresi suatu sifat dan sebaliknya rasio DGU:DGK kurang dari mengindikasikan aksi gen dominan lebih berpengaruh terhadap ekspresi suatu sifat (Abdel-Moneam *dkk.* 2015).

Hasil penelitian ini menunjukkan rasio DGU:DGK sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras lebih besar dari satu (Tabel 3.11). Artinya aksi gen aditif lebih berpengaruh dari aksi gen dominan pada ekspresi sifat ukuran beras dan bentuk beras. Hasil ini sesuai dengan pendugaan aksi gen menggunakan metode Hayman seperti dijelaskan sebelumnya.

Tabel 3.11 Nilai kuadrat tengah analisis ragam untuk daya gabung dan rasio DGU:DGK sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras

Sumber keragaman	db	Kudrat Tengah	
		Panjang beras	Rasio panjang:lebar beras
Daya gabung umum (DGU)	5	6,909 *	3,154 *
Daya gabung khusus (DGK)	15	0,138 *	0,092 *
Resiprokal	15	0,020 ^{tn}	0,006 ^{tn}
Galat	70	0,015	0,007
Rasio DGU:DGK		50,06	34,28

Keterangan: * = nyata dan ^{tn} = tidak nyata pada taraf kesalahan 5%.

Kuadrat tengah resiprokal sifat panjang beras dan rasio panjang beras berpengaruh tidak nyata (Tabel 3.11). Analisis resiprokal tidak berbeda nyata menunjukkan tidak terdapat pengaruh sitoplasma tetua betina pada pewarisan suatu sifat (Sujiprihati *dkk.* 2007; Rukundo *dkk.* 2017). Artinya sifat ukuran beras dan bentuk beras tidak dipengaruhi oleh sitoplasma tetua betina. Hasil ini sejalan dengan pengujian pengaruh sitoplasma tetua betina menggunakan uji t (Tabel 3.6 dan 3.7) bahwa tidak ada pengaruh tetua betina dalam pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras.

3.6 Simpulan

1. Sifat ukuran beras dan bentuk beras tidak dipengaruhi oleh sitoplasma tetua betina sehingga populasi F_2 dan F_2 resiprok dapat digabung pada tahap seleksi dan analisis berikutnya.
2. Tidak ada interaksi antara gen-gen tidak satu alel dalam pengendalian sifat ukuran beras dan bentuk beras.
3. Pengaruh aksi gen aditif lebih besar dari aksi gen dominan pada sifat ukuran beras dan bentuk beras maka seleksi terhadap sifat tersebut dapat dilakukan menggunakan seleksi sederhana pada awal generasi.
4. Sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh gen-gen dominansi parsial.
5. Gen-gen yang menentukan pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras tidak menyebar merata di dalam populasi tetua.
6. Gen-gen dominan yang menentukan sifat ukuran beras dan bentuk beras pada populasi tetua lebih banyak dari gen-gen resesifnya.
7. Jumlah kelompok gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras minimal satu kelompok gen.
8. Nilai duga heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit sifat ukuran beras dan bentuk beras adalah tinggi sehingga dimungkinkan seleksi sifat ukuran beras dan bentuk beras pada generasi awal.

BAB IV. POLA SEGREGASI, KERAGAMAN GENETIK, HERITABILITAS DAN KEMAJUAN GENETIK SIFAT UKURAN BERAS DAN BENTUK BERAS POPULASI F₂

4.1 Intisari

Ukuran beras dan bentuk beras adalah aspek yang diperhatikan dalam kualitas fisik beras karena menentukan tingkat penerimaan konsumen dan harga beras. Perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras dapat dilakukan melalui persilangan dilanjutkan dengan seleksi. Efektivitas seleksi ditentukan dipengaruhi oleh pola pewarisan, jumlah gen pengendali keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik sifat tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aksi gen, pola pewarisan, jumlah gen pengendali keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras pada populasi F₂ persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1. Materi penelitian yang digunakan adalah populasi F₂ dari persilangan Basmati Delta 9 (sangat panjang, ramping) x Koshihikari (pendek, bulat) dan Basmati Pakistan (sangat panjang, ramping) x Inpago Unsoed 1 (sedang, sedang). Hasil penelitian menunjukkan 1) sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh gen poligenik, 2) keragaman genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras populasi F₂ persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan Unsoed 1 adalah rendah, 3) nilai duga heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras populasi F₂ persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan Unsoed 1 adalah tinggi sehingga dapat dilakukan seleksi menggunakan seleksi sederhana pada generasi awal menggunakan metode pedigree dan 4) genotipe segrekan transgresif diperoleh pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1, yaitu B12_1_59, B12_1_53, B12_1_75, B12_1_56, dan B12_1_61, yang dapat dilanjutkan ke generasi F₃ guna menghasilkan galur padi dengan sifat beras sangat panjang dan ramping.

Kata kunci: analisis genetik, bentuk beras, populasi F₂, ukuran beras

4.2 Abstract

Rice grain size and shape are important traits that determine the level of consumers acceptance and price. Improvement of the rice size and shape can be done through crosses followed by selection. The effectiveness of selection is determined by pattern of inheritance, number of genes controlling, genetic variability, heritability and genetic advance of plant traits. The research objectives are to study gene action, inheritance pattern, gene number, genetic variability, heritability and genetic gain of rice grain size and grain shape characteristics at

F₂ of Basmati Delta 9 x Koshihikari and Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 crosses. The research material used was F₂ rice population from crosses of Basmati Delta 9 (extra-long, slender) x Koshihikari (short, round) and Basmati Pakistan (extra-long, slender) x Inpago Unsoed 1 (medium, medium). The results of research 3 showed 1) rice grain size and grain shape are controlled by poligenic genes, 2) genetic gain of rice grain size and grain shape traits of F₂ population of Basmati Delta 9 x Koshihikari and Basmati Pakistan Unsoed 1 crosses was low, 3) the estimate value of broad sense heritability and genetic gain of rice grain size and grain shape at F₂ population of Basmati Delta 9 x Koshihikari and Basmati Pakistan Unsoed 1 crosses is high so that it can be selected using a simple selection in the early generation using the pedigree method, and 4) transgressive segregant genotypes were obtained from the Pakistan Basmati x Inpago Unsoed 1 crosses, namely B12_1_59, B12_1_53, B12_1_75, B12_1_56, and B12_1_61, which could be continued to the F₃ generation to produce rice lines with extra-long and slender grains.

Keywords: genetic analysis, rice shape, F₂ population, rice size

4.3 Pendahuluan

Beras merupakan sumber karbohidrat bagi sebagian penduduk dunia termasuk Indonesia. Kualitas beras merupakan komponen penting di padi karena menentukan penerimaan konsumen terhadap beras, menentukan tingkat harga dan strategi pemasaran di pasar domestik atau pasar internasional (Juliano 2008; Jewel *dkk.* 2011; Carsono *dkk.* 2014).

Kualitas beras ditentukan kualitas giling, kualitas fisik, kualitas tanak dan kandungan nutrisi (Yuan *dkk.* 2010; Fasahat *dkk.* 2012; Nirmaladevi *dkk.* 2015). Kualitas giling ditentukan oleh rendemen beras pecah kulit, rendemen beras giling, persentase beras kepala, persentase beras pecah, dan derajat sosoh (Indrasari *dkk.* 2016; Manalu & Adinegoro 2018). Kualitas fisik beras terdiri atas ukuran beras, bentuk beras, kebeningan beras dan derajat putih/pengapuran beras (Cruz & Khush 2000; Indrasari *dkk.* 2007). Kualitas tanak ditentukan oleh kandungan amilosa, suhu gelatinasi dan konsistensi gel (Asante 2017). Nutrisi beras terkait dengan kandungan karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral pada beras (Chaudhari *dkk.* 2018).

Beras dikonsumsi dalam bentuk utuh sehingga kualitas fisik beras menjadi perhatian konsumen. Ketika membeli beras, konsumen memperhatikan ukuran, bentuk, keseragaman dan ketampakan beras (Wibowo *dkk.* 2009; Handoko *dkk.* 2018). Setelah itu, konsumen menentukan kualitas dari kualitas tanak, rasa beras dan kandungan nutrisi beras (Cruz & Khush 2000; Yuan *dkk.* 2010). Kondisi ini menyebabkan perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras menjadi salah satu tujuan utama dalam perakitan varietas unggul baru.

Perbaikan kualitas fisik beras dapat dilakukan melalui persilangan antar tetua terpilih dilanjutkan dengan seleksi. Seleksi yang efektif dipengaruhi oleh aksi gen pengendali, pola pewarisan, jumlah gen pengendali, keragaman genetik dan heritabilitas sifat yang dituju (Barmawi 2007). Singh *dkk.* (2011) menambahkan bahwa keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik sangat berharga dalam memilih genotipe unggul (Singh *dkk.* 2011).

Pendugaan aksi gen dan jumlah gen pengendali sifat pada generasi F₂ dapat menggunakan analisis skewness dan kurtosis. Skewness dan kurtosis dapat digunakan untuk menduga aksi gen dan jumlah gen pengendali suatu sifat (Fisher *dkk.* 1932; Roy 2000; Samak *dkk.* 2011). Skewness memberikan informasi tentang sifat aksi gen dan kurtosis memberikan informasi terkait jumlah gen pengendali suatu sifat (Robson 1956).

Pendugaan aksi gen berdasarkan nilai Skewness untuk sifat ukuran dan bentuk beras telah dilaporkan. Sahu *dkk.* (2017) melaporkan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh aksi gen epistasis duplikat. Sifat panjang beras dikendalikan oleh aksi gen epistasis duplikat dan sifat rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh aksi gen epistasis komplementer (Sheshaiah *dkk.* 2018). Penelitian lain melaporkan aksi gen epistasis komplementer mengendalikan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras (Zhao *dkk.* 2016; Gull *dkk.* 2019; Xu *dkk.* 2020). Aksi gen epistasis komplementer mengendalikan sifat ukuran beras dan aksi gen epistasis duplikat mengendalikan sifat bentuk beras dilaporkan oleh Lilly *dkk.* (2018). Nurhidayah *dkk.* (2021) menyatakan panjang beras dipengaruhi oleh aksi aditif.

Pola pewarisan sifat dan jumlah gen pengendali sifat dapat diketahui dengan cara analisis pola segregasi populasi F_2 (Kuswanto *dkk.* 2004), karena segregasi dan rekombinasi terjadi maksimal di generasi F_2 (Savitha & Kumari 2015). Pola segregasi populasi F_2 untuk suatu sifat ukuran beras dan bentuk beras telah dipelajari di tanaman dengan hasil yang bervariasi. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa ukuran beras dikendalikan oleh gen poligenik (Takeda 1991; Ahmed *dkk.* 1995; Chunhai & Zongthan 1995; Veni & Rani 2008). Namun demikian, penelitian lain menyatakan gen monogenik mengendalikan ukuran beras (Heda & Reddy 1984; Prasad & Seetharaman 1991; Takeda & Kato 1992; Veni & Rani 2008). Bentuk beras dilaporkan dikendalikan oleh gen poligenik (Chunhai & Zongthan 1995; Bai *dkk.* 2010; Ashfaq *dkk.* 2012; Ali *dkk.* 2014) atau monogenik (Heda & Reddy 1984; Talukdar & Zhang 2008; Ali *dkk.* 2014).

Selain pola pewarisan dan jumlah gen pengendali, efektivitas seleksi ditentukan oleh keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik. Pengetahuan tentang besarnya keragaman genetik pada setiap spesies tanaman memainkan peran penting dalam merumuskan program pemuliaan (Allard 1960). Keragaman genetik yang ada dalam plasma nutfah dapat diduga melalui nilai koefisien keragaman yang terbagi menjadi 2 yaitu keragaman genotipik dan keragaman fenotipik (Singh *dkk.* 2011).

Penelitian tentang keragaman genetik yang sudah dilakukan melaporkan pada populasi F_2 sifat ukuran beras dan bentuk beras menunjukkan keragaman genetik dari sempit sampai luas tergantung pada kombinasi persilangannya. Rani *dkk.* (2016) dan Seneega *dkk.* (2019) melaporkan panjang beras dan rasio panjang:lebar beras menunjukkan keragaman genetik sempit. Keragaman genetik sedang untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dilaporkan oleh Hema *dkk.* (2019). Penelitian Sheshaiah *dkk.* (2018) dan Lilly *dkk.* (2018) menunjukkan keragaman genetik sempit untuk sifat panjang beras dan keragaman genetik tinggi untuk sifat rasio panjang:lebar beras.

Heritabilitas suatu sifat sangat penting dalam menentukan respons tanaman terhadap seleksi. Pendugaan heritabilitas memberikan informasi tentang proporsi variasi yang dapat diturunkan kepada keturunannya dalam generasi

berikutnya (Divya *dkk.* 2018). Sifat tanaman dengan heritabilitas tinggi dapat dipilih pada generasi sebelumnya untuk mempercepat proses pengembangan varietas.

Heritabilitas yang tinggi tidak selalu menunjukkan kemajuan genetik yang tinggi (Shah *dkk.* 2018). Oleh karena itu, nilai heritabilitas ditambah dengan kemajuan genetik lebih dapat diandalkan daripada heritabilitas saja (Sundaram *dkk.* 2019). Kemajuan genetik memberikan informasi pada kemajuan genetik harapan yang dihasilkan dari seleksi individu (Anbanandan & Eswaran 2018; Divya *dkk.* 2018). Studi tentang heritabilitas dan kemajuan genetik telah banyak dilakukan. Heritabilitas dan kemajuan genetik yang tinggi, sedang dan rendah pada hasil, komponen hasil dan kualitas beras telah dilaporkan pada berbagai penelitian (Chozin *dkk.* 2017; Ali *dkk.* 2018; Anbanandan & Eswaran 2018; Choudhary *dkk.* 2018a; Choudhary *dkk.* 2018b; Hema *dkk.* 2019; Sudeepthi *dkk.* 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aksi gen, pola pewarisan, jumlah gen pengendali keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras pada populasi F₂ persilangan Basmati Delta 9 X Koshihikari dan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1.

4.4 Materi dan Metode

4.4.1 Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di lahan sawah Desa Pasir Kulon Kecamatan Karanglewas Kabupaten Banyumas. Tempat penelitian berada pada koordinat 7°24'54.0"LS dan 109°11'41.0"LU pada ketinggian tempat 77 meter di atas permukaan laut. Percobaan dilaksanakan pada bulan Agustus 2020 sampai Desember 2020.

4.4.2 Materi penelitian

Materi penelitian yang digunakan adalah populasi F₂ dari persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari, dan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1. Basmati Delta 9 dan Basmati Pakistan adalah beras sangat panjang dan ramping. Inpago

Unsoed 1 memiliki ukuran beras dan bentuk beras sedang. Koshihikari adalah beras agak pendek dan bulat.

4.4.3 Rancangan percobaan

Penelitian dilakukan menggunakan rancangan percobaan tanpa ulangan (Petersen 1994). Tetua (P_1 dan P_2), dan F_1 dan ditanam dalam baris-baris untuk setiap kombinasi persilangan. Jumlah tanaman tetua (P_1 dan P_2) masing-masing ditanam 10 tanaman. Jumlah tanaman pada populasi F_2 ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut (Burnham 1961):

$$n = \frac{\text{Log } F}{\text{Log } q}$$

Keterangan:

n = jumlah tanaman minimum yang dibutuhkan

F = taraf kesalahan (α) yaitu 5%

q = peluang kegagalan mendapatkan genotipe yang diinginkan.

Asumsi yang digunakan bahwa sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh tiga gen, maka jumlah tanaman minimum pada masing-masing populasi F_2 adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{\text{Log } 0,05}{\text{Log } (63/64)} = \frac{-1,30103}{-0,00684} = 191$$

Sampel beras ditentukan dari setiap individu tanaman yang ditanam. Setiap tanaman diambil 2 malai dan setiap malai digunakan 10 gabah untuk dijadikan sampel beras.

Benih padi disemai dalam baki semai selama 2 minggu sebelum dipindah ke lahan sawah. Bibit ditanam dengan jarak 25 cm dalam dan 25 cm antar baris. Setiap kombinasi persilangan ditanam dalam 2 baris dan diberi jarak 50 cm dengan kombinasi persilangan lainnya. Takaran pupuk yang digunakan adalah 100 kg/ha urea dan 250 kg/ha phonska. Pupuk urea dan phonska ditambahkan 2 kali dengan takaran masing-masing 50 kg/ha dan 125 kg/ha pada 10 hari setelah tanam (hst) dan masing-masing 50 kg/ha dan 125 kg/ha pada 20 hst.

4.4.4 Variabel penelitian

Variabel pengamatan dan pengukuran pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Panjang beras

Panjang beras diukur pada gabah setelah dikupas. Panjang beras diukur mulai dari dasar beras sampai ujung beras. Pengukuran panjang beras dilakukan setelah panen menggunakan *digital calipers*. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

2. Lebar beras

Lebar beras diukur pada gabah setelah dikupas. Lebar beras diukur pada jarak terlebar dari beras. Pengukuran lebar beras dilakukan setelah panen menggunakan *digital calipers*. Satuan yang digunakan adalah milimeter (mm).

3. Rasio panjang:lebar beras

Rasio panjang:lebar beras merupakan perbandingan antara panjang beras dan lebar beras. Rasio panjang:lebar beras mencerminkan bentuk beras. Penghitungan rasio panjang:lebar beras dilakukan setelah panen.

4.4.5 Analisis data

1. Pola pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras

- 1) Uji normalitas sebaran frekuensi data populasi F_2

Uji normalitas sebaran frekuensi data populasi F_2 dilakukan dengan tujuan untuk menilai sebaran frekuensi data populasi F_2 sifat ukuran dan bentuk beras terdistribusi normal atau tidak normal. Uji normalitas sebaran frekuensi data populasi F_2 diuji menggunakan uji Kolmogorov Smirnov (Lilliefors 1967) menggunakan perangkat SPSS versi 25 (IBM Corp 2017).

- 2) Pendugaan aksi gen dan jumlah gen pengendali menggunakan Skewness dan Kurtosis

Skewness menunjukkan ekspresi yang dipengaruhi epistasis dari suatu sifat (Lestari *dkk.* 2015). Jika Skewness sama dengan nol, berarti tidak ada epistasis. Skewness > 0 berarti ada aksi gen epistasis komplementer, dan Skewness < 0 berarti ada aksi gen epistasis duplikat. Kurtosis menggambarkan bentuk kurva distribusi dan menunjukkan jumlah gen yang mengendalikan suatu sifat (Herawati *dkk.* 2019). Bila Kurtosis > 3 , bernilai positif, menunjukkan grafik leptokurtik yang menunjukkan sifat dikendalikan oleh beberapa gen. Jika Kurtosis < 3 , bernilai negatif, menunjukkan grafik platikurtik dan sifatnya

dikendalikan oleh banyak gen. Interpretasi Nilai Skewness dan Kurtosis mengacu pada skema dalam penelitian Jambormias (2014).

3) Pendugaan pola pewarisan sifat dan jumlah gen pengendali

Pola pewarisan sifat diduga berdasarkan sebaran frekuensi populasi F_2 . Jika sebaran frekuensi populasi F_2 terdistribusi normal maka sifat yang diamati dikendalikan oleh banyak gen minor (poligenik), sebaliknya jika sebaran frekuensi tidak terdistribusi normal, kemungkinan ada gen mayor (monogenik) yang mengendalikan sifat tersebut (Millah *dkk.* 2012).

Pendugaan jumlah gen pengendali sifat jika frekuensi populasi F_2 terdistribusi normal atau sifat yang dikendalikan gen poligenik menggunakan pendekatan metode Castle (Roy 2000) sebagai berikut:

$$n = \frac{(\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2}{8(\sigma_{F_2}^2 - \sigma_e^2)}$$

Keterangan:

n = jumlah gen pengendali

$\bar{P}_1$ = rata-rata tetua 1

$\bar{P}_2$ = rata-rata tetua 2

$\sigma_{F_2}^2$ = ragam populasi F_2

σ_e^2 = ragam lingkungan

Pendugaan jumlah gen pengendali sifat jika populasi F_2 terdistribusi tidak normal atau sifat dikendalikan oleh gen mayor maka dilakukan uji kesesuaian antara nisbah hasil pengamatan dengan nisbah Mendel. Guna uji kesesuaian dengan nisbah Mendel, ukuran beras dan bentuk beras dikelompokkan mengikuti rentang kelas yang ditentukan oleh IRRI (2002). Panjang beras dan dikategorikan menjadi beras sangat panjang ($>7,5$ mm), beras panjang (6,6 mm – 7,5 mm), beras sedang (5,51 mm – 6,6 mm) dan beras pendek ($<5,5$ mm). Bentuk beras ditentukan oleh rasio panjang:lebar beras dan dikelompokkan menjadi ramping (rasio $>3,0$), sedang (rasio 2,1 – 3,0), agak bulat (rasio 1,1 – 2,0) dan bulat (rasio $<1,1$).

Uji Khi-Kuadrat digunakan untuk menguji kesesuaian antara nisbah hasil pengamatan dengan nisbah Mendel. Uji Khi-Kuadrat dilakukan berdasar banyaknya kelas dengan rumus sebagai berikut (Gomez & Gomez 1995).

$$\text{Dua kelas : } X^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(|O_i - E_j| - 0,5)^2}{E_j}$$

$$\text{Lebih dari dua kelas : } X^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(O_i - E_j)^2}{E_j}$$

Keterangan:

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

O_i = jumlah pengamatan dalam kelas ke-j

E_j = jumlah pengamatan yang diharapkan dalam kelas ke-j

Nisbah hasil pengamatan sesuai dengan nisbah Mendel jika nilai X^2 hitung $< X^2$ tabel pada taraf kesalahan α 5%.

Nisbah frekuensi populasi F_2 tergantung dari bentuk grafik yang diperoleh (Snyder & David 1957). Bentuk grafik nisbah Mendel sebagai berikut.

- a. Grafik sebaran populasi F_2 menunjukkan dua puncak, maka kemungkinan nisbah yang terjadi adalah
 - a) Nisbah 3:1 (1 gen dominan penuh)
 - b) Nisbah 9:7 (2 gen epistasis resesif duplikat),
 - c) Nisbah 13:3 (2 gen epistasis dominan resesif)
 - d) Nisbah 15:1 (2 gen epistasis dominan duplikat).
- b. Grafik sebaran populasi F_2 menunjukkan tiga puncak, maka kemungkinan nisbah yang terjadi adalah
 - a) Nisbah 1:2:1 (1 gen dominan tidak sempurna)
 - b) Nisbah 9:3:4 (2 gen epistasis resesif)
 - c) Nisbah 9:6:1 (2 gen dengan efek kumulatif)
 - d) Nisbah 12:3:1 (2 gen epistasis dominan).
- c. Grafik sebaran populasi F_2 menunjukkan lebih dari tiga puncak, maka kemungkinan nisbah yang terjadi adalah
 - a) Nisbah 9:3:3:1 (2 gen dominan penuh),

- b) Nisbah 6:3:3:4 (1 pasang gen dominan sempurna dan 1 pasang gen dominan sebagian).
- d. Grafik yang unimodal (menyebar normal) menunjukkan pewarisan poligenik.

2. Pendugaan Keragaman Genetik, Heritabilitas dan Kemajuan Genetik

1) Penghitungan rata-rata dan ragam

Data panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dihitung untuk mengetahui rata-rata dan ragam menggunakan rumus sebagai berikut (Steel & Torrie 1960).

$$\text{Rata - rata } (\bar{X}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{Ragam } (\sigma^2) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Keterangan:

X_i = pengukuran individu ke-i

n = jumlah sampel

2) Pendugaan ragam fenotipik dan ragam genotipik

Ragam lingkungan (σ_e^2), ragam fenotipik (σ_p^2) dan ragam genotipik (σ_g^2) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Singh & Chaudhary 1979).

$$\text{Ragam lingkungan } (\sigma_e^2) = \sqrt{\sigma_{P1}^2 \cdot \sigma_{P2}^2}$$

$$\text{Ragam fenotipik } (\sigma_p^2) = \sigma_{F2}^2$$

$$\text{Ragam genotipik } (\sigma_g^2) = \sigma_p^2 - \sigma_e^2$$

Keterangan:

σ_{P1}^2 and σ_{P2}^2 = ragam tetua dari populasi F_2

σ_{F2}^2 = ragam populasi F_2

3) Pendugaan koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik

Koefisien keragaman fenotipik (KKF) dan koefisien keragaman genotipik (KKG) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Singh & Chaudhary 1979).

$$\text{Koefisien Keragaman Fenotipik (KKF)} = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\bar{X}}$$

$$\text{Koefisien Keragaman Genotipik (KKG)} = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{X}}$$

Keterangan:

σ_p^2 = ragam fenotipik

σ_g^2 = ragam genotipik

$\bar{X}$ = rata-rata

Koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik dikelompokkan menjadi 3 kategori. Nilai KKF dan KKG lebih dari 20% dikategorikan menjadi tinggi, jika antara 10% dan 20% dikategorikan menjadi sedang dan lebih kecil dari 10% dikategorikan menjadi rendah (Sivasubramanian & Menon 1973).

4) Pendugaan heritabilitas arti luas (h_{bs}^2) dan kemajuan genetik (KG)

Heritabilitas arti luas (h_{bs}^2) diduga menggunakan rumus sebagai berikut (Mahmud & Kramer 1951).

$$\text{Heritabilitas arti luas } (h_{bs}^2) = \frac{\sigma_{F2}^2 - \sqrt{\sigma_{P1}^2 \cdot \sigma_{P2}^2}}{\sigma_{F2}^2} \times 100\%$$

Heritabilitas arti luas dikategorikan menjadi tinggi (nilai lebih besar dari 50%), sedang (antara 50% dan 20%) dan rendah (nilai kurang dari 20%) (Stansfield 1991).

Kemajuan genetik harapan pada setiap kombinasi persilangan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Johnson *dkk.* 1955).

$$\text{Kemajuan Genetik (KG)} = \frac{i \cdot h_{bs}^2 \cdot \sigma_p}{\bar{x}} \times 100$$

Keterangan:

i = intensitas seleksi (i), pada intensitas seleksi 10% dengan nilai $i = 1,76$ (Fehr 1991)

h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas

σ_p = simpangan baku fenotipe

$\bar{x}$ = nilai rata-rata populasi

Kemajuan genetik dikategorikan menjadi tinggi jika nilai lebih besar dari 14%, sedang jika nilai antara 14% dan 7% dan rendah jika nilai kurang dari 7% (Begum & Sobhan 1991).

4.5 Hasil dan Pembahasan

4.5.1 Normalitas sebaran frekuensi data F₂ sifat ukuran beras dan bentuk beras

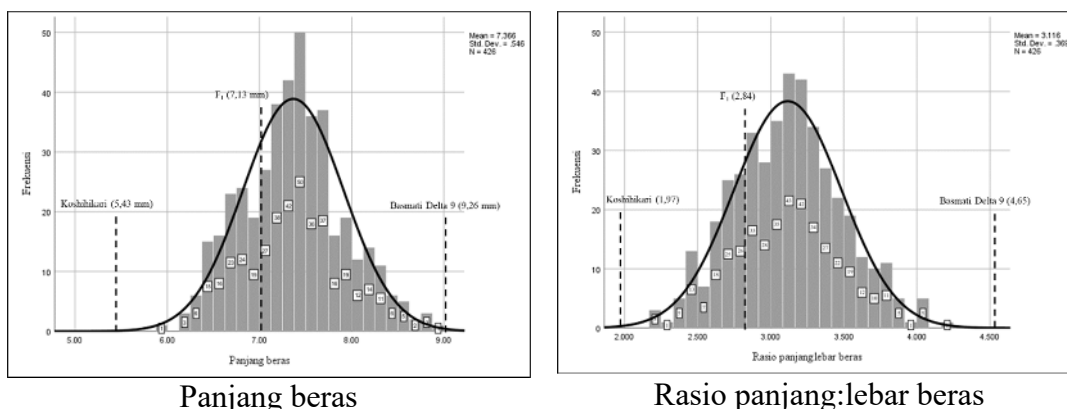
Hasil uji normalitas sebaran frekuensi data F₂ sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras disajikan pada Tabel 4.1. Sebaran frekuensi data F₂ sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari menunjukkan distribusi normal dan sebaran frekuensi data F₂ berada di antara kisaran tetuanya.

Hasil uji normalitas sebaran frekuensi data populasi F₂ sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 adalah distribusi tidak normal (Tabel 4.1). Gambar 4.2 menunjukkan sebaran frekuensi data F₂ sifat panjang beras dan rasio panjang beras persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 melebihi kisaran tetuanya. Segregasi dimana terdapat individu yang melebihi kisaran tetuanya menunjukkan segregasi transgresif pada populasi tersebut (Poehlman 1987; Stoskopf *dkk.* 1993). Genotipe dengan perilaku segregasi transgresif disebut sebagai segrekan transgresif dan telah ada pada generasi segregasi F₂ jika tidak ada pengaruh lingkungan yang besar (Jambormias & Riry 2009).

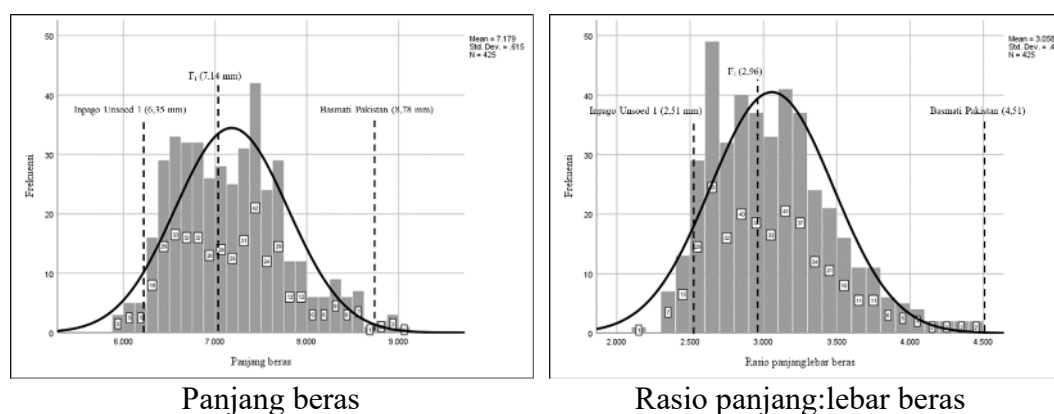
Tabel 4.1 Hasil uji normalitas data sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras

Kombinasi persilangan	Nilai Liliefors	Distribusi
Sifat panjang beras		
Basmati Delta 9 x Koshihikari	0,033 tn	Normal
Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1	0,078 n	Tidak normal
Sifat rasio panjang:lebar beras		
Basmati Delta 9 x Koshihikari	0,027 tn	Normal
Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1	0,178 n	Tidak normal

Keterangan: n = nyata dan tn = tidak nyata pada kesalahan α taraf 0,5.



Gambar 4.1 Grafik sebaran frekuensi data F₂ sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari.



Gambar 4.2 Grafik sebaran frekuensi data F₂ sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1.

Hasil uji normalitas sebaran frekuensi data populasi F₂ sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 adalah distribusi tidak normal (Tabel 4.1). Gambar 4.2 menunjukkan sebaran frekuensi data F₂ sifat panjang beras dan rasio panjang beras persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 melebihi kisaran tetuanya. Segregasi dimana terdapat individu yang melebihi kisaran tetuanya menunjukkan segregasi transgresif pada populasi tersebut (Poehlman 1987; Stoskopf *dkk.* 1993). Genotipe dengan perilaku segregasi transgresif disebut sebagai segrekan transgresif dan telah ada pada generasi segregasi F₂ jika tidak ada pengaruh lingkungan yang besar (Jambormias & Riry 2009).

4.5.2 Aksi gen sifat ukuran beras dan bentuk beras berdasar Skewness dan Kurtosis

Hasil penelitian menunjukkan skewness tidak nyata pada sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari (Tabel 4.2). Skewness tidak nyata dikaitkan dengan aksi gen aditif (Herawati *dkk.* 2019). Artinya sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dikendalikan oleh aksi gen aditif.

Hasil berbeda ditunjukkan pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 bahwa uji skewness sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras menunjukkan perbedaan nyata (Tabel 4.2). Skewness nyata yang diikuti oleh kurtosis tidak nyata menunjukkan adanya pengaruh aksi gen aditif dan dominan terhadap suatu sifat (Jambormias 2014; Nurhidayah *dkk.* 2017). Artinya sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 dikendalikan oleh aksi gen aditif dan dominan.

Tabel 4.2 Analisis Skewness dan Kurtosis sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras populasi F₂ persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan Inpago Unsoed 1

Persilangan	Skewness	Aksi gen	Kurtosis	Jumlah gen
Sifat panjang beras				
Basmati Delta 9 x Koshihikari	0,177 tn	Aditif	0,174 tn	Banyak
Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1	0,679 n	Aditif + Dominan	-0,057 tn	Banyak
Sifat rasio panjang:lebar beras				
Basmati Delta 9 x Koshihikari	0,145 tn	Aditif	-0,173 tn	Banyak
Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1	0,753 n	Aditif + Dominan	0,486 tn	Banyak

Keterangan: n = nyata dan tn = tidak nyata pada taraf kesalahan α 5%.

Aksi gen aditif mengendalikan sifat panjang beras juga dilaporkan oleh Nurhidayah *dkk.* (2021) pada beberapa populasi F₂ persilangan padi hitam dan padi putih. Peneliti lain melaporkan hasil yang berbeda-beda. Sheshaiah *dkk.* (2018) melaporkan pada populasi F₂ dari persilangan Jyothi $\times$ Kiruwana menunjukkan sifat ukuran beras dikendalikan oleh aksi gen epistasis duplikat dan sifat bentuk beras dikendalikan oleh aksi gen epistasis komplementer. Pendugaan aksi gen populasi

F₂ dari persilangan AD16019 x ADT43 dan AD 16019 x WGL14377 menunjukkan aksi gen epistasis komplementer mengendalikan sifat ukuran beras dan aksi gen epistasis duplikat mengendalikan sifat bentuk beras (Lilly *dkk.* 2018). Aksi gen pengendali sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras beragam tergantung pada tetua yang digunakan dalam pembentukan populasi.

Analisis Kurtosis memberikan informasi tentang jumlah gen yang mengendalikan suatu sifat (Robson 1956). Hasil penelitian ini menunjukkan kurtosis tidak nyata untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras untuk persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1. Nilai kurtosis yang tidak nyata menunjukkan sebaran normal atau kurva mesokurtik (Sumathi *dkk.* 2018). Sifat dengan sebaran normal atau kurva mesokurtik dikendalikan oleh banyak gen (Nurhidayah *dkk.* 2017; Mustafa *dkk.* 2019). Hasil pendugaan sifat panjang beras menggunakan Kurtosis dilaporkan sama oleh Nurhidayah *dkk.* (2021) pada persilangan PH2 × Inpari 13 dan resiproknya, PH2 × Inpari 13 dan resiproknya bahwa panjang beras dikendalikan oleh banyak gen.

4.5.3 Pola pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras

Uji normalitas sebaran data frekuensi populasi F₂ sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari menunjukkan distribusi normal (Tabel 4.1). Uji normalitas sebaran data frekuensi populasi F₂ suatu sifat yang menunjukkan distribusi normal mengindikasikan sifat tersebut dikendalikan oleh gen poligenik (Millah *dkk.* 2012). Artinya pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh gen poligenik.

Tabel 4.1 menunjukkan distribusi tidak normal pada sebaran data frekuensi populasi F₂ pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras. Namun demikian, Gambar 4.2 menunjukkan sebaran frekuensi data F₂ sifat panjang beras dan rasio panjang beras persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 merupakan segregasi transgresif. Segregasi transgresif adalah segregasi gen yang terjadi pada sifat kuantitatif yang dikendalikan oleh gen poligenik (Poehlman 1987). Jadi pada persilangan Basmati

Pakistan x Inpago Unsoed 1 untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh gen poligenik.

Sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh gen poligenik telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya. Chunhai & Zongthan (1995) melaporkan pada persilangan Guanglu'ai 4 x Xiangzaoxian 3 sifat panjang beras dan rasio panjang beras dikendalikan oleh gen poligenik. Penelitian Jondhale *dkk.* (2015) pada persilangan Karjat 2 (beras putih) x Munga (beras merah) dan Munga x Karjat 2 menyatakan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh gen poligenik. Zhang *dkk.* (2020) menyatakan hal yang sama bahwa pada F₂ persilangan Nipponbare dan Z1392 sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh gen poligenik.

Sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh gen poligenik. Seleksi terhadap sifat yang dikendalikan oleh gen poligenik pada tanaman menyerbuk sendiri efektif dilakukan pada generasi lanjut seperti menggunakan metode *Single Seed Descent* (Stoskopf *dkk.* 1993). Namun demikian, penentuan metode seleksi perlu mempertimbangkan parameter genetik selain jumlah gen pengendalinya. Pemilihan genotipe unggul ditentukan oleh tingkat keragaman genetik, heritabilitas dan aksi gen yang mengendalikan sifat yang dituju (Nechifor *dkk.* 2011; Maryono *dkk.* 2019).

Persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 menunjukkan segregasi transgresif untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras. Segregasi transgresif dapat dimanfaatkan untuk memperoleh tanaman superior dengan sifat diinginkan oleh pemulia tanaman (Poehlman 1987). Segregasi transgresif menghasilkan keturunan dengan fenotipe yang lebih baik dari tetuanya (Reddyyamini *dkk.* 2019). Seleksi segrekan transgresif pada awal generasi seleksi dapat dilaksanakan dengan cara memilih individu terbaik berdasarkan model seleksi berbasis kekerabatan, khususnya keragaan, keragaman genetik dan heritabilitas (Jambormias & Riry 2009).

Hasil penelitian menunjukkan pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 diperoleh lima genotipe segrekan transgresif dengan beras yang lebih panjang dari tetua Basmati Pakistan yang memiliki ukuran beras panjang. Genotipe

tersebut adalah B12_1_59, B12_1_53, B12_1_75, B12_1_56, B12_1_61. (Tabel 4.3). Kelima genotipe tersebut memiliki rasio panjang:lebar beras lebih kecil dari tetua, akan tetapi termasuk dalam kriteria yang sama untuk ukuran beras. Selain itu diperoleh beras yang memiliki ukuran lebih pendek dari Inpago Unsoed 1. Namun demikian karena beras tersebut masih memiliki kriteria sedang maka tidak dipilih dalam seleksi ukuran beras.

Tabel 4.3 Sifat bentuk dan ukuran beras genotipe segregan transgresif dan tetuanya

No.	Genotipe	Panjang beras	Kriteria ukuran beras	Rasio panjang: lebar beras	Kriteria bentuk beras
1.	B12_1_59	9,01	Sangat Panjang	3,98	Ramping
2.	B12_1_53	8,88	Sangat Panjang	3,96	Ramping
3.	B12_2_75	8,88	Sangat Panjang	4,01	Ramping
4.	B12_1_56	8,88	Sangat Panjang	4,04	Ramping
5.	B12_1_61	8,82	Sangat Panjang	4,05	Ramping
6.	Basmati Pakistan	8,78	Sangat Panjang	4,51	Ramping
7.	Inpago Unsoed 1	6,35	Sedang	2,50	Sedang

Pendugaan jumlah gen pengendali sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras yang dikendalikan gen poligenik dilakukan menggunakan pendekatan Castle (Roy 2000). Malau (2005) menyatakan pendekatan Castle dapat dilakukan jika memenuhi asumsi 1) P1 mempunyai semua alel negatif yaitu alel yang menyebabkan penurunan nilai fenotipe suatu karakter dan P2 memiliki semua alel positif, yaitu alel yang menyebabkan peningkatan nilai fenotipe suatu sifat, 2) semua gen-gen mempunyai pengaruh-pengaruh yang sama, dan berpengaruh secara aditif, 3) tidak terjadi hubungan dominan ataupun epistasis antar poligen dan 4) tidak ada dua lokus dalam kromosom yang sama, artinya tidak ada tautan (*linkage*).

Penelitian ini menunjukkan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari memenuhi asumsi pendekatan Castle. Pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 tidak memenuhi asumsi pendekatan Castle karena sifat panjang beras dan rasio

panjang:lebar beras dipengaruhi oleh gen aditif dan dominan. Oleh karena itu pendugaan jumlah gen pengendali sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras menggunakan pendekatan Castle hanya dilakukan pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari.

Tabel 4.4 Jumlah gen pengendali sifat panjang beras Basmati Delta 9 x Koshihikari

Sifat	$\bar{P}_1$	$\bar{P}_2$	$\sigma_{F_2}^2$	σ_e^2	Jumlah gen
Panjang beras	9,257	5,432	0,298	0,028	6,771 [7]
Rasio panjang:lebar beras	4,653	1,967	0,136	0,010	7,131 [7]

Hasil yang diperoleh menunjukkan pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari jumlah gen pengendali sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras masing-masing adalah 7 gen (Tabel 4.3). Jumlah gen pengendali sifat panjang beras dilaporkan beragam tergantung tetua yang digunakan. Penelitian Ali *dkk.* (2014) melaporkan pada persilangan antara genotipe 99417 (sangat panjang) dan TN1 (pendek) menunjukkan panjang beras dikendalikan oleh 3 gen dominan dan persilangan antara Pusa Basmati (sangat panjang) dan TN1 (pendek) panjang beras dikendalikan oleh 5 gen dominan.

4.5.4 Keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras pada populasi F₂

Hasil penelitian menunjukkan ragam fenotipik lebih besar dari ragam genotipik pada sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras untuk persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed (Tabel 4.5). Ragam fenotipik yang lebih besar dari ragam genotipik mengindikasikan adanya pengaruh lingkungan pada ekspresi sifat tersebut (Govintharaj *dkk.* 2017; Ritonga *dkk.* 2018). Namun demikian, selisih antara ragam fenotipik dan ragam genotipik tidak besar, menandakan pengaruh genetik yang lebih besar terhadap sifat tersebut dibanding dengan pengaruh lingkungan.

Tabel 4.5 menunjukkan pendugaan koefisien keragaman fenotipik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras yang lebih besar dari koefisien keragaman genotipik pada Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed. Lilly *dkk.* (2018) melaporkan pada persilangan AD 16019 x ADT43 dan AD16019 x WGL 14377 pendugaan koefisien keragaman fenotipik

sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras yang lebih besar dari koefisien keragaman genotipiknya. Hasil yang sama dilaporkan oleh Sheshaiah *dkk.* (2018) pada persilangan Jyothi $\times$ Kiruwana, Hema *dkk.* (2019) pada persilangan CR 1009 $\times$ WP 22-2, dan Seneega *dkk.* (2019) pada persilangan CO 52 $\times$ CR Dhan 310 dan RNR 15048 $\times$ CB 13543.

Tabel 4.5 Ragam fenotipik, ragam genotipik, ragam lingkungan, koefisien keragaman fenotipik, koefisien keragaman genotipik, heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik panjang beras pada generasi F₂ persilangan padi Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1

Persilangan	σ_p^2	σ_g^2	σ_e^2	KKF (%)	KKG (%)	h_{bs}^2 (%)	KG
Sifat panjang beras							
Basmati Delta 9 x Koshihikari	0,30	0,27	0,03	7,06 r	7,41 r	90,58 t	11,82 s
Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1	0,40	0,39	0,01	8,67 r	8,80 r	97,01 t	15,03 t
Sifat rasio panjang:lebar beras							
Basmati Delta 9 x Koshihikari	0,14	0,13	0,01	11,41 s	11,85 s	92,73 t	19,34 t
Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1	0,15	0,14	0,01	12,82 s	12,92 s	98,54 t	22,40 t

Keterangan: r = rendah, s = sedang, t = tinggi, σ_g^2 = ragam genotipik, σ_p^2 = ragam fenotipik, σ_e^2 = ragam lingkungan, KKG = Koefisien Keragaman Genotipik, KKF = Koefisien Keragaman Fenotipik, h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas dan KG = kemajuan genetik.

Nilai koefisien keragaman fenotipik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras yang lebih besar dari koefisien keragaman genotipik mengindikasikan faktor lingkungan memiliki peran penting pada ekspresi sifat tersebut (Choudhary *dkk.* 2018b; Sudeepthi *dkk.* 2020). Fenomena ini telah banyak dilaporkan pada penelitian tanaman padi secara umum bahwa variasi yang tampak tidak semata-mata dikaitkan dengan konstitusi genetik sifat-sifat tersebut, tetapi juga karena pengaruh lingkungan. Perbedaan yang kecil antara nilai koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik mengindikasikan pengaruh faktor genetik yang lebih besar dan pengaruh lingkungan yang lebih sedikit pada ekspresi suatu sifat (Kishore *dkk.* 2015; Chozin *dkk.* 2017). Artinya,

pada penelitian ini sifat ukuran beras dan bentuk beras lebih dipengaruhi oleh faktor genetik dibanding faktor lingkungan. Oleh karena itu, seleksi berdasarkan fenotipe efektif untuk perbaikan sifat-sifat ini (Rani *dkk.* 2016).

Koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik dapat dikelompokkan menurut kategori yang disusun oleh Sivasubramanian & Menon (1973). Pada penelitian ini koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras adalah rendah untuk persilangan Basmati Delta 9 dan Koshihikari dan sedang untuk persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1. Artinya, pada persilangan Basmati Delta 9 dan Koshihikari keragaman genetik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras adalah sempit. Pada persilangan Basmati Pakistan dan Inpago Unsoed 1 keragaman genetik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras adalah sedang.

Keragaman genetik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dilaporkan rendah dilaporkan oleh Rani *dkk.* (2016) pada persilangan ASD 16 x Kavuni dan Swarna Sub 1 x Kavuni, Hema *dkk.* (2019) pada persilangan CR 1009 × WP 22-2 dan Seneega *dkk.* (2019) pada persilangan CO 52 × CR Dhan 310 and RNR 15048 × CB 13543. Penelitian Lilly *dkk.* (2018) pada persilangan AD 16019 X WGL 14377 menunjukkan keragaman genetik rendah untuk sifat panjang beras dan tinggi rasio panjang:lebar beras. Hasil yang sama dengan penelitian Lilly *dkk.* (2018) diperoleh pada penelitian Sheshaiah *dkk.* (2018) menggunakan persilangan Jyothi × Kiruwana. Berdasarkan hal tersebut maka diketahui keragaman genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras ditentukan oleh tetua yang digunakan dalam persilangan.

Variasi sifat-sifat pada generasi F₂ menunjukkan keragaman tanaman yang luas sehingga memberikan cakupan dan keleluasaan yang besar untuk melakukan seleksi berdasarkan penampilan fenotipik (Chozin *dkk.* 2017). Keragaman yang luas dalam populasi memberikan kesempatan bagi seleksi untuk merakit suatu varietas yang memiliki sifat-sifat yang diinginkan (Bornare *dkk.* 2014). Nilai koefisien keragaman yang tinggi menandakan bahwa seleksi suatu sifat mungkin efektif dan ekspresi fenotipenya dapat menjadi indikasi yang baik dari potensi suatu genotipe (Singh *dkk.* 2011). Pada penelitian ini nilai koefisien keragaman fenotipik

dan koefisien keragaman genotipik adalah rendah untuk sifat ukuran beras dan sedang untuk sifat bentuk beras. Artinya seleksi kedua sifat tersebut pada populasi F₂ persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 kurang leluasa dalam memilih genotipe unggul dan seleksi menjadi kurang efektif. Hal ini dapat diatasi dengan cara melonggarkan intensitas seleksi untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras.

Pendugaan nilai heritabilitas arti luas sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada populasi F₂ persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 menunjukkan nilai di atas 90% pada semua persilangan yang dilakukan (Tabel 4.5). Berdasarkan kategori yang disusun oleh Stansfield (1991), panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada penelitian ini memiliki nilai heritabilitas arti luas tergolong tinggi. Heritabilitas arti luas sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras tinggi juga dilaporkan oleh Sheshaiah *dkk.* (2018) pada persilangan Jyothi × Kiruwana, Hema *dkk.* (2019) pada persilangan CR 1009 × WP 22-2, dan Seneega *dkk.* (2019) pada persilangan CO 52 × CR Dhan 310 dan RNR 15048 × CB 13543.

Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan dominasi aksi gen aditif dalam ekspresi sifat-sifat (Nafisah *dkk.* 2020). Nilai heritabilitas yang tinggi juga menunjukkan ekspresi sifat tersebut sedikit dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan seleksinya dapat menggunakan metode yang sederhana (Raghavendra & Hittalmani 2016; Wahyu *dkk.* 2018). Lebih lanjut bahwa seleksi sifat yang memiliki nilai duga heritabilitas tinggi dapat dilakukan pada generasi awal karena faktor genetik lebih menentukan fenotipe tanaman (Lestari *dkk.* 2015).

Kemajuan genetik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada penelitian ini dikelompokkan sesuai dengan kategori yang disampaikan oleh Begum & Sobhan (1991). Hasil penelitian ini menunjukkan kemajuan genetik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras adalah tinggi. Hasil yang sama dilaporkan oleh Hema *dkk.* (2019) pada persilangan CR 1009 × WP 22-2. Hasil berbeda dilaporkan oleh Sheshaiah *dkk.* (2018) pada persilangan Jyothi × Kiruwana yang menunjukkan kemajuan genetik rendah untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dan oleh Seneega *dkk.* (2019) pada persilangan CO 52 × CR

Dhan 310 dan RNR 15048 $\times$ CB 13543 yang menunjukkan kemajuan genetik sedang untuk sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras.

Heritabilitas yang tinggi ditambah dengan kemajuan genetik yang tinggi menunjukkan seleksi sederhana untuk sifat-sifat ini efektif dan dapat diturunkan pada generasi berikutnya (Chozin *dkk.* 2017; Govintharaj *dkk.* 2018). Pada penelitian ini nilai duga heritabilitas sifat ukuran beras dan bentuk beras adalah tinggi diikuti dengan kemajuan genetik tinggi. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Bab I menggunakan populasi tetua dan Bab II menggunakan populasi F₁. Oleh karena itu perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras pada persilangan Basmati Delta 9 $\times$ Koshihikari dan Basmati Pakistan $\times$ Inpago Unsoed 1 dapat menggunakan metode seleksi sederhana seperti pedigree.

4.6 Simpulan

Simpulan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh gen poligenik.
2. Keragaman genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras populasi F₂ persilangan Basmati Delta 9 $\times$ Koshihikari dan Basmati Pakistan Unsoed 1 adalah rendah.
3. Nilai duga heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras populasi F₂ persilangan Basmati Delta 9 $\times$ Koshihikari dan Basmati Pakistan $\times$ Inpago Unsoed 1 adalah tinggi sehingga dapat dilakukan seleksi menggunakan seleksi sederhana pada generasi awal menggunakan metode pedigree.
4. Genotipe B12_1_59, B12_1_53, B12_1_75, B12_1_56, B12_1_61 adalah segregan transgresif pada populasi F₂ persilangan Basmati Pakistan $\times$ Inpago Unsoed 1 yang dapat diteruskan ke generasi F₃ guna menghasilkan galur padi dengan sifat beras sangat panjang dan ramping.

BAB V. PEMBAHASAN UMUM

5.1 Hubungan ukuran beras dan bentuk beras dengan hasil

Hasil gabah dan sifat kualitas beras merupakan sifat kompleks yang berhubungan langsung atau tidak langsung dengan sifat lain (Premkumar *dkk.* 2015). Perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras secara langsung atau tidak langsung dapat mempengaruhi hasil. Pengetahuan tentang hubungan ukuran beras dan bentuk beras menjadi penting untuk pemilihan genotipe yang memiliki daya hasil dan kualitas hasil tinggi. Pengetahuan tentang hubungan timbal balik antara hasil dan sifat kualitas beras mengungkapkan intensitas dan arah hubungan satu sama lain sehingga dapat memfasilitasi efektivitas seleksi untuk peningkatan simultan dari daya hasil dan sifat kualitas beras (Premkumar *dkk.* 2016).

Hubungan antara berbagai tanaman dapat diukur menggunakan analisis korelasi. Analisis korelasi digunakan untuk mengukur derajat dan arah hubungan antar sifat (Balla & Ibrahim 2017). Koefisien korelasi dapat dibagi menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung suatu sifat terhadap sifat lainnya menggunakan analisis jalur (Haryanto *dkk.* 2014). Korelasi yang dikombinasikan dengan analisis jalur memberikan wawasan yang lebih baik tentang hubungan sebab dan akibat antara pasangan sifat yang berbeda (Premkumar *dkk.* 2016).

Korelasi dapat bersifat genetik dan dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Korelasi yang dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan disebut sebagai korelasi fenotipik dan dapat diduga melalui pengukuran fenotipe. Korelasi yang hanya dipengaruhi oleh faktor genetik disebut korelasi genotipik. Korelasi genotipik sangat penting dalam program pemuliaan tanaman terutama korelasi genotipik yang dipengaruhi oleh aksi gen aditif karena memberikan informasi tentang tingkat hubungan antara dua sifat yang disebabkan oleh aksi gen aditif (Bocanski *dkk.* 2009). Koefisien korelasi genotipik dapat dipecah menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung menggunakan analisis jalur genotipik. Kedua analisis tersebut menjadi penting karena dilakukan pada tingkat genetik dan tidak

terpengaruh oleh lingkungan. Korelasi genotipik dan analisis jalur genotipik memungkinkan penilaian pola hubungan antar sifat pada tingkat genetik sehingga dapat diwariskan (Fiyaz *dkk.* 2011).

Hasil penelitian ini menunjukkan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras berkorelasi negatif dan nyata terhadap bobot gabah per rumpun (Tabel 2.5 dan Tabel 2.6). Korelasi negatif mengindikasikan hubungan yang berlawanan arah (Ratner 2009). Artinya beras yang panjang dan ramping menyebabkan daya hasil menjadi rendah. Hasil penelitian serupa diperoleh pada penelitian lainnya (Premkumar *dkk.* 2015; Premkumar *dkk.* 2016; Singh *dkk.* 2018).

Analisis koefisien jalur genotipik menunjukkan sifat panjang beras tidak berpengaruh langsung terhadap hasil, tetapi berpengaruh melalui sifat lainnya (Tabel 2.7 dan Gambar 2.2). Hasil penelitian yang sama dilaporkan oleh peneliti lainnya untuk panjang beras (Sarawgi *dkk.* 1997; Prem Kumar *dkk.* 2010; Hajiaqatabar *dkk.* 2016). Sifat rasio panjang:lebar beras pada penelitian ini juga tidak berpengaruh langsung terhadap hasil tetapi melalui sifat lainnya (Tabel 2.8 dan Gambar 2.3). Penelitian lain melaporkan hal yang sama bahwa rasio panjang:lebar beras (Singh *dkk.* 2018). Panjang beras dan rasio panjang:lebar beras berpengaruh tidak langsung dan positif melalui jumlah gabah isi. Panjang beras dan rasio panjang:lebar beras berpengaruh tidak langsung dan negatif melalui jumlah gabah total, persentase gabah isi, lebar beras dan bobot 100 biji.

5.2 Pemenuhan Asumsi Analisis Silang Dialel

Kualitas fisik beras yaitu ukuran beras dan bentuk beras merupakan sifat yang mempengaruhi hasil padi, menentukan tingkat penerimaan masyarakat terhadap suatu varietas padi, tingkat penerimaan terhadap beras dan harga. Sifat ukuran beras dicerminkan oleh sifat panjang beras dan sifat bentuk beras digambarkan dengan sifat rasio panjang:lebar beras. Perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras dapat dilakukan melalui program pemuliaan tanaman yaitu dengan cara persilangan antar tetua dilanjutkan dengan seleksi. Informasi parameter genetik, pola pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras dan hubungan sifat

ukuran beras dan bentuk beras dengan sifat komponen hasil dan hasil diperlukan guna menentukan strategi dan metode seleksi yang tepat dan efisien.

Penelitian ini menggunakan metode analisis silang dialel untuk pendugaan parameter genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras (Hayman 1954). Asumsi yang harus dipenuhi dalam penggunaan analisis silang dialel adalah: (1) merupakan segregasi diploid, (2) tidak terdapat pengaruh tetua (tidak ada perbedaan antara persilangan resiprok), (3) tidak ada interaksi antara gen–gen yang tidak satu alel (independen), (4) tidak ada peristiwa multipel alel, (5) tetua bersifat homozigot, (6) gen–gen menyebar secara bebas di antara tetua (Hayman 1954; Singh & Chaudhary 1979; Roy 2000).

Padi spesies *Oryza sativa* L. digunakan pada penelitian ini. *Oryza sativa* L. adalah tanaman diploid ($2n=24$), dengan demikian segregasi gen–gen yang terjadi merupakan segregasi diploid. Hal tersebut memenuhi asumsi segregasi diploid.

Pengujian pengaruh sitoplasma tetua betina pada penelitian ini dilakukan menggunakan uji t (Tabel 3.6 dan 3.7) dan uji daya gabung (Tabel 3.11). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh sitoplasma tetua betina pada sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras. Hal yang sama diperoleh pada penelitian Chen *dkk.* (2019) dan Nurhidayah *dkk.* (2021) untuk pewarisan sifat panjang beras dan penelitian Shi *dkk.* (2000) untuk sifat rasio panjang:lebar beras. Tidak terdapat pengaruh sitoplasma tetua (tidak ada perbedaan antara persilangan resiprok) pada sifat yang diuji memenuhi asumsi analisis silang dialel.

Tidak ada interaksi antara gen–gen yang tidak satu alel adalah asumsi ketiga dalam analisis silang dialel. Interaksi antara gen–gen yang tidak satu alel di dalam analisis silang dialel dapat diuji dengan nilai koefisien regresi b dari garis regresi antara W_r (peragam antara tetua dan keturunan dari *array* ke- r) terhadap V_r (ragam di dalam *array* ke- r). Jika nilai $b = 1$ maka tidak ada interaksi antara gen–gen yang tidak satu alel (Singh & Chaudhary, 1979). Hasil penelitian ini menunjukkan tidak ada interaksi antara gen–gen tidak satu alel atau epistasis dalam pengendalian sifat ukuran beras dan bentuk beras (Tabel 3.9). Oleh karena itu asumsi tidak ada interaksi antara gen–gen yang tidak satu alel terpenuhi.

Tidak ada peristiwa multipel alel pada sifat ukuran beras dan beras dilaporkan oleh Lee *dkk.* (2015) pada 215 plasma nutfah padi dari dua puluh delapan negara. Ngangkham *dkk.* (2018) menggunakan delapan puluh enam plasma nutfah padi menyatakan pada sifat ukuran beras dan bentuk beras tidak ditemukan peristiwa multipel alel. Pernyataan yang sama terkait Tidak ada peristiwa multipel alel pada sifat ukuran beras dan beras juga dilaporkan oleh Zhong *dkk.* (2020) pada 521 plasma nutfah padi. Oleh karenanya asumsi tidak ada peristiwa multipel alel terpenuhi.

Tetua yang digunakan pada penelitian ini adalah varietas sehingga asumsi tetua homozigot terpenuhi. Tetua yang digunakan adalah genotipe yang mewakili tetua dengan sifat ukuran beras sangat panjang, panjang, sedang dan pendek serta sifat bentuk beras ramping, sedang dan agak bulat dipilih (Tabel 3.1) sehingga asumsi gen-gen menyebar secara bebas di antara tetua terpenuhi.

5.3 Aksi gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras

Pendugaan parameter genetik menggunakan analisis silang dialel metode Hayman (1954) dan Griffing (1956a). Metode ini melibatkan populasi tetua, F_1 dan $F_{1resiprok}$. Hasil penelitian menunjukkan sifat panjang beras dan rasio:panjang lebar beras dipengaruhi oleh aksi gen aditif dan dominan (Tabel 3.9 dan Tabel 3.11). Namun demikian berdasar rasio $DGU:DGK$ dan rasio heritabilitas arti luas:heritabilitas arti sempit diketahui pengaruh aditif lebih besar dari pengaruh dominansinya pada kedua sifat tersebut. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilaporkan sebelumnya (Thattil & Perera 1991; Fu *dkk.* 1994; Chunhai & Zongthan 1995; Rabiei *dkk.* 2014; Yin *dkk.* 2015; Devi *dkk.* 2017).

Penelitian ini melakukan pendugaan aksi gen sifat ukuran beras dan bentuk beras pada populasi F_2 menggunakan analisis Skewness dan Kurtosis. Skewness dan Kurtosis dapat digunakan untuk menduga aksi gen dan jumlah gen pengendali suatu sifat memberikan informasi tentang aksi gen suatu sifat (Fisher *dkk.* 1932; Roy 2000; Samak *dkk.* 2011). Hasil penelitian menunjukkan pada sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras skewness tidak nyata pada persilangan Basmati

Delta 9 x Koshihikari (Tabel 4.2). Skewness tidak nyata dikaitkan dengan aksi gen aditif (Herawati *dkk.* 2019).

Hasil berbeda ditunjukkan pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 bahwa uji skewness sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras menunjukkan perbedaan nyata (Tabel 4.2). Skewness nyata yang diikuti oleh kurtosis tidak nyata menunjukkan sifat dipengaruhi oleh aksi gen aditif dan dominan (Jambormias 2014; Nurhidayah *dkk.* 2017). Artinya ada keselarasan hasil pendugaan aksi gen menggunakan analisis silang dialel pada generasi F₁ dan analisis skewness pada generasi F₂.

5.4 Keragaman Genetik, Heritabilitas dan Kemajuan Genetik

Fenotipe tanaman merupakan hasil dari genetik, lingkungan dan interaksi genetik lingkungan. Mendasarkan hal tersebut maka ragam yang ada adalah ragam fenotipik (σ_p^2), ragam genotipik (σ_g^2) dan ragam lingkungan (σ_e^2) (Fehr 1991). Ragam fenotipik dipengaruhi oleh ragam genotipik, ragam lingkungan dan interaksinya. Ragam fenotipik dapat ditulis sebagai $\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2 + \sigma_{ge}^2$. Ragam genotipik adalah jumlah dari ragam aditif (σ_A^2), ragam dominan (σ_D^2), dan ragam epistasis (σ_I^2). Ragam genotipik dapat ditulis sebagai $\sigma_g^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2$. Ragam genotipik menjadi perhatian penting dalam program pemuliaan tanaman sehingga pendugaan nilainya perlu dilakukan.

Pendugaan ragam fenotipik, ragam genotipik dan ragam lingkungan dilakukan pada penelitian ini terhadap sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras di populasi tetua dan populasi F₂. Hasil yang diperoleh menunjukkan ragam fenotipik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras lebih besar dari ragam genotipiknya pada kedua populasi tersebut (Tabel 2.4 dan Tabel 4.5). Ragam fenotipik yang lebih besar dari ragam genotipik mengindikasikan adanya pengaruh lingkungan pada ekspresi sifat tersebut (Govintharaj *dkk.* 2017; Ritonga *dkk.* 2018). Namun demikian, selisih antara ragam fenotipik dan ragam genotipik tidak besar, menandakan pengaruh genetik yang lebih besar terhadap sifat tersebut dibanding dengan pengaruh lingkungan. Artinya pada populasi tetua dan populasi F₂ sifat

panjang beras dan rasio panjang:lebar beras lebih dipengaruhi oleh faktor genetik dibanding dengan faktor lingkungan.

Sejalan dengan ragam genetik, keragaman genetik sangat penting dalam program pemuliaan tanaman. Penilaian keragaman genetik dilakukan berdasar koefisien keragaman genetik. Penelitian ini menunjukkan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada populasi tetua dan populasi F_2 memiliki koefisien keragaman genotipik lebih kecil dari koefisien keragaman fenotipiknya dengan selisih yang tidak besar (Tabel 2.4 dan Tabel 4.5). Hal ini mengindikasikan lingkungan memiliki peran penting pada ekspresi sifat tersebut (Choudhary *dkk.* 2018b; Sudeepthi *dkk.* 2020), tetapi pengaruh faktor genetik terhadap sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras lebih besar dari pengaruh lingkungannya (Kishore *dkk.* 2015; Chozin *dkk.* 2017).

Koefisien keragaman fenotipik dan koefisien keragaman genotipik memberikan gambaran tingkat keragaman genetik suatu populasi. Tabel 2.4 menunjukkan keragaman genetik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada populasi tetua adalah luas. Keragaman genetik sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada populasi F_2 menjadi rendah pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan sedang pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 (Tabel 4.5). Pada keragaman genetik yang rendah maka seleksi dilakukan dengan intensitas seleksi yang longgar (Nugraha & Suwarno 2007)

Besaran pengaruh ragam genotipik terhadap ragam fenotipik dapat diduga menggunakan heritabilitas. Heritabilitas menyelidiki hubungan antara nilai-nilai yang fenotipe dengan nilai genotipe (Schmidt *dkk.* 2019). Heritabilitas adalah perbandingan antara ragam genotipik dengan ragam fenotipik (Fehr 1991). Heritabilitas terbagi menjadi heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit.

Heritabilitas arti luas adalah perbandingan antara ragam genotipik total dengan ragam fenotipik. Pendugaan heritabilitas arti luas panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada penelitian ini dilakukan pada populasi tetua, F_1 dan F_2 . Hasil yang diperoleh menunjukkan heritabilitas arti luas yang tinggi untuk kedua sifat tersebut (Tabel 2.4, Tabel 3.9 dan Tabel 4.5). Artinya faktor genetik berperan

lebih besar dari faktor lingkungan pada penampilan sifat ukuran beras dan bentuk beras.

Heritabilitas arti sempit adalah perbandingan antara ragam aditif dengan ragam fenotipik. Heritabilitas arti sempit sangat penting dalam program pemuliaan tanaman karena efektivitas seleksi tergantung pada porsi ragam aditif yang ada dalam ragam genotipik total (Falconer & Mackay 1989). Ragam aditif merupakan penyebab utama kesamaan di antara kerabat (antara tetua dan keturunannya) (Syukur 2007). Hasil penelitian ini menunjukkan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras memiliki heritabilitas arti sempit yang tinggi (Tabel 3.9). Artinya sifat ukuran beras dan bentuk beras diwariskan ke keturunannya dengan fenotipe menyerupai tetuanya.

Heritabilitas arti sempit yang tinggi menunjukkan aksi gen aditif lebih penting dalam pengendalian suatu sifat (Sujiprihati *dkk.* 2003). Sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras memiliki heritabilitas arti sempit yang tinggi mengindikasikan peran aksi gen aditif yang penting dalam pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras. Aksi gen aditif berperan penting pada pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras ditunjukkan pada pendugaan aksi gen menggunakan metode analisis silang dialel dan uji skewness.

Heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit dapat digunakan untuk menduga kemajuan genetik. Pendugaan kemajuan genetik menggunakan nilai heritabilitas arti luas dilakukan menggunakan rumus $KG = \frac{i \cdot h_{bs}^2 \cdot \sigma_p}{\bar{x}} \times 100$ (Johnson *dkk.* 1955). Hasil penelitian ini menunjukkan kemajuan genetik sifat panjang beras yang tinggi pada populasi tetua, F₁ dan F₂ (Tabel 2.4, Tabel 3.9 dan Tabel 4.5). Kemajuan genetik yang diperoleh menggunakan nilai heritabilitas arti luas masih melibatkan aksi gen dominan dan epistasis yang tidak terwariskan, sehingga perlu dilakukan kemajuan genetik menggunakan nilai heritabilitas arti sempit.

Pendugaan kemajuan genetik menggunakan nilai heritabilitas arti sempit (h_{ns}^2) dilakukan menggunakan rumus $KG = \frac{i \cdot h_{ns}^2 \cdot \sigma_p}{\bar{x}} \times 100$ (Syukur 2007). Hasil yang diperoleh menunjukkan pada populasi F₁ panjang beras dan rasio panjang:lebar beras memiliki kemajuan genetik tinggi (Tabel 3.9). Mendasarkan pada pendugaan

nilai heritabilitas arti sempit maka kemajuan genetik yang diperoleh hanya dipengaruhi oleh aksi gen aditif yang terwariskan kepada keturunannya seleksi menjadi efektif. Heritabilitas yang tinggi ditambah dengan kemajuan genetik yang tinggi atau sedang menunjukkan seleksi sederhana untuk sifat-sifat ini efektif dan diturunkan pada generasi berikutnya (Chozin *dkk.* 2017; Govintharaj *dkk.* 2018).

5.5 Jumlah gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras

Pendugaan jumlah gen pengendali menggunakan analisis silang dialel menunjukkan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan paling sedikit 1 kelompok gen (Tabel 3.9). Pendugaan pada populasi F_2 diketahui bahwa panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dikendalikan oleh gen poligenik (Tabel 4.1). Persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 menunjukkan distribusi tidak normal pada sebaran data frekuensi populasi F_2 (Tabel 4,1) dan merupakan segregasi transgresif (Gambar 4.2). Hal ini mencerminkan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada persilangan ini dikendalikan oleh gen poligenik (Poehlman 1987).

Sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh gen poligenik artinya pada persilangan tersebut dikendalikan oleh banyak gen dimana pengaruh masing-masing gen terhadap penampilan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras kecil dan bersifat aditif. Gen-gen demikian disebut gen minor yang secara bersama-sama mempunyai pengaruh yang lebih besar dari pengaruh lingkungan (Oktaviyanti & Soegianto 2019). Pengaruh aksi gen aditif dan jumlah gen pengendali yang banyak pada sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari, Koshihikari x Basmati Delta 9 dan Inpago Unsoed 1 x Basmati Pakistan terkonfirmasi pada uji skewness dan kurtosis (Tabel 4.2).

5.6 Seleksi sifat ukuran beras dan bentuk beras

Analisis korelasi dan analisis jalur dilakukan pada penelitian ini untuk melihat hubungan sifat ukuran beras dan bentuk beras terhadap hasil. Hasil analisis korelasi menunjukkan sifat ukuran beras dan bentuk beras berkorelasi negatif dan nyata dengan hasil pada tingkat fenotipik dan genotipik. Kondisi ini menyebabkan penerapan seleksi simultan untuk sifat ukuran beras, bentuk beras dan hasil untuk pengembangan varietas baru menjadi sulit (Tiwari *dkk.* 2019). Seleksi sifat-sifat tersebut memerlukan bobot yang sama untuk diberikan pada sifat-sifat tersebut selama seleksi (Muthuramu & Ragavan 2020).

Analisis jalur genotipik menunjukkan sifat ukuran beras dan bentuk beras masing-masing memiliki nilai negatif dan positif tidak nyata. Jika koefisien korelasi terhadap hasil negatif tetapi efek langsungnya positif dan tinggi, pembatasan harus diberlakukan untuk meniadakan efek tidak langsung yang tidak diinginkan untuk memanfaatkan efek langsung (Singh & Chaudhary 1979). Oleh karena itu seleksi kedua sifat tersebut harus dibatasi sehingga tidak menyebabkan penurunan hasil yang tinggi.

Persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari menunjukkan sifat panjang beras dan rasio panjang:lebar beras dikendalikan oleh gen poligenik (Tabel 4.1 dan Gambar 4.1). Secara teoritis seleksi terhadap sifat yang dikendalikan oleh gen poligenik pada tanaman menyerbuk sendiri efektif dilakukan pada generasi lanjut (Stoskopf *dkk.* 1993). Namun demikian, penentuan metode seleksi perlu mempertimbangkan aksi gen, heritabilitas dan tingkat keragaman genetik sifat yang dituju (Nechifor *dkk.* 2011; Maryono *dkk.* 2019).

Seleksi tergolong efektif ketika faktor genetik yang berperan dalam menyusun nilai fenotipe sifat-sifat kuantitatif adalah faktor aksi gen aditif (Jambormias 2014). Pendugaan aksi gen pada penelitian ini menggunakan populasi F_1 menunjukkan sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh aksi gen aditif dan menunjukkan heritabilitas arti sempit dan heritabilitas arti luas yang tinggi (Tabel 3.9). Hasil yang sama diperoleh pada pendugaan aksi gen menggunakan uji skewness untuk persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari bahwa

ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh aksi gen aditif (Tabel 4.2) dan menunjukkan heritabilitas arti luas yang tinggi (Tabel 4.5). Perbaikan sifat pada populasi yang menunjukkan ragam aditif dan heritabilitas yang tinggi dapat dilakukan menggunakan metode seleksi individual atau seleksi massa (Syukur *dkk.* 2010).

Padi merupakan tanaman menyerbuk sendiri, maka seleksi harus dilakukan untuk pengaruh aditif dengan harapan dapat menghimpun genotipe-genotipe superior (Agustina *dkk.* 2005). Pemulia tanaman padi lebih menaruh perhatian kepada aksi gen aditif karena seleksi dilakukan di dalam populasi dengan mengakumulasi gen-gen aditif yang diharapkan (Nugraha & Suwarno 2007). Seleksi sifat yang dikendalikan oleh aksi gen aditif dilakukan menggunakan seleksi sederhana (Herawati *dkk.* 2019) dan dapat dilakukan pada generasi awal (Al-Tabbal & Al-Fraihat 2011; Fellahi *dkk.* 2017).

Sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh aksi gen aditif sehingga seleksi dapat dilakukan menggunakan seleksi sederhana pada awal generasi. Kato (1990) menyampaikan seleksi sifat ukuran beras efektif bahkan pada generasi awal segregasi setelah persilangan. Seleksi untuk generasi awal dapat dilakukan melalui metode pemuliaan sederhana seperti persilangan balik, pedigree dan seleksi massa (Nsabiyera *dkk.* 2013). Jadi perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras pada persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dapat dilakukan menggunakan seleksi pedigree.

Segregasi transgresif ditunjukkan oleh persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 Segregasi transgresif dapat dimanfaatkan untuk perbaikan suatu sifat (Poehlman 1987) dengan cara memilih individu terbaik berdasarkan keragaman genetik dan heritabilitas sifat yang dituju (Jambormias & Riry 2009). Pada penelitian ini sifat ukuran dan bentuk beras menunjukkan nilai heritabilitas yang tinggi pada populasi tetua, F₁ dan F₂) (Tabel 2.4, Tabel 3.9 dan Tabel 4.5). Persilangan Basmati Pakistan x Unsoed 1 menunjukkan sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh aksi gen aditif dan keragaman genetik sedang sehingga segregasi transgresif dapat dimanfaatkan untuk perbaikan sifat tersebut.

Seleksi terhadap segregan transgresif pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 memperoleh lima genotipe segregan transgresif dengan beras yang lebih panjang dari tetua Basmati Pakistan yang memiliki ukuran beras panjang. Genotipe tersebut adalah B12_1_59, B12_1_53, B12_1_75, B12_1_56, B12_1_61. (Tabel 4.3). Kelima genotipe tersebut memiliki kriteria beras panjang dan ramping. Seleksi lanjut terhadap genotipe tersebut adalah metode pedigree.

BAB VI. RINGKASAN DAN *SUMMARY*

1.1 Ringkasan

Program pemuliaan tanaman padi bertujuan diantaranya untuk meningkatkan daya hasil dan perbaikan ukuran beras dan bentuk beras. Metode pemuliaan tanaman yang dapat digunakan untuk perbaikan sifat ukuran beras dan bentuk beras adalah persilangan antar tetua dilanjutkan dengan seleksi. Pengetahuan tentang parameter genetik, pola pewarisan sifat, dan hubungan antar sifat memegang peranan penting untuk seleksi yang efektif. Penelitian ini bertujuan 1) mengkaji hubungan antara sifat ukuran beras, bentuk beras, komponen dan hasil pada tanaman padi, 2) mengkaji parameter genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras yang meliputi aksi gen, keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik, dan 3) mengkaji pola pewarisan dan jumlah gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras. Guna mencapai tujuan, serangkaian penelitian dilakukan meliputi 1) keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik dan hubungan antar sifat komponen hasil dan hasil pada padi, 2) pendugaan parameter genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras menggunakan analisis silang dialel dan 3) pola segregasi, keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras populasi F_2 .

Penelitian 1 bertujuan untuk mengkaji keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik dan hubungan antara sifat komponen hasil dan hasil melalui korelasi dan analisis jalur pada tingkat fenotipik dan genotipik. Enam varietas dengan ukuran beras dan bentuk beras berbeda yaitu Basmati Pakistan (sangat panjang, ramping), Basmati Delta 9 (sangat panjang, ramping), Inpari 31 (panjang, sedang), Inpago Unsoed 1 (sedang, sedang), Tarabas (pendek, bulat) dan Koshihikari (pendek, bulat) ditanam menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 4 ulangan. Data komponen hasil dan hasil yang diperoleh digunakan untuk pendugaan keragaman genetik, heritabilitas, kemajuan genetik, korelasi dan analisis jalur pada tingkat fenotipik dan genotipik.

Penelitian 2 bertujuan untuk melakukan pendugaan parameter genetik ukuran beras dan bentuk beras menggunakan analisis silang dialel. Bahan tanaman yang digunakan adalah populasi silang dialel penuh dari 6 genotipe padi, yaitu Basmati Pakistan (sangat panjang, ramping), Basmati Delta 9 (sangat panjang, ramping), Inpari 31 (panjang, sedang), Inpago Unsoed 1 (sedang, sedang), Tarabas (pendek, bulat) dan Koshihikari (pendek, bulat). Tiga puluh enam genotipe yang terdiri dari tetua, F_1 dan F_1 resiprok ditanam menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 3 ulangan. Data panjang beras dan rasio panjang:lebar beras digunakan untuk pendugaan pengaruh sitoplasma tetua betina dan untuk analisis silang dialel metode Hayman dan Griffing.

Penelitian 3 bertujuan untuk mempelajari aksi gen, pola pewarisan, jumlah gen pengendali keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik sifat ukuran

beras dan bentuk beras pada populasi F_2 persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan X Inpago Unsoed 1. Materi penelitian yang digunakan adalah populasi F_2 dari persilangan Basmati Delta 9 (sangat panjang, ramping) x Koshihikari (pendek, bulat) dan Basmati Pakistan (sangat panjang, ramping) x Inpago Unsoed 1 (sedang, sedang).

Hasil penelitian 1 menunjukkan 1) sifat komponen hasil dan hasil menunjukkan keragaman genetik yang luas, heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik yang tinggi, 2) sifat komponen hasil dan hasil memiliki arah hubungan dan tingkat signifikansi yang sama pada tingkat fenotipik dan genotipik, 3) sifat ukuran beras dan bentuk beras menunjukkan hubungan tidak searah terhadap hasil, tetapi berpengaruh tidak langsung terhadap hasil, 4) hubungan erat dan pengaruh langsung yang tinggi terhadap hasil ditunjukkan oleh sifat gabah total per malai, jumlah gabah isi per malai, persentase gabah isi per malai, lebar beras dan bobot 100 biji, 5) seleksi untuk mendapatkan genotipe padi berdaya hasil tinggi dapat dilakukan secara tidak langsung melalui seleksi sifat jumlah gabah total per malai dan persentase gabah isi per malai karena kedua sifat ini memiliki hubungan erat dan pengaruh langsung positif terhadap hasil serta memiliki nilai heritabilitas dan kemajuan genetik tinggi.

Hasil penelitian 2 menunjukkan 1) sifat ukuran beras dan bentuk beras tidak dipengaruhi oleh sitoplasma tetua betina sehingga populasi F_2 dan F_2 resiprok dapat digabung pada tahap seleksi dan analisis berikutnya; 2) tidak ada interaksi antara gen-gen tidak satu alel dalam pengendalian sifat ukuran beras dan bentuk beras, 3) pengaruh aksi gen aditif lebih besar dari aksi gen dominan pada sifat ukuran beras dan bentuk beras maka seleksi terhadap sifat tersebut dapat dilakukan menggunakan seleksi sederhana pada awal generasi, 4) sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh gen-gen dominansi parsial, 5) gen-gen yang menentukan pewarisan sifat ukuran beras dan bentuk beras tidak menyebar merata di dalam populasi tetua, 6) gen-gen dominan yang menentukan sifat ukuran beras dan bentuk beras pada populasi tetua lebih banyak dari gen-gen resesifnya, 7) jumlah kelompok gen pengendali sifat ukuran beras dan bentuk beras minimal satu kelompok gen, dan 8) nilai duga heritabilitas arti luas (h^2_{bs}) heritabilitas arti sempit (h^2_{ns}) sifat ukuran beras dan bentuk beras adalah tinggi sehingga dimungkinkan seleksi sifat ukuran beras dan bentuk beras pada generasi awal.

Hasil penelitian 3 menunjukkan 1) Sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh gen poligenik, 2) keragaman genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras populasi F_2 persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan Unsoed 1 adalah rendah, 3) nilai duga heritabilitas arti luas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras populasi F_2 persilangan Basmati Delta 9 x Koshihikari dan Basmati Pakistan Unsoed 1 adalah tinggi sehingga dapat dilakukan seleksi menggunakan seleksi sederhana pada generasi awal menggunakan metode pedigree dan 4) pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 diperoleh genotipe segrekan transgresif, yaitu B12_1_59, B12_1_53, B12_1_75, B12_1_56, dan B12_1_61, yang dapat dilanjutkan ke generasi F_3 guna menghasilkan galur padi dengan sifat beras sangat panjang dan ramping.

Kesimpulan penelitian ini adalah 1) sifat ukuran beras dan bentuk beras memiliki hubungan erat tidak searah dan tidak berpengaruh langsung terhadap

hasil, sehingga seleksi untuk sifat ukuran beras dan bentuk beras harus dibatasi supaya tidak menurunkan hasil, 2) sifat ukuran dan bentuk beras dipengaruhi oleh aksi gen aditif dan aksi gen dominan, tetapi aksi gen aditif berpengaruh lebih kuat dari aksi gen dominan, 3) keragaman genetik sifat ukuran dan bentuk beras adalah tinggi pada tetua dan rendah pada generasi F_2 , 4) nilai duga heritabilitas dan kemajuan genetik sifat ukuran beras dan bentuk beras tinggi ditunjukkan pada populasi tetua, F_1 dan F_2 , 5) sifat ukuran beras dan bentuk beras dikendalikan oleh gen poligenik, 6) berdasarkan hubungan antar sifat, aksi gen, keragaman genetik, heritabilitas dan kemajuan genetik seleksi terhadap sifat ukuran dan bentuk beras dapat dilakukan menggunakan seleksi sederhana pada generasi awal menggunakan metode pedigree dan 7) genotipe segregan transgresif diperoleh pada persilangan Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1, yaitu B12_1_59, B12_1_53, B12_1_75, B12_1_56, dan B12_1_61, yang dapat dilanjutkan ke generasi F_3 guna menghasilkan galur padi dengan sifat beras sangat panjang dan ramping.

1.2 Summary

Rice plant breeding program purposed, among others, to increase yield and improve rice size and shape. The plant breeding method that can be used to improve rice size and shape is a cross between parents followed by selection. Information of genetic parameters, patterns of inheritance, and relationships among traits plays an important role for effective selection. This study aims to 1) study the relationship among rice grain size, rice grain shape, yield components and yields on rice plants, 2) estimate the genetic parameters of rice size and rice shape characteristics which include gene action, genetic variability, heritability and genetic gain, and 3) study the inheritance pattern of rice grain size and grain shape traits. A series of studies were carried out including 1) genetic variability, heritability, genetic gain and the relationship among yield and yield component traits in rice, 2) estimating genetic parameters of rice gain size and grain shape traits using diallel analysis and 3) segregation patterns, genetic variability, heritability and genetic gain of rice grain size and rice grain shape of the F_2 population.

Research 1 objectives is to study genetic variability, heritability, genetic gain and the relationship among yield and yield component traits using correlation and path analysis at the phenotypic and genotypic levels. Six varieties with different rice grain size and shapes namely Pakistani Basmati (extra-long, slender), Basmati Delta 9 (extra-long, slender), Inpari 31 (long, medium), Inpago Unsoed 1 (medium, medium), Tarabas (short, round) and Koshihikari (short, round) were grown using a Randomized Block Design with 4 replications. The yield and yield component data were used for estimating genetic diversity, heritability, genetic gains, correlation and path analysis at the phenotypic and genotypic levels.

Research 2 objectives is to estimate the genetic parameters of rice size and rice shape using diallel analysis. The plant material used was a full diallel cross population of 6 rice genotypes, namely Basmati Pakistan, Basmati Delta 9, Inpago

Unsoed 1, Inpari 31, Koshihikari and Tarabas. Thirty-six genotypes consisting of parents, F_1 and F_1 reciprocal were planted using a randomized block design with 3 replications. The data of rice grain length and length:width ratio was used to estimate the maternal cytoplasmic effect and for diallel analysis using the Hayman and Griffing method.

Research 3 objectives is to study gene action, inheritance pattern, gene number, genetic variability, heritability and genetic gain of rice grain size and grain shape characteristics at F_2 of Basmati Delta 9 x Koshihikari and Basmati Pakistan x Inpago Unsoed 1 crosses. The research material used was F_2 rice population from crosses of Basmati Delta 9 (extra-long, slender) x Koshihikari (short, round) and Basmati Pakistan (extra-long, slender) x Inpago Unsoed 1 (medium, medium).

The results of research 1 showed 1) yield and yield component traits show wide genetic diversity, broad heritability and high genetic progress, 2) yield and yield component traits have the same direction and level of significance at the phenotypic and genotypic levels, 3) rice grain size and grain shape showed a non-unidirectional relationship to the yield, but had an indirect effect on the yield, 4) a close relationship and a high direct effect on yield was indicated by total grain number per panicle, number of filled grain per panicle, percentage of filled grain per panicle, rice grain width and weight of 100 seeds, 5) selection to obtain high yielding rice genotypes can be done indirectly through the selection of the total number of grains per panicle and percentage of filled grain per panicle because these two traits have a close relationship and a positive direct effect on yields and have high heritability value and high genetic gain value.

The results of research 2 showed 1) rice grain size and grain shape were not affected by female parent cytoplasm, so that the F_2 and F_2 reciprocal populations could be combined at the next stage of selection and analysis, 2) there was no interaction between non-allele genes in controlling rice grain size and grain shape traits, 3) the effect of additive gene action is greater than dominant gene action on rice grain size and grain shape traits, so the selection of these traits can be done using simple selection at the beginning of the generation; 4) rice grain size and grain shape traits are controlled by partial dominance genes, 5) genes that determine the inheritance of rice grain size and grain shape traits are not evenly distributed in the parent population, 6) the dominant genes that determine the rice grain size and grain shape in the parental population are more than the recessive genes, 7) the gene number controlling the rice grain size and grain shape is at least one gene group, and 8) the estimated value of broad sense heritability and narrow sense heritability of rice grain size and grain shape traits is high so that it is possible to select rice grain size and grain shape traits in the early generations.

The results of research 3 showed 1) rice grain size and grain shape are controlled by polygenic genes, 2) genetic gain of rice grain size and grain shape traits of F_2 population of Basmati Delta 9 x Koshihikari and Basmati Pakistan Unsoed 1 crosses was low, 3) the estimate value of broad sense heritability and genetic gain of rice grain size and grain shape at F_2 population of Basmati Delta 9 x Koshihikari and Basmati Pakistan Unsoed 1 crosses is high so that it can be selected using a simple selection in the early generation using the pedigree method

and 4) transgressive segregant genotypes were obtained from the Pakistan Basmati x Inpago Unsoed 1 crosses, namely B12_1_59, B12_1_53, B12_1_75, B12_1_56, and B12_1_61, which could be continued to the F_3 generation to produce rice lines with extra-long and slender grains.

The conclusions of this study are 1) rice grain size and grain shape close non-unidirectional relationship and does not directly affect the yield, so that the selection for rice grain size and grain shape of rice must be restricted so as not to reduce yields, 2) rice grain size and grain shape is influenced by additive gene action and dominant gene action, but additive gene action has a stronger effect than dominant gene action, 3) genetic variability of rice grain size and grain shape traits is high in the parents, however low in the F_2 generation, 4) estimate value of heritability and genetic gain of rice grain size and grain shape traits at parental, F_1 and F_2 population is high, 5) rice grain size and grain shape traits rice is controlled by polygenic genes, 6) based on the relationship between traits, gene action, genetic diversity, heritability and genetic progress, selection of the size and shape of rice can be made using simple selection in early generation using the pedigree method and 7) transgressive segregant genotypes were obtained from the Pakistan Basmati x Inpago Unsoed 1 crosses, which could be continued to the F_3 generation to produce rice lines with extra-long and slender grains.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdala AJ, Bokosi JM, Mwangwela AM, Mzengeza TR. 2016. Correlation and path co-efficient analysis for grain quality traits in F₁ generation of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 8(7):109–116. doi:10.5897/jpbcs2016.0579.
- Abdel-Moneam MA, Sultan MS, Sadek SE, Shalof MS. 2015. Combining abilities for yield and yield components in diallel crosses of six new yellow maize inbred lines. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 9(2):86–94. doi:10.3923/ijpbg.2015.86.94.
- Adhikari BN, Joshi BP, Shrestha J, Bhatta NR. 2018. Genetic variability, heritability, genetic advance and correlation among yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agriculture and Natural Resources*. 1(1):149–160. doi:10.3126/janr.v1i1.22230.
- Adjah KL, Abe A, Adetimirin VO, Asante MD. 2020. Genetic variability, heritability and correlations for milling and grain appearance qualities in some accessions of rice (*Oryza sativa* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 26(6):1309–1317. doi:10.1007/s12298-020-00826-x.
- Agustina M, Sutjahjo SH, Trikoesoemaningtyas, Jagau Y. 2005. Pendugaan parameter genetika karakter agronomik padi gogo pada tanah ultisol melalui analisis dialel. *HAYATI Journal of Biosciences*. 12(3):98–102. doi:10.1016/S1978-3019(16)30333-3.
- Ahmed T, Sharma K, Das G. 1995. Inheritance of grain size and shape in rice (*Oryza sativa*). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 55(2):132–137.
- Al-Tabbal JA, Al-Fraihat AH. 2011. Genetic variation, heritability, phenotypic and genotypic correlation studies for yield and yield components in promising barley genotypes. *Journal of Agricultural Science*. 4(3):193–210. doi:10.5539/jas.v4n3p193.
- Ali EN, Rajeswari S, Saraswathi R, Jeyaprakash P. 2018. Genetic variability and character association for earliness, yield and its contributing traits in F₂ population of rice (*Oryza sativa* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 9(3):1163–1169. doi:10.5958/0975-928X.2018.00145.X.
- Ali SS, Yasin SI, Latif T. 2014. Genetic control of grain length and shape in Basmati lines of rice (*Oryza sativa* L.). *J Agric Res*,. 52(1):25–34.
- Allard RW. 1960. Principles of Plant Breeding. 2nd ed. New York, USA: John Wiley and Sons. Inc.
- Anbanandan V, Eswaran R. 2018. Genetic variability studies in rice g enotypes. *European Journal of Biotechnology and Bioscience*. 6(5):74–75.

- Anwar MC. 2021. BPS ungkap Indonesia masih impor beras 356.286 ton di 2020. *Kompas*, 29 Maret 2021.
- Archana RS, Rani MS, Vardhan KMV, Fareeda G. 2018. Correlation and path coefficient analysis for grain yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Chemical Studies*. 6(4):189–195. doi:10.22271/chemi.2020.v8.i2n.8888.
- Arif A Bin, Sujiprihati S, Syukur M. 2012. Pendugaan parameter genetik pada beberapa karakter kuantitatif pada persilangan antara cabai besar dengan cabai Keriting (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia*. 40(2):119–124.
- Asante MD. 2017. Breeding Rice for Improved Grain Quality. In: *Advances in International Rice Research*. Intech. p. 69–89.
- Asante MD, Adjah KL, Annan-Afful E. 2019. Assessment of genetic diversity for grain yield and yield component traits in some genotypes of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 22(2):123–130. doi:10.1007/s12892-019-0008-0.
- Asfaliza R, Rafii M, Saleh G, Omar O, Puteh A. 2012. Combining ability and heritability of selected rice varieties for grain yield. *Australian Journal of Crop Science*. 6(12):1718–1723. doi:10.2298/GENSR1502559A.
- Ashfaq M, Khan AS, Khan SHU, Ahmad R. 2012. Association of various morphological traits with yield and genetic divergence in rice (*Oryza sativa*). *International Journal of Agriculture and Biology*. 14(1):55–62.
- Aslam K, Arif M. 2014. SSR analysis of chromosomes 3 and 7 of rice (*Oryza sativa* L.) associated with grain length. *Pakistan Journal of Botany*. 46(4):1363–1373.
- Bai X, Luo L, Yan W, Kovi MRR, Zhan W, Xing Y. 2010. Genetic dissection of rice grain shape using a recombinant inbred line population derived from two contrasting parents and fine mapping a pleiotropic quantitative trait locus qGL7. *BMC Genetics*. 11(16):1–11. doi:10.1186/1471-2156-11-16.
- Baker RJ. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Science*. 18(4):533–536. doi:10.2135/cropsci1978.0011183x001800040001x.
- Balla MY, Ibrahim SE. 2017. Genotypic correlation and path coefficient analysis of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] for yield and its components. *Agricultural Research and Technology*. 7(3):3–7. doi:10.19080/ARTOAJ.2017.07.555715.
- Barmawi M. 2007. Pola segregasi dan heritabilitas sifat ketahanan kedelai terhadap Cowpea Mild Mottle Virus populasi Wilis X MLG2521. *Journal HPT Tropika*. 7(1):48–52.
- Basri F, Sharma HP, Jain P, Mahto G. 2015. Quality and starch evaluation of local varieties of rice grain quality and starch evaluation of local varieties of rice (*Oryza sativa* L.) growing in Jharkhand State, India. *International Journal*

of Current Research. 7(1):11895–11900.

- Begum HA, Sobhan MA. 1991. Genetic variability, heritability and correlation study in *C. capsularis*. *Bangladesh J Jute Fibre Res*. 16:113–118.
- Bharadwaj C, Mishra R, Rao SKK, Tara Satyavathi C, Mishra DKK, Satyavathi CT, Mishra DKK. 2005. Genetic architecture in some new plant-type-based crosses of rice (*Oryza sativa* L.) for yield components and yield contributing traits. *Tropical Agriculture*. 82(1–2):95–100.
- Bhor TJ, Chimote VP, Deshmukh MP. 2014. Genetic analysis of yield and yield components in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Indian Journal of Agricultural Research*. 48(6):446–452. doi:10.5958/0976-058X.2014.01328.6.
- Bhutta MA, Munir S, Qureshi MK, Shahzad AN, Aslam K, Manzoor H, Shabir G. 2019. Drought affects aquaporins gene expression in important pulse legume chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany*. 51(1):81–88. doi:10.30848/PJB2019.
- Bocanski J, Sreckov Z, Nastasic A. 2009. Genetic and phenotypic relationship between grain yield and components of grain yield of maize (*Zea mays* L.). *Genetika*. 41(2):145–154. doi:10.2298/gensr0902145b.
- Bornare SS, Mittra SK, Mehta AK. 2014. Genetic variability, correlation and path analysis of floral, yield and its component traits in CMS and Restorer lines of rice (*Oryza sativa* L.). *Bangladesh Journal of Botany*. 43(1):45–52.
- BPS. 2021. Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2020 (Angka Tetap). Badan Pusat Statistik Indonesia, Jakarta.
- Burnham CR. 1961. *Methods in Plant Genetics*. Saint Paul, Minnesota: University of Minnesota.
- Calle F, Perez JC, Gaitán W, Morante N, Ceballos H, Llano G, Alvarez E. 2005. Diallel inheritance of relevant traits in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) adapted to acid-soil savannas. *Euphytica*. 144(1–2):177–186. doi:10.1007/s10681-005-5810-y.
- Carsono N, Eldikara R, Sari S, Damayanti F, Rachmadi M. 2014. Pola segregasi pewarisan karakter butir kapur dan kandungan amilosa beras pada generasi F2 beberapa hasil persilangan padi (*Oryza sativa* L.). *Chimica et Natura Acta*. 2(2):131–136.
- Chahal GS, Gosal SS. 2003. *Principles and Prosedures of Plant Breeding: Biotechnological and Conventional Approaches*. New Delhi: Narosa Publishing House.
- Chakravorty A, Ghosh PD. 2013. Efficiency estimation of the agromorphological traits in kernel weight development in landraces of rice. *Current Botany*. 4(1):1–5.
- Chamundeswari N, Satyanarayana P V, Reddy KR, Suryanarayana Y. 2016.

- Estimates of genetic components in diallel crosses for yield and yield contributing characters in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Science, Environment and Technology*. 5(6):3951–3956.
- Chaudhari PR, Tamrakar N, Singh L, Tandon A, Sharma D. 2018. Rice nutritional and medicinal properties: A review article. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(2):150–156.
- Chen X, Jiang L, Zheng J, Chen F, Wang T, Wang M, Tao Y, Wang H, Hong Z, Huang Y, *dkk*. 2019. A missense mutation in Large Grain Size 1 increases grain size and enhances cold tolerance in rice. *Journal of Experimental Botany*. 70(15):3851–3866. doi:10.1093/jxb/erz192.
- Choudhary AK, Haider ZA, Mishra SB, Prasad K, Bhushan S, Kumar S, Choudhary VK, Bhushan M, Prasad JP. 2018. Assessment of genetic variability for yield and yield attributing traits in F₂ and F₃ population of rice (*Oryza sativa* L.) cross. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 31(2):1–5. doi:10.9734/cjast/2018/45875.
- Choudhary AK, Haider ZA, Prasad K, Mishra SB, Chakraborty M, Kumar N. 2018. Selection response and genetic variability for yield and its component traits of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(04):931–945. doi:10.20546/ijcmas.2018.704.099.
- Chozin M, Sumardi, Sudjamiko S, Barchia MF. 2017. Genetic variability and traits association analyses on F₂ generations for determination of selection criteria in Indonesian inland swamp rice breeding. *Australian Journal of Crop Science*. 11(5):535–541. doi:10.21475/ajcs.17.11.05.p317.
- Chunhai S, Zongthan S. 1995. Inheritance and Improvement of grain shape in Indica rice. *Chinese J Rice Sci*. 9(1):27–32.
- Cruz ND, Khush GS. 2000. Rice Grain Quality Evaluation Procedures. In: Singh RK, Singh US, Khush GS, editors. *Aromatic Rices*. New Delhi: Mohan Pramlani for Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. p. 15–28.
- Cuevas RP, Pede VO, McKinley J, Velarde O, Demont M. 2016. Rice grain quality and consumer preferences: A case study of two rural towns in the Philippines. *PLoS ONE*. 11(3):1–17. doi:10.1371/journal.pone.0150345.
- Custodio MC, Cuevas RP, Ynion J, Laborte AG, Velasco ML, Demont M. 2019. Rice quality: How is it defined by consumers, industry, food scientists, and geneticists? *Trends in Food Science and Technology*. 92:122–137. doi:10.1016/j.tifs.2019.07.039.
- Cyprien M, Kumar V, Province N, Science C. 2011. Correlation and path coefficient analysis of rice cultivars data. *Journal of Reliability and Stastical Studies*. 4(2):119–131.
- Daradjat AA, Rumanti AI. 2002. Pola pewarisan sifat ukuran dan bentuk biji padi sawah. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 21(2):1–4.

- Devi KR, Chandra BS, Lingaiah N, Hari Y, Venkanna V. 2017. Analysis of variability, correlation and path coefficient studies for yield and quality traits in Rice (*Oryza sativa* L.). *Agricultural Science Digest*. 37(1):1–9. doi:10.18805/asd.v0iof.7328.
- Divya J, Damodar Raju C, Subba Rao LV, Aparna K. 2018. Genetic variability studies in genetically diverse rice genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(04):1169–1172. doi:10.20546/ijemas.2018.704.129.
- Duan P, Rao Y, Zeng D, Yang Y, Xu R, Zhang B, Dong G, Qian Q, Li Y. 2014. Small grain 1, which encodes a mitogen-activated protein kinase kinase 4, influences grain size in rice. *Plant Journal*. 77(4):547–557. doi:10.1111/tpj.12405.
- El-Malky MM, Al-Daej M. 2018. Studies of genetic parameters and cluster analysis of some quantitative characters through diallel analysis of rice (*Oryza sativa* L.). *Vegetos*. 31(1):1–10. doi:10.4172/2229-4473.1000377.
- Fahliani RA, Khodambashi M, Houshmand S, Arzani A, Sorkheh K. 2011. Heritability for some agronomic characters of rice (*Oryza sativa* L.) and their linked microsatellites identification. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 35(5):481–490. doi:10.3906/tar-1001-645.
- Falconer DS, Mackay TFC. 1989. Introduction to Quantitative Genetic. 4th ed. Hong Kong: Longman Group.
- Fang N, Xu R, Huang L, Zhang B, Duan P, Li N, Luo Y, Li Y. 2016. Small grain 11 controls grain size, grain number and grain yield in rice. *Rice*. 9(1):1–11. doi:10.1186/s12284-016-0136-z.
- Faot MM, Zubaidah S, Kuswantoro H. 2019. Genetic correlation and path analysis of agronomical traits of soybean (*Glycine max*) lines infected by CpMMV. *Biodiversitas*. 20(6):1496–1503. doi:10.13057/biodiv/d200602.
- Faruq G, Hadjim K M, Meisner CAA, Hadjim MOKOK, Meisner CAA. 2004. Inheritance of kernel elongation in rice. *International Journal of Agriculture and Biology*. 6(5):813–815.
- Fasahat P, Muhammad K, Abdullah A, Ratnam W. 2012. Amylose content and grain length of new rice transgressive variants derived from a cross between *O. rufipogon* and Malaysian rice cultivar MR219. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 2(4):291. doi:10.18517/ijaseit.2.4.206.
- Fehr WR. 1991. Principles of Cultivar Development: Theory and Technique. IOWA, USA: Macmillan Publishing Company.
- Fellahi ZEA, Hannachi A, Bouzerzour H, Dreisigacker S, Yahyaoui A, Sehgal D. 2017. Genetic analysis of morpho-physiological traits and yield components in F₂ partial diallel crosses of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin*. 70(3):8237–8250.

doi:10.15446/rfna.v70n3.61927.

- Feng Y, Lu Q, Zhai R, Zhang M, Xu Q, Yang Y, Wang S, Yuan X, Yu H, Wang Y, dkk. 2016. Genome wide association mapping for grain shape traits in indica rice. *Planta*. 244(4):819–830. doi:10.1007/s00425-016-2548-9.
- Fisher RA, Immer FR, Tedin O. 1932. The genetical interpretation of statistics of the third degree in the study of quantitative inheritance. *Genetics*. 17(2):107–24. doi:10.1093/genetics/17.3.368.
- Fiyaz AR, Ramya KT, Chikkalingaiah, Ajay BC, Gireesh C, Kulkarni RS. 2011. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis studies in rice (*Oryza sativa* L.) under alkaline soil condition. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2(4):531–537.
- Fu F, Wang F, Huang W, Peng H, Wu Y, Huang D. 1994. Genetic analysis on grain characters in hybrid rice. *Acta AgronSin*. 20(1):39–45.
- Gomez AK, Gomez AA. 1995. Prosedur Statistik untuk Penelitian. Terjemahan, Oleh, Sjamsudin E, Baharsjah JS, editors. Jakarta: UI Press.
- Govintharaj P, Manonmani S, Robin S. 2018. Variability and genetic diversity study in an advanced segregating population of rice with bacterial blight resistance genes introgressed. *Ciencia e Agrotecnologia*. 42(3):291–296. doi:10.1590/1413-70542018423022317.
- Govintharaj P, Tannidi S, Swaminathan M, Sabariappan R, Nachimuthu VV, Gunasekaran K, Aravindhana B. 2017. Genetic variability for yield and yield components characters in bacterial blight and blast resistance genes introgressed backcross populations in rice. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(2):100–103. doi:10.20546/ijemas.2017.602.014.
- Griffing B. 1956a. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*. 9(4):463. doi:10.1071/bi9560463.
- Griffing B. 1956b. A generalised treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*. 10:31–50.
- Gull S, Haider Z, Gu H, Raza Khan RA, Miao J, Wenchen T, Uddin S, Ahmad I, Liang G. 2019. InDel marker based estimation of multi-gene allele contribution and genetic variations for grain size and weight in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Molecular Sciences*. 20(19). doi:10.3390/ijms20194824.
- Gunasekaran K, Sivakami R, Ponnaiah G, Sabariappan R. 2020. Genetic components and Vr–Wr graphical analysis using a diallel set of crosses involved biotic stress tolerance parents in rice. *Vegetos*. 33(3):430–434. doi:10.1007/s42535-020-00122-9.
- Gupta PKKK, Rustgi S, Kumar N. 2006. Genetic and molecular basis of grain size and grain number and its relevance to grain productivity in higher plants.

- Genome*. 49(6):565–571. doi:10.1139/G06-063.
- Hairmansis A, Kustianto B, Suwarno S. 2013. Correlation analysis of agronomic characters and grain yield of rice for tidal swamp areas. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 11(1):11–15. doi:10.21082/ijas.v11n1.2010.p11-15.
- Hajiaqatabar A, Kiani G, Kazemitabar SK. 2016. Correlation and path coefficient analysis for yield and yield components in F₂ segregating populations of rice: Scientific note. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*. 12(3):749–755. doi:10.12816/0033377.
- Handoko Dody Dwi, Suhartini, Wahab MI. 2018. Seputar mutu beras kemasan. In: Rahmini, Suprihanto, Nuryanto B, Usyati N, Herawati NA, Kusbiantoro B, Handoko Doddy D, A S, Ruskandar A, Widyantoro, editors. Prosiding Seminar Nasional 2017. Sukamandi: Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. p. 977–985.
- Haryanto TAD. 1994. Pewarisan Sifat Toleransi Pada Tanaman Kedelai Terhadap Tanah Masam Podsolik Merah Kuning Jasinga. [Tesis]. Universitas Padjadjaran Bandung.
- Haryanto TAD, Azis FN, Hidayat P, Susanti D, Riyanto A, Zheng SH. 2014. Path coefficient analysis on G39×Ciherang and Mentik Wangi×G39 Rice in F4 Generation. *Agrivita*. 36(1):9–13. doi:10.17503/agrivita-2014-36-1-p009-013.
- Hasib KM, Ganguli PK, Kole PC. 2002. Genetic analysis of some quantitative characters in aromatic rice involving induced mutants. 5:1–6.
- Hayman BI. 1954. The theory and analysis of dillel crosses. *Genetics*. 39(6):789–809.
- Hayman BI. 1958. The theory and analysis of diallel crosses. II. *Genetics*. 43(1):63–85.
- Heda GD, Reddy GM. 1984. Inheritance studies of morphological and quality characteristics in rice. *Sabao Jurnal*. 16(2):153–156.
- Hema T, Saravanan S, Kannan R, Shoba D, Arumugam Pillai M. 2019. Studies on genetic variability, association and path coefficient analysis in F₂ derivatives of CR 1009 × WP 22-2 for earliness and semi-dwarfism in rice (*Oryza sativa* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 10(2):585–591. doi:10.5958/0975-928X.2019.00074.7.
- Herawati R, Masdar, Alnopri. 2019. Genetic analysis of grain yield of F4 populations for developing new type of upland rice. *Sabao Journal of Breeding and Genetics*. 51(1):68–79.
- Hermanto S. 2017. Kebijakan harga beras ditinjau dari dimensi penentu harga. *Forum Penelitian Agro Ekonomi, Vol 35 No 1, Juli 2017: 31-43*. 35(1):31–43.

- Iftekharuddaula KM, Newaz MA, Salam MA, Akter K. 2008. Genetic analysis for panicle characters in diallel cross of rice. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 33(3):631–638. doi:10.3329/bjar.v33i4.2307.
- Indrasari SD, Daradjat AA, Hanarida I, Komari. 2007. Evaluasi karakteristik mutu giling, mutu tanak, dan kandungan protein-besi kompleks pada beberapa genotipe padi. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 26(1):62–68.
- Indrasari SD, Rakhmi AT, Subekti A, Kristamtini K. 2016. Mutu fisik, mutu giling dan mutu fungsional beras varietas lokal Kalimantan Barat. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 35(1):19. doi:10.21082/jpntp.v35n1.2016.p19-28.
- IRRI. 2002. Standar Evaluation System for Rice (SES). Manila: International Rice Research Institute.
- Jambormias E. 2014. Analisis Genetik dan Segregasi Transgresif Berbasis Informasi Kekerabatan untuk Potensi Hasil dan Panen Serempak Kacang Hijau. [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Jambormias E, Riry J. 2009. Penyuaian data dan penggunaan informasi kekerabatan kuantitatif pada tanaman menyerbuk sendiri (suatu pendekatan dalam seleksi). *Jurnal Budidaya Pertanian*. 5(1):11–18.
- Jewel Z, Patwary A, Maniruzzaman S, Barua R, Begum S. 2011. Physico-chemical and Genetic Analysis of Aromatic Rice (*Oryza sativa* L.) Germplasm. *The Agriculturists*. 9(1–2):82–88. doi:10.3329/agric.v9i1-2.9482.
- Jinks JL. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics*. 39(6):767–788. doi:10.1093/genetics/39.6.767.
- Johnson HW, Robinson HF, Comstock RE. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agronomy Journal*. 47(7):314–318. doi:10.2134/agronj1955.00021962004700070009x.
- Johnson LP V. 1963. Applications of the Diallel Cross Technique to Plant Breeding. In: Hanson WD, Robinson HF, editors. *Statistical Genetics and Plant Breeding*. Washington DC: National Acad of Sci-National Res. Council. p. 561–569.
- Jondhale ASS, Bhavé SGG, Devmore JP, Dalvi V V. 2015. Inheritance of grain size and shape in rice (*Oryza sativa* L). *Periodic Research*. 4(1):47–49.
- Juliano BO. 2008. Rice Chemistry and Quality. Manila: International Rice Research Institute.
- Kato T. 1989. Dialle analysis of grain size of rice (*Oryza sativa* L). *Japan Journal Breeding*. 39:39–45.
- Kato T. 1990. Heritability for grain size of rice (*Oryza sativa* L) estimated from parent-offspring corellation and selection response. *Japan Journal Breeding*. 40:313–320.
- Kato T. 1991. Genetic analysis of grain size in rice. In: *Proceeding of Second*

- International Rice Genetic Symposium. Manila: International Rice Research Institute. p. 181–189.
- Kementan. 2020. Stok beras aman sampai 2020. *Kementerian Pertanian Indonesia*. doi:10.5025/hansen1930.13.4_251.
- Ketan R, Sarkar G. 2014. Studies on variability, heritability, genetic advance and path analysis in some indigenous Aman rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Crop and Weed*. 10(2):308–3015. doi:10.15740/has/ijas/13.1/49-52.
- Khatun MM, Ali MH, Cruz QD Dela. 2003. Correlation studies on grain physicochemical characteristics of aromatic rice. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6(5):511–513.
- Kiani S, Agahi K. 2016. Correlation and path coefficient analysis of morphological traits affecting grain shape in rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Agriculture and Forestry*. 62(4):227–237. doi:10.17707/agricultforest.62.4.24.
- Kishore C, Kumar Anil, Pal AK, Kumar V, Prasad BD, Kumar Anand. 2018. Character association and path analysis in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(3):283–291.
- Kishore NS, Srinivas T, Nagabhushanam U, Pallavi M, Sameera SK. 2015. Genetic variability, correlation and path analysis for yield and yield components in promising rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *SAARC Journal of Agriculture*. 13(1):99–108. doi:10.3329/sja.v13i1.24184.
- Kozak M, Krzanowski W, Tartanus M. 2012. Use of the correlation coefficient in agricultural sciences: problems, pitfalls and how to deal with them. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*. 84(4):1147–1156. doi:10.1590/S0001-37652012000400029.
- Kumar S, Singh D, Satyendra, Sirohi A, Kant S, Kumar A, Pal K, Kumar M. 2012. Variability, heritability and genetic advance in rice (*Oryza sativa* L.). *Environment & Ecology*. 30(4):1374–1377. doi:10.15740/has/ajbs/12.2/244-247.
- Kumar S, Singh H, Sharma J. 2007. Gene action for grain yield, its components and quality traits in hill rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 67(3):275–277.
- Kumar S, Singh HB, Sharma JK. 2008. Mode of gene action for grain yield, its components and grain quality traits in non-segregating generation (F₁) of rice. 45(2):152–155.
- Kumari N, Parmar M. 2020. Correlation and path coefficient analysis for grain yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.) under aerobic condition. *International Journal of Chemical Studies*. 8(2):927–930. doi:10.22271/chemi.2020.v8.i2n.8888.
- Kuswanto, Guritno B, Soetopo L, Kasno A. 2004. Pendugaan jumlah dan model aksi gen ketahanan kacang panjang (*Vigna sesquipedalis* L. Fruwirth)

- terhadap *Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus*. *Agrivita*. 26(3):262–270.
- Lakshmi MV, Suneetha Y, Yugandhar G, Lakshmi NV. 2014. Correlation studies in rice (*Oryza sativa* L.). 5(2):121–126.
- Lee CM, Park J, Kim B, Seo J, Lee G, Jang S, Koh HJ. 2015. Influence of multi-gene allele combinations on grain size of rice and development of a regression equation model to predict grain parameters. *Rice*. 8(1):1–10. doi:10.1186/s12284-015-0066-1.
- Lestari AP, Suwarno, Trikoesoemaningtyas, Sopandie D, Aswidinnoor H. 2015. Panicle length and weight performance of F₃ population from local and introduction hybridization of rice varieties. *HAYATI Journal of Biosciences*. 22(2):87–92.
- Li J, Thomson M, McCouch SR. 2004. Fine mapping of a grain-weight quantitative trait locus in the pericentromeric region of rice chromosome 3. *Genetics*. 168(4):2187–2195. doi:10.1534/genetics.104.034165.
- Lilly MS, Sassikumar D, Suresh R. 2018. Variability and heritability analysis for yield and grain quality attributes in F₂ intervarietal populations of rice. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(07):4329–4338. doi:10.20546/ijcmas.2018.707.504.
- Madhukar P, Raju CHS, Senguttuvel P, Reddy SN. 2017. Association and path analysis of yield and its components in aerobic rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(9):1335–1340. doi:10.20546/ijcmas.2017.609.161.
- Mahmud I, Kramer HH. 1951. Segregation for yield, height, and maturity following a soybean cross. *Agronomy Journal*. 43(12):605–609. doi:10.2134/agronj1951.00021962004300120005x.
- Malau S. 2005. Biometrika Genetika dalam Pemuliaan Tanaman. Medan: Universitas HKBP Nommensen Medan.
- Manalu LPP, Adinegoro H. 2018. Mutu beras penggilingan padi di Rice Processing Center Kabupaten Mukomuko sesuai SNI 6128:2015. *Jurnal Standardisasi*. 19(1):61. doi:10.31153/js.v19i1.422.
- Maryono MY, Trikoesoemaningtyas, Wirnas D, Human S. 2019. Analisis genetik dan seleksi segrega transgresif pada populasi F₂ sorgum Hasil persilangan B69 × Numbu dan B69 × Kawali. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 47(2):163–170. doi:10.24831/jai.v47i2.24991.
- Millah Z, Sujiprihati S, Hidayat SH. 2012. Pewarisan karakter ketahanan terhadap ChiVMV (*Chilli Veinal Mottle Virus*) pada tanaman cabai. *Jur Agroekotek*. 4(1):47–54.
- Ming-wei L, Yongl L, Shi-quan W, Qi-ming D, Ping L, Liu M, Liu Y, Wang S, Deng M, Li P. 2005. Genetic analysis and mapping of dominant minute grain gene. *Rice Science*. 12(4):243–248.

- Murai M, Kinoshita T. 1986. Diallel analysis of traits concening yield in rice. *Japan Journal Breeding*. 36:7–15.
- Mustafa M, Syukur M, Sutjahjo SH, Sobir. 2019. Inheritance study for fruit characters of tomato IPBT78 X IPBT73 using Joint Scaling Test. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 382(1):1–5. doi:10.1088/1755-1315/382/1/012009.
- Muthuramu S, Ragavan T. 2020. Genotypic correlation and path coefficient analysis for yield traits in rainfed rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9(2):1621–1623.
- Nafisah, Roza C, Yunani N, Hairmansis A, Rostiati T, Jamil A. 2020. Genetic variabilities of agronomic traits and bacterial leaf blight resistance of high yielding rice varieties. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 20(2):43–54.
- Nair B, Ghorade RB. 2016. Griffing and Hayman's diallel analyses of variance for shoot fly resistance traits in sorghum. *Plant Archives*. 16(2):705–714.
- Nechifor B, Filimon R, Szilagyi L. 2011. Genetic variability, heritability and expected genetic advance as indices for yield and yield components selection in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientific Papers, UASVM Bucharest, Series A*. 54:1222–5339.
- Ngangkham U, Samantaray S, Yadav MK, Kumar A, Chidambaranathan P, Katara JL. 2018. Effect of multiple allelic combinations of genes on regulating grain size in rice. *PLoS ONE*. 13(1):1–20. doi:10.1371/journal.pone.0190684.
- Nirmaladevi G, Padmavathi G, Kota S, Babu VR. 2015. Genetic variability, heritability and correlation coefficients of grain quality characters in rice (*Oryza sativa* L.). *Sabroa Journal of Breeding and Genetics*. 47(4):424–433. doi:10.1093/eupub/ckl252.
- Nsabiyeera V, Ochwo-Ssemakula M, Sseruwagi P, Ojiewo C, Gibson P. 2013. Combining ability for field resistance to disease, fruit yield and yield factors among hot pepper (*Capsicum annuum* L.) Genotypes in Uganda. *International Journal of Plant Breeding*. 7(1):12–21.
- Nugraha Y, Suwarno. 2007. Pewarisan sifat pemanjangan nasi dari varietas padi lokal. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 26(1):1–7.
- Nurhidayah S, Firmansyah E, Haryanto TAD, Dewi PS. 2021. Genetic analysis on grain physical characteristics and grain color from the crosses of black × white rice genotypes. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 22(5):2763–2772. doi:10.13057/biodiv/d220539.
- Nurhidayah S, Wahyu Y, Willy Bayuardi Suwarno D, Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman P, Pascasarjana S, Pertanian Bogor I. 2017. Estimation of genetic parameters and identification of transgressive segregants of population of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in F₃ generation.

- J Agron Indonesia*. 45(2):162–168. doi:10.24831/jai.v45i2.12940.
- Ocan D, Tusiime R, Khizzah BW, Lamo J, Chiteka A, Rubaihayo PR. 2021. Inheritance studies of grain shape and aroma traits of rice genotypes in Uganda rice germplasm. *Journal of Plant Breeding and Crop Sciences*. 13(3):77–86. doi:10.5897/JPBCS2021.0953.
- Oktaviyanti RN, Soegianto A. 2019. Pola segregasi pada beberapa karakter tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) generasi F₂ hasil persilangan HC48 dan SM004. *Jurnal Produksi Tanaman*. 7(8):1393–1400.
- Olivoto T, de Souza VQ, Nardino M, Carvalho IR, Ferrari M, de Pelegrin AJ, Szareski VJ, Schmidt D. 2017. Multicollinearity in path analysis: A simple method to reduce its effects. *Agronomy Journal*. 109(1):131–142. doi:10.2134/agronj2016.04.0196.
- Pandey P, Anurag PJ. 2010. Estimation of genetic parameters in indigenous rice. *Advances in Agriculture & Botany*. 2(1):79–84.
- Parkes EY, Fregene M, Dixon A, Boakye-Peprah B, Labuschagne MT. 2013. Combining ability of cassava genotypes for cassava mosaic disease and cassava bacterial blight, yield and its related components in two ecological zones in Ghana. *Euphytica*. 194(1):13–24. doi:10.1007/s10681-013-0936-9.
- Patil S, Sahu V. 2009. Correlation and path analysis of rice germplasm accessions. *International Journal of Plant Sciences*. 4(2):426–428.
- Petersen RG. 1994. *Agricultural Field Experiments: Design and Analysis*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Poehlman JM. 1987. *Breeding Field Crops*. 3rd ed. New York, USA: An AVI Book.
- Prakash HP, Verma OP, Chaudhary AK, Amir M. 2018. Correlation and path coefficient analysis in elite germplasm of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(7):177–187. doi:10.20546/ijcmas.2018.707.400.
- Prasad K, Seetharaman R. 1991. Inheritance of grain size and its interrelationship in rice. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 51(3):352–356.
- Prem Kumar A, Sarawgi AK, Verulkar SB, Verma R. 2010. Correlation coefficient and path analysis study among grain quality components in rice (*Oryza sativa* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 1(6):1468–1473.
- Premkumar R, Gnanamalar R., Anandakumar CR. 2015. Correlation and path coefficient analysis among grain yield and kernel characters in rice (*Oryza sativa* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 6(1):288–291.
- Premkumar R, Gnanamalar RP, Anandakumar CR. 2016. Correlation and path coefficient analysis of grain quality traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*. 50(1):27–32. doi:10.18805/ijare.v0i0F.8434.

- Priyanka K, Jaiswal HKH. 2017. Genetic analysis of yield and yield contributing traits in boro rice (*Oryza sativa* L.) Over environments. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 42(3):457–466. doi:10.3329/bjar.v42i3.34504.
- Priyanto SB, Azrai M, Syakir M. 2018. Analisis ragam genetik, heritabilitas, dan sidik lintas karakter agronomik jagung hibrida silang tunggal. *Informatika Pertanian*. 27(1):1–8.
- Purwani EY, Wardana IP. 2018. Karakteristik fisiko-kimia varietas beras khusus untuk pangan inovatif. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 2(3):165–172. doi:10.21082/jpntp.v2n3.2018.p165-172.
- Rabiei B, Zarbafi SS, Allahgholipour M. 2014. Genetic analysis of appearance and cooking quality traits in different rice cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Sciences*. 44(4):597–612.
- Rafii MY, Zakiah MZ, Asfaliza R, Haifaa I, Latif MA, Malek MA. 2014. Grain quality performance and heritability estimation in selected F₁ rice genotypes. *Sains Malaysiana*. 43(1):1–7.
- Raghavendra P, Hittalmani S. 2016. Genetic parameters of two BC₂F₁ populations for development of superior male sterile lines pertaining to morpho-floral traits for aerobic rice (*Oryza sativa* L.). *SAARC Journal of Agriculture*. 13(2):198–213. doi:10.3329/sja.v13i2.26580.
- Rajamadhan R, Eswaran R, Anandan A. 2011. Investigation of correlation between traits and path analysis of rice (*Oryza sativa* L.) grain yield under coastal salinity. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 2(4):538–542.
- Rani CS, Anandakumar CR, Raveendran M, Subramanian KS, Robin S. 2016. Genetic variability studies and multivariate analysis in F₂ segregating populations involving medicinal rice (*Oryza sativa* L.) Cultivar Kavuni. *International Journal of Agriculture Sciences*. 8(35):1733–1735.
- Rathod R, Rao DS, Babu VR, Bharathi M. 2017. Correlation and path co-efficient analysis for yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*. 6(11):183–188. doi:10.3923/ajps.2002.241.244.
- Ratna M, Begum S, Husna A, Dey SR, Hossain MS. 2015. Correlation and path coefficients analyses in Basmati rice. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 40(1):153–161. doi:10.3329/bjar.v40i1.23768.
- Ratna M, Begum S, Kawochar MA, Ahmed S, Ferdous J. 2016. Estimation of grain quality components and their correlation of Basmati rice (*Oryza sativa* L.). *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 39(3):381–391.
- Ratner B. 2009. The correlation coefficient : Its values range between + 1 / – 1 , or do they ? *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*. 17:139–142. doi:10.1057/jt.2009.5.
- Reddyamini B, Reddy KH, Reddy VLN, Babu PR, Sudhakar P. 2019.

- Transgressive segregation for yield and its component traits in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 8(06):2450–2455. doi:10.20546/ijcmas.2019.806.292.
- Ridha M, Istiqlal A, Syukur M, Wahyu Y, Agronomi D, Pertanian F, Bogor IP. 2014. Analisis dialel untuk pendugaan parameter genetik komponen hasil pada cabai (*Capsicum annuum* L.) menggunakan Metode Hayman. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 42(2):125–131. doi:10.24831/jai.v42i2.8429.
- Ritonga AW, Chozin MA, Syukur M, Maharijaya A, Sobir. 2018. Short communication: genetic variability, heritability, correlation, and path analysis in tomato (*Solanum lycopersicum*) under shading condition. *Biodiversitas*. 19(4):1527–1531. doi:10.13057/biodiv/d190445.
- Robson D. 1956. Applications of the K4 statistic to genetic variance component analyses. *Biometrics*. 12(4):433–444.
- Rojas BA, Sprague GF. 1952. A Comparison of variance components in corn yield trials: III. general and specific combining ability and their interaction with locations and years 1. *Agronomy Journal*. 44(9):462–466. doi:10.2134/agronj1952.00021962004400090002x.
- Roy D. 2000. Plant Breeding: Analysis and Exploitation of Variance. New Delhi: Narosa Publishing House.
- Roy SC, Shil P. 2020. Assessment of genetic heritability in rice breeding lines based on morphological traits and caryopsis ultrastructure. *Scientific Reports*. 10:1–17. doi:10.1038/s41598-020-63976-8.
- Rukundo P, Shimelis H, Laing M, Gahakwa D. 2017. Combining ability, maternal effects, and heritability of drought tolerance, yield and yield components in sweetpotato. *Frontiers in Plant Science*. 7:1–14. doi:10.3389/fpls.2016.01981.
- Sabesan T, Suresh R, Saravanan K. 2009. Genetic variability and correlation for yield and grain quality characters of rice grown in coastal saline low land of Tamilnadu. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 1(1):56–59.
- Sabri RS, Rafii MY, Ismail MR, Yusuff O, Chukwu SC, Hasan N. 2020. Assessment of agro-morphologic performance, genetic parameters and clustering pattern of newly developed blast resistant rice lines tested in four environments. *Agronomy*. 10(8):1–17. doi:10.3390/agronomy10081098.
- Sahu PK, Sharma D, Mondal S, Kumar V, Singh S, Baghel S, Tiwari A, Vishwakarma G, Das BK. 2017. Genetic variability for grain quality traits in indigenous rice landraces of Chhattisgarh India. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 5(4):439–455. doi:10.18006/2017.5(4).439.455.
- Saidon SA, Kamaruzaman R, Razak MSFA, Ramli A, Sarif HM, Zuki ZM, Rahman SNA, Devarajan T, Sunian E. 2020. Studies on heritability and genetic

- variability for grain physical properties in Malaysian rice germplasm. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 482:1–6. doi:10.1088/1755-1315/482/1/012022.
- Saif-ur-Rasheed M, Sadaqat HA, Babar M. 2002. Inter-relationship among grain quality traits of rice (*Oryza sativa* L). *Asian Journal of Plant Sciences*. 1(3):245–247.
- Saifullah A. 2014. Tantangan perberasan nasional menghadapi pasar tunggal ASEAN 2015. *Pangan*. 23(2):178–192.
- Saikiran V, Krishna L, Mohan YC, Shankar VG. 2018. Studies on gene action and combining ability analysis in hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(11):101–107. doi:10.20546/ijcmas.2018.711.015.
- Saleh MM, Salem KFM, Elabd AB. 2020. Definition of selection criterion using correlation and path coefficient analysis in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Bulletin of the National Research Centre*. 44(143):1–6. doi:10.1186/s42269-020-00403-y.
- Salem KFM, Yaseen YM, El-Abd AB, Ayoub A. 2015. Inheritance of some yield components and grain quality traits in rice. *J Product & Dev*. 20(2):161–177.
- Samak NA, Shailaja H, Shashidhar N, Biradar H. 2011. Exploratory studies on genetic variability and genetic control for protein and micronutrient content in F4 and F5. *Asian Journal of Plant Sciences*. 10(7):376–379.
- Sarawgi AK, Rastogi NK, Soni DK. 1997. Correlation and path analysis in rice accessions from Madhya Pradesh. *Field Crops Research*. 52(1–2):161–167. doi:10.1016/S0378-4290(96)01061-1.
- Sarwar AKMG, Ali MA, Karim MA. 1998. Correlation of grain characters in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of the National Science Council of Sri Lanka*. 26(3):209–215. doi:10.4038/jnsf.v26i3.5003.
- Savitha P, Kumari RU. 2015. Genetic variability studies in F2 and F3 segregating generations for yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.). *Indian Journal of Science and Technology*. 8(17):2–8. doi:10.17485/ijst/2015/v8i17/61899.
- Schmidt P, Hartung J, Bennewitz J, Hans-Peter P. 2019. Heritability in plant breeding on a genotype-difference basis. *Genetics*. 212(4):991–1008. doi:10.1534/genetics.119.302134.
- Sembiring H. 2010. Ketersediaan inovasi teknologi unggulan dalam meningkatkan produksi padi menunjang swasembada dan ekspor. In: Suprihatno B, Daradjat A, Satoto, Baihaki S, Sudir, editors. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Padi 2009*. Sukamandi: Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. p. 1–16.
- Seneega TVA, Gnanamalar RP, Parameswari C, Vellaikumar S, Priyanka AR.

2019. Genetic variability and association studies in F2 generation of rice (*Oryza sativa* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 10(2):512–517. doi:10.5958/0975-928X.2019.00064.4.
- Shah A, Hassan G, Amin J, Ghani F. 2018. Estimation of genetic parameters and interrelationship among important traits in bread wheat. *International Journal of Farming and Allied Sciences*. 7(3):93–99.
- Sharifi P. 2018. Sequential path analysis for determination of relationships between yield-related characters and yield and amyloso content in rice. *Philippine Journal of Crop Science*. 43(3):73–79.
- Sheshaiah, Kumar BMD, Gangaprasad S, Gowda TH, Hosagoudar GN, Shashidhar HE. 2018. Studies on variability and frequency distribution of yield and yield related traits in F2 population of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(9):2048–2052. doi:10.5958/0975-928X.2018.00145.X.
- Shi C, Zhu J, Wu J, Fan L. 2000. Genetic and genotype x environment interaction effects from embryo, endosperm, cytoplasm and maternal plant for rice grain shape traits of indica rice. *Field Crops Research*. 68(3):191–198. doi:10.1016/S0378-4290(00)00124-6.
- Singh MK, Singh P, Singh RP, Mohapatra C. 2013. Association analysis for yield and quality attributes in Indica rice and screening of hybrids against blast disease (*Magnaporthe grisea* Barr.). *Journal of Plant Sciences*. 8(2):45–56. doi:10.3923/jps.2013.45.56.
- Singh R, Yadav V, Mishra DN, Yadav A. 2018. Correlation and path analysis in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*.:2084–2090.
- Singh RK, Chaudhary BD. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis. New Delhi: Kalyani Publishers.
- Singh SK, Singh CM, Lal GM. 2011. Assessment of genetic variability for yield and its component characters in rice (*Oryza sativa* L.). *Research in Plant Biology*. 1(4):73–76.
- Sivasubramanian S, Menon M. 1973. Heterosis and inbreeding depression in rice. *Madras Agricultural Journal*. 60:1139–1144.
- Snyder LH, David PR. 1957. The Principles of Heredity. New York: Health and Company.
- Sousa JA de, Maluf WR. 2003. Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Scientia Agricola*. 60(1):105–113. doi:10.1590/s0103-90162003000100016.
- Sprague GF, Tatum LA. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. *Agronomy Journal*. 34(10):923–932. doi:10.2134/agronj1942.00021962003400100008x.

- Sreedhar M, Vanisree S, Kulkarni N, Ganesh M. 2005. Gene effects for certain physical quality traits and grain yield in rice. *Madras Agricultural Journal*. 92(4–6):183–187.
- Srivastava AK, Jaiswal HK, Agrawal RK. 2012. Genetics of grain quality traits in indigenous aromatic rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Res*. 44(1&2):135–140.
- Srivastava AK, Jaiswal HK, Agrawal RK, Singh RP. 2012. Indigenous Aromatic Rice (*Oryza sativa* L.). 25(1):146–150.
- Stansfield WD. 1991. Schaum's Outline of Theory and Problems of Genetics. Third. New York: McGraw-Hill Companies.
- Steel R, Torrie J. 1960. Principle and Procedure of Statistics. New York, USA: McGraw Bork Hall.
- Stoskopf NC, Tomes DT, Christie BR. 1993. Plan Breeding: Theory and Practice. Colorado, USA: Westview Press. Inc.
- Sudeepthi K, Srinivas T, Kumar BNVSRR, Jyothula DPB, Umar SN. 2020. Assessment of genetic variability, character association and path analysis for yield and yield component traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 11(1):65–69. doi:10.37992/2020.1101.026.
- Suhartini, Wardana IP. 2015. Mutu beras padi aromatik dari pertanaman di lokasi dengan ketinggian berbeda. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 30(2):88–94. doi:10.21082/jpntp.v30n2.2011.p%p.
- Sujiprihati S, Saleh G Bin, Ali ES. 2003. Heritability, performance and correlation studies on single cross hybrids of tropical maize. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2(1):51–57.
- Sujiprihati S, Yuniarti R, Syukur M, Undang. 2007. Pendugaan nilai heterosis dan daya gabung beberapa komponen hasil pada persilangan dialel penuh enam genotipe cabai (*Capsicum annum* L.). *Buletin Agronomi*. 35(1):28–35. doi:10.24831/jai.v35i1.1307.
- Sulistyo A, Mejaya MJ. 2018. Genetic parameters estimation of agronomic traits in soybean population resistant to whitefly. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 197. p. 1–7.
- Sumathi K, Ganesan KKN, Senthil N. 2018. Variability Parameters Studies in Sorghum Downy Mildew Resistant BC3F3 Progenies of Maize. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(06):3847–3854. doi:10.20546/ijcmas.2018.706.453.
- Sundaram KM, Rajeswari S, Saraswathi R, Jayaprakash P. 2019. Genetic variability studies for yield and its components and quality traits with high iron and zinc content in segregating population of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Chemical Studies*. 7(3):800–805.
- Supardi. 2013. Aplikasi Statistik Dalam Penelitian: Konsep Statistik Yang Lebih Komprehensif. Jakarta: Change Publication.

- Syukur M. 2007. Analisis Genetik Dan Studi Pewarisan Sifat Ketahanan Cabai (*Capsicum annum* L.) Terhadap Antraknosa Yang Disebabkan Oleh *Colletotrichum acutatum* [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor.
- Syukur M, Sujiprihati S, Yunianti R, Undang. 2010. Diallel analysis using Hayman method to study genetic parameters of yield components in pepper (*Capsicum annum* L.). *HAYATI Journal of Biosciences*. 17(4):183–188. doi:10.4308/hjb.17.4.183.
- Takeda K. 1991. Inheritance of grain size and its implications for rice breeding. In: Proceeding of Second International Rice Genetic Symposium. Manila: International Rice Research Institue. p. 181–189.
- Takeda K, Kato T. 1992. Duplicate genes controlling long grain of a rice variety IRAT13. *Rice Genetics Newsletter*. 9:59.
- Talukdar A, Zhang GQ. 2008. Inheritance of grain shape and molecular tagging of the QTL for reduced grain width (gw) in rice (*Oryza sativa* L.). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 68(2):103–107.
- Thattil MP, Perera ALT. 1991. Evaluation of yield and grain quality characters in rice hybrids using diallel genetic design. *Tropical Agriculture Reserach*. 3:65–76.
- Timisela J, Anakotta AA, Hiariej A, Jambormias E. 2020. Korelasi genotipe dan fenotipe antar sifat kuantitatif pada populasi segregasi transgresif kacang hijau. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 16(1):21–30. doi:10.30598/jbdp.2020.16.1.21.
- Tiwari DN, Tripathi SR, Tripathi MP, Khatri N, Bastola BR. 2019. Genetic variability and correlation coefficients of major traits in early maturing rice under rainfed lowland environments of Nepal. *Advances in Agriculture*. 2019:1–9. doi:10.1101/520338.
- Tripathi A, Kumar S, Singh MK, Kumar A, Karnwal MK. 2017. Phenotypic assessment of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for genetic variability and varietal diversity under direct seeded condition. *Journal of Applied and Natural Science*. 9(1):6–9. doi:10.31018/jans.v9i1.1138.
- Vanaja T, Babu LC. 2006. Variability in grain quality attributes of high yielding rice varieties (*Oryza sativa* L.) of diverse origin. *Journal of Tropical Agriculture*. 44(1–2):61–63.
- Veni BK, Rani NS. 2008. Inheritance of grain size and shape in rice. *Oryza*. 45(3):242–244.
- Venkatesan M, Anbuselvam Y, Elangaimannan R, Karthikeyan P. 2007. Combining ability for yield and physical characters in rice. *Oryza*. 44(4):296–299.
- Wahyu Y, Putri NE, Trikoesoemaningtyas, Sutjahjo SH, Nur A. 2018. Short communication: correlation, path analysis, and heritability of phenotypic characters of bread wheat F2 populations. *Biodiversitas*. 19(6):2344–2352.

doi:10.13057/biodiv/d190644.

- Wang S, Wu K, Yuan Q, Liu X, Liu Z, Lin X, Zeng R, Zhu H, Dong G, Qian Q, *dkk*. 2012. Control of grain size, shape and quality by OsSPL16 in rice. *Nature Genetics*. 44(8):950–954. doi:10.1038/ng.2327.
- Wibowo P, Indrasari SD, Jumali. 2009. Identifikasi karakteristik dan mutu beras di Jawa Barat. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 28(1):43–49.
- Widyastuti Y, Kartina N, Rumanti IA, Satoto. 2017. Prediction of combining ability and heterosis in the selected parents and hybrids in rice (*Oryza sativa* L.). *Informatika Pertanian*. 26(1):31–40. doi:10.21082/ip.v26n1.2017.p31-40.
- Xu X, Zhang M, Xu Q, Feng Y, Yuan X, Yu H, Wang Y, Wei X, Yang Y. 2020. Quantitative trait loci identification and genetic diversity analysis of panicle structure and grain shape in rice. *Plant Growth Regulation*. 90(1):89–100. doi:10.1007/s10725-019-00549-4.
- Yin C, Li H, Li S, Xu L, Zhao Z, Wang J. 2015. Genetic dissection on rice grain shape by the two-dimensional image analysis in one japonica $\times$ indica population consisting of recombinant inbred lines. *Theoretical and Applied Genetics*. 128(10):1969–1986. doi:10.1007/s00122-015-2560-7.
- Yuan P-R, Kim H, Chen Q-H, Ju H-G, Ji S-D, Ahn S-N. 2010. Mapping QTLs for grain quality using an introgression line population from a cross between *Oryza sativa* and *O. rufipogon*. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 13(4):205–212. doi:10.1007/s12892-010-0094-8.
- Yunianti R, Sastrosumarjo S, Sujiprihati S, Surahman M, Hidayat SH. 2011. Diallel analysis of chili (*Capsicum annum* L.) resistance to *Phytophthora capsici* Leonian. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 39(3):168–172. doi:10.24831/jai.v39i3.14957.
- Zahid MA, Akhter M, Manzoor Z, Afzal Zahid M, Akhter M, Sabar M, Manzoor Z, Awan T. 2006. Correlation and path analysis studies of yield and economic traits in Basmati rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*. 5(4):643–645. doi:10.3923/ajps.2006.643.645.
- Zare M, Choukan R, Bihamta M, Heravan EM, Kamelmanesh M. 2011. Gene action for some agronomic traits in maize (*Zea mays* L.). *Crop Breeding Journal*. 1(2):133–141. doi:10.22092/cbj.2011.100363.
- Zhang MW, Guo BJ, Peng ZM. 2005. Genetic effects on grain characteristics of indica black rice and their uses on indirect selections for some mineral element contents in grains. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 52(8):1121–1128. doi:10.1007/s10722-004-6114-0.
- Zhang T, Wang S, Sun S, Zhang Y, Li J, You J, Su T, Chen W, Ling Y, He G, *dkk*. 2020. Analysis of QTL for grain size in a rice chromosome segment substitution line Z1392 with long grains and fine mapping of qGL-6. *Rice*. 13(40):1–11. doi:10.1186/s12284-020-00399-z.
- Zhao FM, Tan Y, Zheng LY, Zhou K, He GH, Ling YH, Zhang LH, Xu SZ. 2016.

Identification of rice chromosome segment substitution line Z322-1-10 and mapping QTLs for agronomic traits from the F₃ population. *Cereal Research Communications*. 44(3):370–380. doi:10.1556/0806.44.2016.022.

Zhong H, Liu C, Kong W, Zhang Y, Zhao G, Sun T, Li Y. 2020. Effect of multi-allele combination on rice grain size based on prediction of regression equation model. *Molecular Genetics and Genomics*. 295(2):465–474. doi:10.1007/s00438-019-01627-y.

Zhou Y, Miao J, Gu Haiyong, Peng X, Leburu M, Yuan F, Gu Houwen, Gao Y, Tao Y, Zhu J, *dkk*. 2015. Natural variations in SLG7 regulate grain shape in rice. *Genetics*. 201(4):1591–1599. doi:10.1534/genetics.115.181115.

BIODATA



Penulis dilahirkan di Banyumas pada tanggal 2 Agustus 1977 sebagai anak tunggal dari pasangan Bapak Adi Pramono dan Ibu Suripah. Saat ini penulis bertempat tinggal di RT 01 RW 02 Desa Pasir Kulon Kecamatan Karanglewas Kabupaten Banyumas dengan nomor telepon 081327444806 dan *e-mail* agus.riyanto0208@unsoed.ac.id.

Penulis memulai pendidikan tingkat dasar di SD Pasir Kulon 1 lulus tahun 1990, kemudian melanjutkan ke jenjang tingkat menengah pertama di SMPN 4 Purwokerto lulus tahun 1993. Jenjang pendidikan menengah lulus tahun 1996 di SMAN 2 Purwokerto. Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto, lulus tahun 2002. Pada tahun 2007 penulis lulus dari Program Studi Agronomi Sekolah Pascasarjana IPB. Beasiswa pendidikan pascasarjana diperoleh dari SPMU TPSDP Batch III Universitas Jenderal Soedirman. Tahun 2015 penulis melanjutkan ke jenjang S3 di Program Doktor Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman dengan status ijin belajar.

Penulis pada tahun 2003 diterima bekerja sebagai staf pengajar kontrak pada Program Studi Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto. Pada tahun 2004 penulis lulus ujian masuk calon pegawai negeri sipil dan tahun 2005 Penulis diangkat sebagai PNS pada instansi yang sama.