

**KERAGAMAN GENETIK PADI (*Oryza sativa* L.)
POPULASI M2 VARIETAS PANDANWANGI HASIL
IRRADIASI SINAR GAMMA**

**OLEH:
PUTU PUJA WARTINI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
MALANG**

2010

**KERAGAMAN GENETIK PADI (*Oryza sativa* L.)
POPULASI M2 VARIETAS PANDANWANGI HASIL
IRRADIASI SINAR GAMMA**

Oleh:
PUTU PUJA WARTINI
0610470027



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
MALANG**

2010

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : KERAGAMAN GENETIK PADI (*Oryza sativa* L.) POPULASI
M2 VARIETAS PANDANWANGI HASIL IRRADIASI SINAR
GAMMA
Nama : PUTU PUJA WARTINI
NIM : 0610470027-47
Jurusan : Budidaya Pertanian
Program Studi : Pemuliaan Tanaman
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pertama,**Kedua,**

Prof. Dr. Ir. Nur Basuki
NIP. 130 531 836

Ir. Arifin Noor Sugiharto, M.Sc.PhD
NIP. 19620417 198701 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Agus Suryanto, MS
NIP. 19550818 198103 1 008

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Penguji II,

Ir. Sri Lestari Purnamaningsih, MS
NIP. 19570512 198503 2 001

Ir. Arifin Noor Sugiharto, M.Sc.PhD
NIP. 19620417 198701 1 002

Penguji III,

Penguji IV,

Prof. Dr. Ir. Nur Basuki
NIP. 130 531 836

Prof. Dr. Ir. Kuswanto, MS
NIP. 19630711 198803 1 002

Tanggal lulus :

RINGKASAN

Putu Puja Wartini. 0610470027. Keragaman Genetik Padi (*Oryza sativa* L.) Populasi M2 Varietas Pandanwangi Hasil Irradiasi Sinar Gamma. Dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Nur Basuki dan Ir. Arifin Noor Sugiharto M.Sc. PhD

Padi ialah makanan pokok utama sebagian besar penduduk Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk menuntut adanya peningkatan kebutuhan beras nasional. Dukungan program-program pemuliaan mampu memenuhi kebutuhan tersebut hingga akhirnya Indonesia mampu mencapai swasembada beras.

Pengembangan padi aromatik menjadi sesuatu yang potensial untuk pengembangan padi dimasa mendatang. Padi aromatik memiliki kelebihan dari segi kualitas biji sehingga lebih diterima dan digemari oleh konsumen. Pandanwangi ialah satu dari beberapa jenis padi aromatik lokal daerah Cianjur yang banyak digemari karena aroma berasnya yang wangi serta pulen. Kepulenan dan aroma khas tersebut menjadikan Pandanwangi memiliki nilai ekonomi yang tinggi serta lebih sering dikonsumsi oleh kalangan menengah atas. Sehingga secara ekonomi mampu mendongkrak perekonomian petani yang membudidayakan Pandanwangi.

Namun laju permintaan Pandanwangi tidak diimbangi oleh laju peningkatan produksi, sehingga sulit untuk memenuhi permintaan pasar. Setiap bulan beras Pandanwangi yang dibutuhkan pasar dapat mencapai 100 ton untuk daerah Jakarta dan sekitarnya (Kompas, 2007). Sulit terpenuhinya permintaan pasar terhadap padi pandanwangi disebabkan umur pandanwangi yang dalam, lebih dari 100 hari bahkan mencapai 155 hari (Keputusan Menteri Pertanian, 2004). Akibatnya petani membutuhkan waktu yang lama dalam memproduksi padi Pandanwangi. Produktivitas dari pandanwangi bekisar 3-4 ton.ha¹ belum memenuhi permintaan pasar (Finroll News, 2009)

Pemuliaan melalui mutasi (*mutation breeding*) dapat digunakan sebagai metode pendukung dalam program pemuliaan untuk memperbaiki varietas Pandanwangi. Induksi mutasi menggunakan sinar gamma memungkinkan terjadinya perubahan genetik. Sehingga perbaikan varietas dapat dilakukan dengan memperbaiki potensi genetiknya.

Tujuan penelitian ini ialah untuk mempelajari tingkat keragaman genetik M2 padi varietas Pandanwangi hasil iradiasi sinar gamma sehingga diperoleh famili dalam populasi M2 varietas pandanwangi yang dapat digunakan sebagai bahan program pemuliaan untuk perbaikan varietas Pandanwangi, terutama kegenjahan serta hasil. Hipotesis yang diajukan padi populasi M2 varietas Pandanwangi hasil iradiasi sinar gamma terdapat keragaman genetik serta diperoleh famili dalam populasi M2 varietas Pandanwangi yang dapat digunakan sebagai bahan program pemuliaan untuk perbaikan varietas Pandanwangi, terutama kegenjahan serta hasil

Penelitian ini akan dilaksanakan di kebun percobaan PT. BISI International, Ds. Kambangan, Kec. Pagu, Kediri. Lokasi terletak sekitar 150 m dpl. Penelitian ini akan dimulai pada bulan November 2009 sampai dengan bulan April 2010. Bahan tanam yang digunakan ialah benih padi Pandanwangi yang berasal dari

padi yang benih awalnya diradiasi dengan sinar gamma dosis 300 Gy atau 30 krad. Selain itu bahan lain yang digunakan ialah pupuk NPK (15-15-15), pupuk urea, pupuk KCl dan pestisida. Alat-alat yang digunakan ialah bajak, garu, semprotan, ember, rafia, label, meteran dan alat tulis.

Karakter yang diamati meliputi karakter kuantitatif dan kualitatif. Karakter kuantitatif yang diamati ialah jumlah anakan produktif, tinggi tanaman, umur berbunga, umur panen, panjang malai, jumlah gabah per malai, jumlah gabah isi per malai, bobot gabah per rumpun dan bobot 100 biji. Sedangkan karakter kualitatif yang diamati ialah warna pelepah daun, warna helaian daun, eksersi malai, bulu pada ujung gabah dan bentuk gabah.

Data dari pengamatan karakter kuantitatif dianalisa menggunakan analisis varian, sehingga dapat ditentukan ragam fenotip dan lingkungan, perhitungan nilai heritabilitas, Koefisien Keragaman Genetik (KKG) dan Kemajuan Genetik Harapan (KGH). Sedangkan untuk karakter kualitatif dianalisa berdasarkan *analysis of qualitative mutation frequency*.

Hasil yang diperoleh menunjukkan pada populasi M2 Pandanwangi hasil irradiasi sinar gamma ditemukan keragaman pada karakter kualitatif dan kuantitatif. Keragaman pada karakter kualitatif ditemukan pada karakter warna helaian daun, eksersi malai, bulu pada ujung gabah dan bentuk gabah.

Keragaman pada karakter kuantitatif ditemukan pada seluruh karakter kuantitatif yang diamati. Seluruh karakter kuantitatif menunjukkan nilai heritabilitas yang tinggi. Nilai KKG karakter kuantitatif umumnya menunjukkan nilai rendah sampai agak rendah. Nilai KKG agak rendah ditunjukkan oleh karakter gabah isi per malai dan bobot gabah total. Karakter anakan produktif, panjang daun bendera, panjang malai, total gabah per malai, gabah isi per malai, bobot 100 biji dan bobot gabah total menunjukkan nilai KGH yang tinggi. Sehingga seleksi efektif dilakukan pada karakter tersebut.

Dari penelitian ini diperoleh famili-famili yang dapat diseleksi berdasar kegenjahannya yaitu KAMT 2:17. Selain itu dari penelitian ini diperoleh 16 famili dalam populasi M2 pandanwangi, yaitu KAMT 2:7, KAMT 2:8, KAMT 2:9, KAMT 2:11, KAMT 2:17, KAMT 2: 27, KAMT 2:30, KAMT 2:31, KAMT 2:34, KAMT 2:35, KAMT 2:38, KAMT 2:39, KAMT 2:42, KAMT 2:43, KAMT 2:50 dan KAMT 2:57, yang memiliki nilai heritabilitas, KKG dan KGH tinggi pada karakter hasil, yaitu gabah isi per malai, bobot 100 biji dan bobot gabah total, sehingga seleksi untuk perbaikan varietas Pandanwangi efektif dilakukan pada famili-famili tersebut.

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kekuatan dan melimpahkan anugrah-Nya sehingga laporan penelitian ini dapat penulis selesaikan.

Penelitian yang berjudul “**Keragaman Genetik Padi (*Oryza sativa* L.) Populasi M2 Varietas Pandanwangi Hasil Irradiasi Sinar Gamma**” ini menekankan pembahasan pada keragaman genetik yang mungkin dapat terjadi pada generasi mutan 2 (M2) Pandanwangi akibat irradiasi sinar gamma yang nantinya digunakan sebagai bahan untuk perbaikan padi varietas Pandanwangi. Pembahasan laporan penelitian ini disertai dengan gambar dan grafik sehingga memudahkan pembaca untuk memahami isi dari penelitian ini.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada Prof. Dr. Ir Nur Basuki dan Ir. Arifin Noor Sugiharto, M.Sc. Ph.D selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis sejak penyusunan usulan penelitian, pelaksanaan hingga penyelesaian laporan penelitian ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ir.Sri Lestari Purnamaningsih, MS selaku dosen penguji yang telah memberikan sumbangan pemikiran dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Terima kasih yang tulus penulis haturkan kepada Bapak, Mama, Adik dan Seseorang yang dengan tulus ikhlas memberikan doa dan dukungan yang tiada hentinya, sehingga semangat untuk menyelesaikan penelitian terus ada dalam diri penulis. Serta kepada keluarga besar PT BISI *farm* Kambingan, Canopy dan teman-teman PT 2005, PT 2006 dan PT 2007 yang banyak membantu penelitian ini hingga akhir penulis ucapkan terimakasih.

Penulis menyadari laporan penelitian ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Namun besar harapan penulis supaya laporan penelitian ini memberikan informasi dan manfaat.

Malang, Agustus 2010

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 26 Juni 1988 di Jember, sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Putu Yogatama dan Ibu Ni Ketut Landri.

Pengalaman pendidikan penulis diawali dari sekolah Taman Kanak-kanak di TK Kristen Philia, Ambulu Jember pada tahun 1992. Dua tahun kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Dasar Kristen Philia, Ambulu Jember dan lulus pada tahun 2000. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMPN 1 Jember dan lulus pada tahun 2003. Penulis kemudian melanjutkan studi pendidikan menengah atas di SMAN 1 Jember dan lulus pada tahun 2006. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Brawijaya Fakultas Pertanian Jurusan Budidaya Pertanian dengan Program Studi Pemuliaan Tanaman melalui jalur Ujian Masuk Perguruan Tinggi Negeri (UMPTN).

Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis pernah menjadi asisten praktikum untuk mata kuliah Genetika Dasar (2008), Dasar Pemuliaan Tanaman (2008) dan Pemuliaan Tanaman Terapan (2009). Penulis aktif di Lembaga Pers Mahasiswa (LPM) CANOPY sebagai pengurus dan keredaksian di LPM CANOPY (2008-2010).

DAFTAR ISI

Ringkasan	i
Kata Pengantar	iii
Riwayat Hidup	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
Daftar Diagram	ix
Daftar Lampiran	x
1. Pendahuluan	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Hipotesis	4
2. Tinjauan Pustaka	
2.1 Deskripsi Padi	5
2.2 Mutasi	6
2.2.1 Macam Mutagen	7
2.3 Mutasi Sinar Gamma	8
2.3.1 Generasi hasil mutasi sinar gamma	9
2.3.2 Pemuliaan melalui mutasi pada padi	10
2.4 Ekspresi gen	11
2.5 Keragaman Genetik	12
2.6 Heritabilitas	13
3. Bahan dan Metode	
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Bahan dan Alat	16
3.3 Metode Penelitian	17
3.4 Pelaksanaan Penelitian	17
3.4.1 Tahapan Budidaya Padi	17
3.4.2 Pengamatan	18
3.5 Analisa Data	21
4. Hasil dan Pembahasan	
4.1 Hasil	24
4.1.1 Keragaman Karakter Kualitatif	24
4.1.2 Keragaman Karakter Kuantitatif	32
4.2 Pembahasan	52
4.2.1 Keragaman Karakter Kualitatif	52
4.2.2 Fenomena Sterilitas pada Populasi M2	54
4.2.3 Fenomena Mutan pada Karakter Kuantitatif	55
4.2.4 Pendugaan Genetik Karakter Kuantitatif	57

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran	67

**DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN**



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Frekuensi warna helaian daun berdasarkan <i>leaf color chart</i>	27
2.	Frekuensi karakter eksersi malai.....	29
3.	Frekuensi karakter bulu pada ujung gabah	30
4.	Frekuensi karakter bentuk gabah	30
5.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik pada populasi M2.....	33
6.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter anakan produktif pada famili dalam populasi M2.....	35
7.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter panjang daun bendera pada famili dalam populasi M2.....	37
8.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter tinggi tanaman pada famili dalam populasi M2.....	38
9.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter umur berbunga pada famili dalam populasi M2.....	40
10.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter umur panen pada famili dalam populasi M2.....	42
11.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter panjang malai pada famili dalam populasi M2.....	43
12.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter total gabah per malai pada famili dalam populasi M2.....	46
13.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter gabah isi per malai pada famili dalam populasi M2.....	47
14.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter bobot 100 biji pada famili dalam populasi M2.....	49
15.	Hasil pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter bobot gabah total pada famili dalam populasi M2.....	51

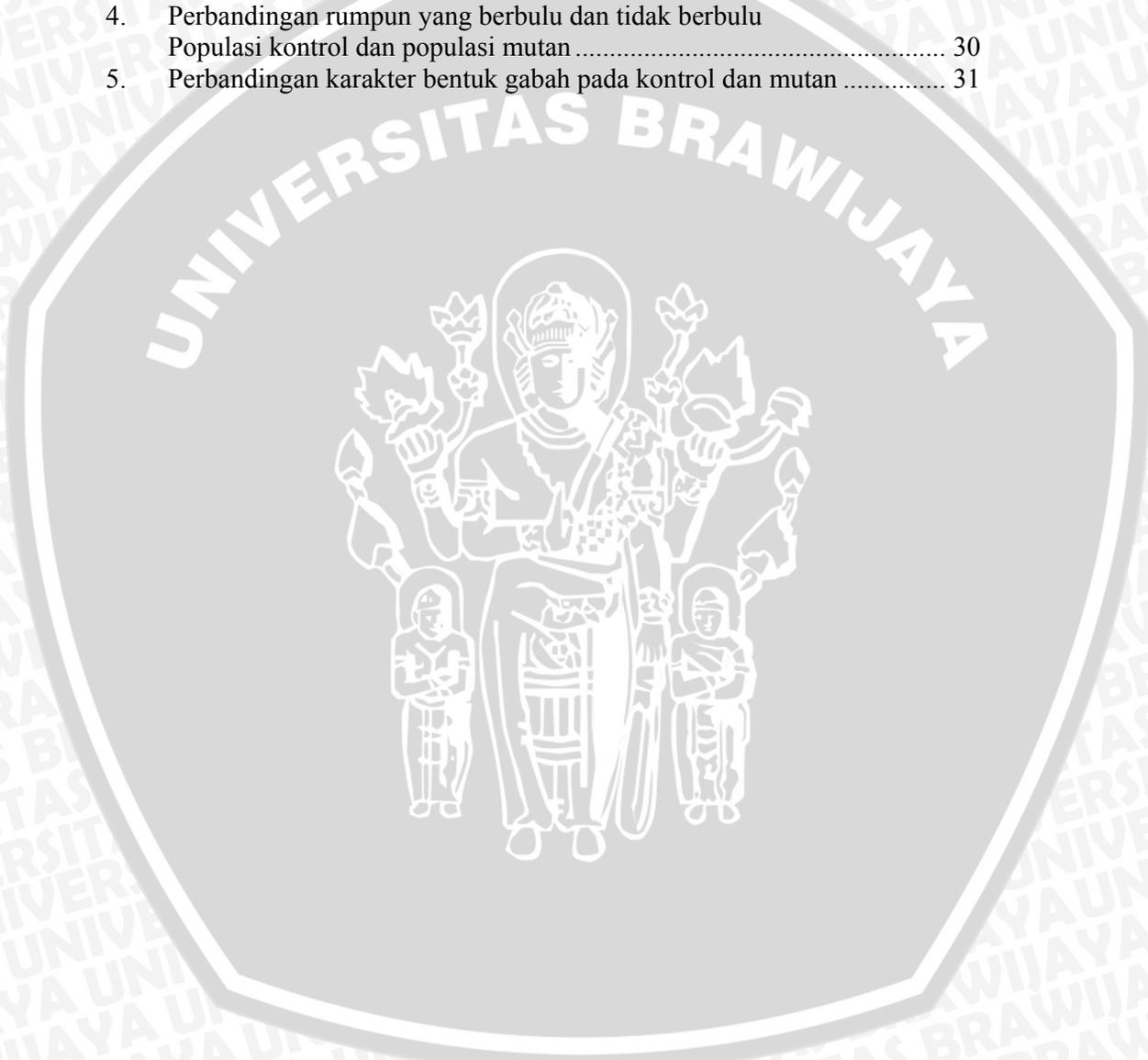
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Warna pelepah daun kontrol dan mutan yang menunjukkan warna hijau	24
2.	Warna helaian daun berdasar <i>leaf color chart</i>	26
3.	Eksersi malai pada kontrol dan mutan	28
4.	Bulu pada ujung gabah kontrol dan mutan	29
5.	Bentuk gabah pada kontrol dan mutan.....	31



DAFTAR DIAGRAM

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perbandingan seluruh karakter kualitatif pada populasi Kontrol dan mutan 2(M2) Pandanwangi.....	25
2.	Perbandingan warna helaian daun berdasar <i>leaf color chart</i>	27
3.	Perbandingan tipe eksersi malai pada kontrol dan mutan	28
4.	Perbandingan rumpun yang berbulu dan tidak berbulu Populasi kontrol dan populasi mutan	30
5.	Perbandingan karakter bentuk gabah pada kontrol dan mutan	31



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Tabel karakteristik.....	72
2.	Gambar leaf color chart dan eksersi malai.....	73
3.	Deskripsi padi varietas Pandanwangi	74
4.	Denah tata letak petak percobaan.....	75
5.	Alur Penelitian	76
6.	Kondisi Lingkungan di lokasi percobaan.....	77
7.	Timeline kegiatan penelitian Keragaman genetik populasi M2 Pandanwangi.....	79
8.	Matriks data perubahan karakter kualitatif pada populasi M2.....	80
9.	Nilai rata-rata dan pendugaan KGH dari famili-famili pada populasi M2 Pandanwangi.....	101
10.	Dokumentasi penelitian.....	105



1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Padi ialah tanaman pangan utama di Indonesia. Padi memiliki kedudukan yang strategis dalam kehidupan dan sosial masyarakat Indonesia. Produksi padi makin meningkat tiap tahunnya seiring dengan meningkatnya kebutuhan pangan penduduk. Las *et al.* (2005) menyampaikan bahwa jika pada tahun 2005 kebutuhan beras adalah 52.8 juta ton Gabah Kering Giling (GKG), maka ditahun 2025 kebutuhan tersebut diprediksikan mencapai 65.9 juta ton (GKG). Usaha-usaha peningkatan produksi beras telah dilaksanakan hingga Indonesia mampu berswasembada beras. Produksi padi selama tiga tahun terakhir terus mengalami peningkatan. Badan Pusat Statistik mencatat bahwa ditahun 2007 produksi mencapai 57.16 juta ton GKG yang kemudian meningkat sekitar 5.54 % di tahun 2008 menjadi 60.33 juta ton GKG (Kompas, 2009). Program-program pemulian turut andil dalam usaha pemenuhan kebutuhan beras nasional tersebut.

Padi aromatik ialah sabagian kecil jenis padi yang potensial untuk dikembangkan, karena kualitas bijinya mampu menarik konsumen. Juliano and Duff (1991) menyebutkan bahwa kualitas biji memegang peran penting dalam proses penerimaan varietas padi tersebut oleh konsumen. Kualitas padi dapat dilihat dari bentuk bulir, ukuran bulir, aroma dan karakter lain setelah dimasak (*cooking characteristic*). Sehingga padi aromatik potensial untuk dikembangkan.

Pandanwangi ialah satu dari beberapa jenis padi aromatik yang dimiliki Indonesia. Pandanwangi tergolong jenis padi lokal daerah Cianjur yang banyak digemari karena aroma berasnya yang wangi serta pulen. Kepulenan dan aroma khas tersebut menjadikan Pandanwangi memiliki nilai ekonomi yang tinggi serta lebih sering dikonsumsi oleh kalangan menengah atas. Sehingga secara ekonomi mampu mendongkrak perekonomian petani yang membudidayakan Pandanwangi.

Permintaan Pandanwangi terus meningkat, terutama untuk pemenuhan konsumsi di daerah perkotaan. Permintaan tertinggi berasal dari restoran dan hotel di beberapa kota besar Indonesia, wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi (Jabodetabek), serta beberapa kota lain di Indonesia. Setiap bulan beras

Pandanwangi yang dibutuhkan pasar dapat mencapai 100 ton untuk daerah Jakarta dan sekitarnya (Kompas, 2007). Namun permintaan tersebut tidak diimbangi dengan produksi pandanwangi.

Sulit terpenuhinya permintaan pasar terhadap padi pandanwangi disebabkan umur pandan wangi yang dalam, lebih dari 100 hari bahkan mencapai 155 hari (Keputusan Menteri Pertanian, 2004). Akibatnya petani membutuhkan waktu yang lama dalam memproduksi padi Pandanwangi. Produktivitas dari pandanwangi bekisar 3-4 ton.ha⁻¹ belum memenuhi permintaan pasar (Finroll News, 2009). Usaha-usaha peningkatan produksi diperlukan untuk mengatasi masalah tersebut.

Perbaikan varietas melalui program pemuliaan tanaman dapat dijadikan sebagai salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut. Namun perlu ditekankan bahwa program pemuliaan bertumpu pada keragaman dalam populasi sasarannya. Perbedaan genetik pada materi pemuliaan akan mempermudah seleksi karakter tanaman yang akan diperbaiki, baik dari segi kualitas dan kuantitas. Keragaman pada populasi sasaran menjadi mutlak ada karena jika pemuliaan hanya dari bahan yang telah ada, pada suatu saat secara genetik akan terbatas sehingga kemajuannya pun menjadi lambat (Poespodarsono, 1988)

Pemuliaan melalui mutasi (*mutation breeding*) dapat digunakan sebagai metode pendukung dalam program pemuliaan untuk memperbaiki varietas Pandanwangi. Keragaman populasi dasar dapat ditingkatkan melalui induksi mutasi secara fisik dengan irradiasi sinar gamma (Micke and Donini, 1993). Keragaman pada populasi dasar memiliki arti yang sangat penting dalam program pemuliaan tanaman. Soeranto (2005) melaporkan bahwa induksi mutasi fisik dengan irradiasi sinar gamma terhadap benih tanaman sorghum mampu meningkatkan keragaman genetik tanaman sorghum.

Pemuliaan melalui mutasi selain dapat digunakan untuk memperbaiki varietas yang sudah ada, dengan menyediakan sumber gen yang lebih variatif, pemuliaan tanaman juga dapat dijadikan sebagai sarana untuk merakit varietas baru yang lebih unggul daripada varietas yang sudah ada sebelumnya. Teknik mutasi mampu menghasilkan tanaman yang memiliki karakter unggul yang tidak

dimiliki oleh tanaman tersebut sebelumnya. Beberapa varietas yang memiliki karakter unggul, seperti batang yang lebih pendek dan umur yang genjah telah dilepas oleh BATAN. 128 varietas dilepas karena batangnya menjadi lebih pendek (semi dwarfness) dan 111 varietas dilepas karena umurnya menjadi lebih genjah.

Varietas Mira I ialah salah satu mutan yang memiliki potensi hasil tinggi, jumlah anakannya mencapai 15-20 per rumpun. Percobaan di India menyebutkan bahwa peningkatan potensi hasil pada padi aromatik telah banyak dilakukan dan mampu memberikan peningkatan potensi hasil dari padi tersebut. Namun kelemahan dari mutasi buatan ialah sebagian besar mutasi buatan terjadi pada sifat yang tidak diinginkan dan tidak mempunyai nilai bagi pemulia bahkan diantaranya lethal, laju mutasi rendah pada sifat tertentu, sehingga stabilitas genotip mutan perlu diuji untuk memperoleh mutan yang diinginkan (Poespodarsono, 1988).

Irradiasi yang dilakukan pada biji memungkinkan terjadinya keragaman pada generasi berikutnya, karena adanya proses segregasi dari individu tersebut. Herison *et al.* (2008) menyatakan bahwa pada irradiasi terhadap biji, peluang terjadinya mutasi lebih besar pada generasi keturunan menyerbuk sendiri, yaitu pada generasi M1 atau M2. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengetahui tingkat keragaman genetik pada generasi lanjut (M2), untuk memperoleh informasi yang menjelaskan variasi genetik yang terjadi pada populasi tersebut. Sehingga perbaikan varietas Pandanwangi dapat dilakukan dengan memperhatikan potensi genetiknya.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini ialah untuk mempelajari tingkat keragaman genetik padi generasi M2 varietas Pandanwangi hasil irradiasi sinar gamma sehingga diperoleh famili dalam populasi M2 varietas Pandanwangi yang dapat digunakan sebagai bahan program pemuliaan untuk perbaikan varietas Pandanwangi, terutama kegenjahan serta hasil.

1.3 Hipotesis

1. Padi populasi M2 varietas Pandanwangi hasil irradiasi sinar gamma terdapat keragaman genetik.
2. Pada populasi M2 varietas Pandanwangi hasil irradiasi sinar gamma diperoleh famili dalam populasi M2 yang dapat digunakan sebagai bahan program pemuliaan untuk perbaikan varietas Pandanwangi, terutama kegenjahan serta hasil.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi padi

Padi dalam klasifikasi taksonomi tergolong pada Divisi Angiospermae, Kelas Monocotyledoneae, Ordo Poales, Famili Poaceae dan Genus *Oryza*. Spesies padi diketahui sebanyak 24 spesies. Namun hanya dua spesies saja yang umumnya dibudidayakan yaitu *Oryza sativa* dan *Oryza glaberrima*, sedangkan sisanya ialah padi-padi tipe liar (Darajdat *et al.*, 2009). *Oryza sativa* dikenal sebagai padi Asia dan dibudidayakan di hampir seluruh dunia, sedangkan *Oryza glaberrima* dikenal sebagai padi Afrika dan hanya dibudidayakan di Afrika Barat.

Proses perakaran pada padi diawali dengan adanya akar tunggang yang tumbuh dari akar lembaga terus masuk ke dalam tanah. Setelah 5-6 hari setelah lembaga tumbuh barulah kemudian bagian pangkal batang yang muda mengeluarkan akar serabut yang semakin lama semakin banyak. Semakin meningkatnya jumlah akar serabut terkadang mengakibatkan akar tunggang terdesak sehingga mengalami kemunduran (Soemartono, 1983).

Batang tanaman padi tersusun dari beberapa ruas yang di dalamnya berongga (kosong). Panjang ruasnya tidak sama, ruas yang terpendek terdapat pada pangkal batang (Siregar, 1981). Soemartono (1983) menambahkan bahwa warna ruas padi umumnya hijau namun beberapa ditemukan padi dengan ruas bergaris-garis merah atau lembayung.

Anakan tumbuh dari kuncup ketiak yang hanya terdapat pada buku-buku pada pangkal tanaman. Setelah kuncup tumbuh, tidak lama kemudian pada pangkal batang dari anakan tumbuh pula akar, menembus pelepah daun dan membungkus pangkal batang tersebut. Keluarnya anakan dipengaruhi oleh faktor genetik serta lingkungan, seperti jarak tanam, pengairan dan pemberian pupuk.

Pada buku bagian bawah dari ruas tumbuh pelepah daun yang membalut ruas sampai buku bagian atas. Tepat pada buku bagian atas ujung dari pelepah daun diperlihatkan adanya percabangan dengan cabang pendek yang disebut lidah daun, dan bagian terpanjang disebut kelopak daun.

Daun yang keluar terakhir disebut daun bendera. Sudut dari daun bendera umumnya kurang dari 90° , tetapi beberapa juga ditemukan daun bendera dengan sudut lebih dari 90° . Padi yang memiliki daun bendera agak tegak kurang mendapat serangan burung, karena burung sukar bertengger pada daun yang tegak (Soemartono *et al.*, 1983).

Padi memiliki tipe bunga majemuk. Bunga malai padi ialah bulir majemuk. Ibu tangkai bunga bercabang-cabang pada masing-masing cabang mendukung bunga-bunga dengan susunan seperti bulir. Panjang malai berbeda untuk setiap varietas padi. Cara bercocok tanam dan kondisi lingkungan dapat mengubah tingkat pemanjangannya. Panjang malai dibedakan menjadi tiga macam, yaitu malai pendek ($< 20\text{cm}$), malai sedang ($20\text{-}30\text{ cm}$), malai panjang ($>30\text{ cm}$). Jumlah cabang tiap malai bekisar 15-20 buah, paling rendah 7 buah paling banyak 30 buah (Purseglove, 1977).

Tiap malai dapat mencapai 100-120 bunga. Setiap bunga padi memiliki enam kepala sari (anther) dan kepala putik (stigma) bercabang dua berbentuk sikat botol. Kedua organ seksual ini umumnya siap reproduksi dalam waktu yang bersamaan. Kepala sari kadang-kadang keluar dari palea dan lemma jika telah masak (Soemartono *et al.*, 1983).

Biji terdiri atas putih lembaga (buah/beras) yang terbalut kulit ari. Kulit ari terdiri dari kulit biji dan dinding buah yang berpadu menjadi satu. Kulit padi tersebut berasal dari sekam mahkota. Beberapa padi memiliki ekor yang kemudian disebut bulu. Padi yang tidak berekor disebut padi cere. Umumnya padi cere lebih mudah luruh dibanding padi bulu (Soemartono *et al.*, 1983).

2.2 Mutasi

Harten (1998) menyatakan bahwa mutasi ialah perubahan pada materi genetik yang bukan disebabkan oleh proses segregasi atau rekombinasi, perubahan tersebut kemudian diturunkan kepada turunannya. Mutasi pada tanaman tingkat tinggi dinyatakan sebagai beberapa perubahan yang diturunkan pada kondisi idiotipe dari sporophyt dan gametophyt tanaman, yang bukan

disebabkan oleh proses segregasi atau rekombinasi. Mutasi dalam pengertian yang lebih luas menurut Nasir (2002) meliputi semua perubahan material genetik pada tingkat gen dan kromosom.

Pemuliaan mutasi dilakukan dengan melakukan mutasi pada lokus yang mengontrol karakter yang memiliki nilai ekonomi atau dengan menghilangkan gen-gen yang tidak diinginkan dari galur-galur elit (Jabeen and Mirza, 2004). Mutasi dapat terjadi pada setiap bagian yang sedang aktif melakukan pembelahan sel, misalnya biji dan tunas. Perubahan genetik akibat mutasi dapat mengakibatkan perubahan morfologis, fisiologis atau biokemis.

2.2.1 Macam mutagen

Mutasi dapat terjadi secara alami (spontan) atau secara buatan. Mutasi dapat terjadi dengan cara menginduksikan radiokatif atau bahan kimia yang bersifat mutagen (Jabeen and Mirza, 2004). Nasir (2002) mengelompokan agensia-agensia tersebut kedalam dua kelompok yaitu mutagen kimia dan mutagen fisik.

1. Mutagen kimia

Mutagen kimia lebih mudah tersedia dan lebih mudah digunakan dan ternyata lebih efektif (Poespodarsono, 1988). Mutagen kimia yang sering menarik perhatian ialah agensia yang dapat membentuk alkilasi. Agensia tersebut dapat bereaksi dengan DNA dengan mengakilisasi kelompok fosfat dari basa purin atau pirimidin (Nasir, 2002). Beberapa contoh mutagen kimia yang cukup berguna dan sering digunakan ialah etil metana sulfat (EMS), dietilsulfat (DES), etilenimin (EI), N-nitrose-N-metil (NMUT) dan N-nitro-N-etil urea (NEU).

2. Mutagen fisik

Mutagen fisik ialah berbagai tipe iradiasi. Kelompok mutagen fisik tersebut ialah sinar-X, sinar gamma, sinar ultra violet, neutron, partikel alpha dan beta. Kelompok sinar ini mampu menimbulkan mutasi secara fisika yakni gelombang sinar atau partikel menabrak gen dalam kromosom. Gelombang sinar-X, sinar gamma proton, neutron, partikel alpha dan beta lebih kuat daripada sinar ultraviolet, mampu menimbulkan ionisasi bila menabrak materi. Sehingga disebut juga sinar pengion

2.3 Mutasi sinar gamma

Sinar gamma ialah satu dari beberapa kelompok mutagen fisik. Iriradiasi gamma umumnya terbentuk dengan menggunakan isotop cobalt-60 atau cesium-137 radioaktif. Sinar gamma merupakan iradiasi elektromagnetik yang banyak digunakan untuk mengirradiasi biji atau jaringan vegetative. Sinar gamma memiliki panjang gelombang lebih pendek dengan energy proton yang lebih banyak dibanding dengan sinar-X (Nasir, 2002).

Proses penyerapan sinar pengion dalam materi sinar gamma yaitu protonnya meresap ke dalam materi dengan suatu proses dimana sebagian atau seluruh energy ditransformirkan ke energy kinetic suatu elektron. Elektron ini kemudian kehilangan energinya karena berinteraksi dengan atom molekul materi tersebut dan melepaskan elektron lain. Beberapa elektron ini dapat menghasilkan energy yang cukup untuk mengionisir partikelnya sendiri. proses ionisasi menghasilkan radikal ion positif dan elektron bebas. Dalam sistem biologi elektron ini akan terjebak lingkaran polar, sehingga cukup waktu bagi ion radikal yang labil dan aktif tersebut untuk bereaksi dengan molekul lain atau masuk ke dalam susunan jaringan yang lebih dalam. Dalam air elektron bebas dapat mempolarisasikan sejumlah molekul air menjadi elektron berair. Selain itu, radikal-radikal yang bebas terbentuk dalam larutan akhirnya akan saling bergabung membentuk senyawa yang mantap.

Materi biologi selalu mengandung jumlah air yang cukup banyak. Oleh sebab itu, penerapan sinar pengion dalam materi biologi, disamping peran proses fisika, peran proses kimia pun perlu dipertimbangkan sebagai sumber penyebab kerusakan gen. sinar pengion dapat menimbulkan ionisasi air sehingga terbentuk H_2O_2 (peroksida) dari radikal OH yang dapat menambah kerusakan genetis dan fisiologis dari materi biologi yang diperlukan dengan menggunakan iradiasi ini. Adanya oksigen waktu perlakuan akan menambah peroksida H_2O_2 , karena radikal H dan oksigen akan membentuk radikal OH yang kemudian bergabung dengan radikal OH lainnya menjadi H_2O_2 (Johansen and Flanders, 1965).

2.3.1 Generasi hasil mutasi sinar gamma

Pada pemuliaan mutasi tetua yang dipilih umumnya tetua yang memiliki sifat khusus, seperti misalnya daya hasil tinggi dan beradaptasi baik, khususnya bila varietas tersebut tidak memiliki sifat tunggal penting seperti kekuatan batang, ketahanan terhadap hama dan penyakit tertentu dan kemasakan cepat.

Namun mutasi terjadi secara acak dan jarang mutagen mengubah hanya satu gen tertentu, maka karakter kuantitatif pun dapat terpengaruh. Sehingga pada aplikasi taraf tertentu sejumlah mutasi dapat menimbulkan keragaman pada karakter yang diwariskan secara kuantitatif. Generasi keturunan dari biji atau tanaman yang diperlakukan dengan mutagen disimbolkan dengan M1, M2, M3 dan seterusnya (Nasir, 2002).

Abnormalitas sering terjadi pada generasi lanjut hasil mutasi. Abnormalitas tersebut dapat terjadi pada generasi awal, oleh sebab itu abnormalitas pada generasi awal kurang menguntungkan karena seringkali tidak mampu menghasilkan generasi lebih lanjut (Herison *et al*, 2008).

Generasi M1 dimulai dengan perkecambahan biji yang diperlakukan dengan mutagen. Hanya hasil mutasi dominan terekspresi pada generasi M1. Tanaman M1 menjadi heterozygous untuk gen-gen mutan baru dan akan bersegregasi ke dalam fenotip mutan dan non mutan pada generasi M2. Mutan resesif baru akan terekspresi dan dapat diamati pada generasi M2 bila dilakukan silang sendiri tanaman M1 sendiri.

Soedjono (2003) menyatakan faktor yang mempengaruhi terbentuknya mutan antara lain ialah besarnya dosis iradiasi. Dosis iradiasi diukur dalam satuan Gray (Gy), 1 Gy sama dengan 0.1 krad yakni 1 J energy per kilogram iradiasi yang dihasilkan. Dosis iradiasi dibagi menjadi tiga yaitu tinggi (> 10 k Gy), sedang (1-10 k Gy) dan rendah (< 1 k Gy). Beberapa kultivar padi diiradiasi sinar gamma dengan dosis 150-300 Gy.

Perlakuan dosis tinggi dapat mematikan materi yang dimutasi atau bahkan menyebabkan terjadinya sterilitas. Abnormalitas hingga kematian tanaman yang diiradiasi disebabkan oleh terbentuknya radikal bebas, seperti H^0 , yaitu ion yang sangat labil dalam proses reaksi akibat iradiasi, sehingga banyak menimbulkan

benturan ke berbagai arah yang akibatnya akan membuat perubahan baik di tingkat DNA, sel, maupun jaringan, bahkan sampai mengakibatkan kematian pada tanaman.

2.3.2 Pemuliaan melalui Mutasi pada Padi

Pemuliaan padi melalui mutasi diawali oleh Bekendam pada tahun 1961. Hingga saat ini berdasar database yang dimiliki FAO/IAEA telah diperoleh 114 kultivar mutan padi di China, 31 di Jepang, 24 di India dan 17 di USA. Beberapa karakter yang mengalami perubahan ialah umur, batang yang pendek, perubahan bentuk bulir, ketahanan terhadap penyakit dan potensi hasil (Harten, 1998).

Harten (1998) juga menyatakan bahwa mutant padi pertama yang dikenal secara luas ialah Reimei, yang memiliki penampilan batang yang pendek (*semi dwarf*). Reimei ialah mutan dari kultivar Fujiminori yang direlease pada tahun 1966 oleh Futsuhara dari Jepang. Kultivar tersebut mengandung gen *sd-1*.

Penerapan mutasi induksi di Indonesia dimulai pada tahun 1967 setelah berdirinya instalasi sinar Co^{60} di Pusat Aplikasi Isotop dan Iradiasi Pasar Jum'at. Program pemuliaan mutasi secara intensif dimulai tahun 1972 dengan bantuan teknik dari International Atomic Energy Agency yang berpusat di Wina. Prioritas kegiatan diarahkan pada perbaikan varietas padi, yaitu umur genjah, tahan terhadap serangan pathogen dan kekeringan serta kualitas biji disenangi konsumen. Kegiatan mutasi pada padi dilakukan oleh pusat penelitian pengembangan teknologi isotop dan iradiasi Badan tenaga Nuklir Nasional yaitu Atomita 1, 2, 3, 4, Cilosari, Situ Gintung dan Tengger. Varietas yang dihasilkan mempunyai penampakan pendek dan genjah.

Singh *et al* (2000) menyampaikan bahwa beberapa hasil pemuliaan padi aromatic melalui mutasi banyak ditemukan di wilayah India. Perbaikan karakter yang ditunjukkan pada mutan terjadi pada karakter kualitas maupun kuantitas padi. Galur mutan IET 7861 salah satu mutan dari padi aromatic Basmati 370, menunjukkan perbaikan pada karakter kualitas biji, seperti aroma, kadar amyloza sedang dan bentuk gabah ramping dan panjang. Peningkatan dari kuantitas (hasil) juga ditunjukkan pada beberapa mutan padi aromatic. Hasil mutasi terhadap padi Pusa Basmati-1 memberikan tiga galur mutan yang memiliki hasil lebih tinggi,

yaitu 370 HU Bas H-4 (2550 kg.ha⁻¹), 370 HU Bas M-21 (2350 kg.ha⁻¹) dan 370 HU Bas M-18 (2170 kg.ha⁻¹), sedangkan hasil dari Pusa Basmati-1 (1820 kg.ha⁻¹).

2.4 Ekspresi gen

Penampilan fisik dari suatu makhluk hidup ialah hasil proses kimia dalam tubuhnya. Proses-proses kimia yang lebih sering dikenal sebagai proses metabolisme diatur oleh suatu makromolekul yang dikenal dengan DNA. DNA adalah salah satu komponen penyusun kromosom

Kromosom ialah double heliks spiral yang terbentuk dari Deoxyribonucleic Acid (DNA). DNA ialah molekul yang terdiri dari basa nitrogen, gula dan fosfat. Potongan dari rantai DNA dalam kromosom yang mampu memberi intruksi untuk mempengaruhi sifat herediter tertentu disebut dengan gen. Gen adalah sebuah segmen dari molekul DNA yang mempunyai panjang dari sekitar 75 nukleotida hingga lebih dari 2.300 ribu nukleotida (Brown, 1992). Gen tertentu membawa informasi yang dibutuhkan untuk membuat protein. Informasi biologis yang terkandung dalam DNA tergantung pada urutannya. Informasi ini adalah berupa satu set instruksi secara langsung untuk sintesa molekul RNA yang selanjutnya akan diteruskan untuk sintesa enzim atau molekul protein lain. Informasi tersebut dikenal dengan kode genetik (Welsh, 1991).

Kode genetik ialah cara pengkodean urutan nukleotida pada DNA untuk menentukan urutan asam amino pada saat sintesa protein. Informasi pada kode genetik ditentukan oleh basa nitrogen pada rantai DNA yang nantinya akan menentukan susunan asam amino (protein).

Dalam tubuh makhluk hidup terdapat ribuan reaksi kimia dan enzim yang berfungsi mengatur jalannya reaksi tersebut. DNA akan mengkode protein, maka DNA pula yang akan menentukan enzim yang diproduksi dan akhirnya menentukan reaksi kimia yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup tersebut. sehingga dapat disebutkan bahwa fenotip suatu individu ditentukan oleh aktivitas enzim.

Gen terekspresi melalui proses transkripsi dan translasi DNA. Ekspresi gen ialah suatu proses penerjemahan informasi yang dikodekan dalam gen menjadi asam amino (Brown, 1992).

2.5 Keragaman genetik

Sumber daya genetik yang beragam penting bagi kegiatan pemuliaan tanaman, karena keragaman genetik ialah sumber bagi setiap program pemuliaan tanaman (Welsh, 1991). Sumber daya genetik dapat didefinisikan sebagai bahan genetik tanaman yang memiliki nilai actual dan potensial sebagai suatu sumber bahan perbaikan varietas untuk generasi sekarang dan yang akan datang (IPGRI, 1993).

Hawkes *et al.* (2000) mengelompokkan bahan genetik tanaman tersebut menjadi beberapa golongan antara lain ialah bentuk-bentuk primitive tanaman budidaya atau varietas lokal, varietas modern dan varietas yang tidak terpakai, galur pemulia atau stok genetik, ras gulma, kerabat spesies liar dan spesies liar lainnya. Keragaman tersebut dapat dimanfaatkan pada teknik seleksi atau dalam program persilangan untuk mendapat kombinasi genetik baru.

Mangoendidjojo (2003) menyatakan bahwa variasi yang tampak pada populasi tanaman yang ditanam pada kondisi lingkungan yang sama maka variasi tersebut berasal dari perbedaan yang berasal dari genotip individu anggota populasi. Keragaman genetik tersebut dapat terjadi karena adanya pencampuran material pemuliaan, rekombinasi genetik akibat adanya persilangan dan adanya mutasi atau poliploidi.

Jika terdapat keragaman genetik, maka kemungkinan besar penampilan dari karakter tanaman juga akan beragam. Karakter tanaman dikendalikan oleh gen, namun secara visual (fenotip) penampakan yang terlihat dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Karakter tanaman dibedakan menjadi karakter kuantitatif dan karakter kualitatif. Karakter kuantitatif dikendalikan oleh banyak gen (poligenik) dan umumnya karakter ini dapat diukur sehingga sebarannya tidak dapat dibedakan dengan tegas. Sedangkan karakter kualitatif dikendalikan oleh

sedikit gen atau bahkan gen tunggal (monogenik) dan umumnya karakter ini dapat dibedakan dengan jelas secara visual (Nasir, 2001). Nilai genetik dapat dipelajari dengan memperhatikan proporsi gen dan genotip yang ada pada populasi tersebut.

Nasir (2001) menambahkan bahwa kawin acak pada populasi dasar, frekuensi gen dan frekuensi genotipnya akan terjadi keseimbangan dari generasi ke generasi. Proporsi dari gen tersebut akan tetap tidak berubah dari generasi ke generasi. Perubahan nilai dapat terjadi jika dalam populasi tersebut terjadi mutasi, migrasi dan penghanyutan genetik.

Keragaman genetik dalam bentuk alel terjadi karena adanya mutasi. Keragaman ini terjadi secara spontan dalam frekuensi tertentu yang tergantung pada lokus itu sendiri dan informasi genetik di sekitar kromosom (Welsh, 1991). Keragaman genetik pada populasi F_2 dipengaruhi oleh sifat tetua yang digunakan. Semakin banyak sifat yang dimiliki oleh tetuanya, maka keragaman genetik yang ditemukan pada populasi F_2 semakin besar (Poespodarsono, 1988).

Kegiatan seleksi akan efektif apabila keragaman genetik cukup besar pada populasi yang diseleksi. Dengan menyeleksi sejumlah tanaman pada populasi tersebut dan menjadikannya biji tanaman terseleksi sebagai benih tanaman berikutnya diharapkan member hasil yang lebih baik. Besarnya kenaikan hasil yang diperoleh tersebut diperkirakan dari kemajuan genetiknya. Allard (1992) menegaskan bahwa kemajuan genetik ditunjukkan oleh pergeseran nilai tengah populasi setelah seleksi yang melewati batas kritis sebaran normal dari nilai tengah populasi sebelum seleksi.

2.6 Heritabilitas

Ekspresi fenotip suatu karakter ialah resultan dari pengaruh faktor genetik dan simpangan akibat faktor lingkungan serta interaksi kedua faktor tersebut (Poespodarsono, 1988; Nasir, 2001). Masing-masing faktor sulit diketahui perannya secara langsung pada penampilan fenotip suatu karakter tanaman. Sedangkan dalam pemuliaan pengaruh faktor genetik lebih diperlukan. Sehingga diperlukan suatu penaksiran kuantitatif terhadap peran genetik dan lingkungan

pada suatu karakter tanaman. Nasir (2001) menyatakan heritabilitas ialah proporsi besaran ragam genetik terhadap besaran besaran total ragam genetik ditambah dengan ragam lingkungan atau ragam fenotip untuk suatu karakter tertentu.

Nilai heritabilitas dinyatakan dalam bilangan pecahan atau persentase dengan rentang nilai 0-1. Heritabilitas dengan nilai 0 berarti keragaman fenotip hanya disebabkan oleh faktor lingkungan. (Stenfield, 1983) Nilai heritabilitas yang tinggi, mendekati 1, menunjukkan bahwa faktor genetik lebih berperan dalam mengendalikan suatu karakter dibandingkan lingkungan. Nilai heritabilitas suatu karakter dipengaruhi oleh metode dan populasi yang digunakan (Kurniawan *et al.*, 1991). Makmur (1985) menjelaskan secara rinci bahwa nilai heritabilitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya ialah :

1. Faktor populasi
Heritabilitas dipengaruhi oleh ragam genotipik dari populasi yang diamati.
2. Genotipe yang dievaluasi
Heritabilitas ditentukan dengan mengavaluasi sejumlah individu pada populasi. Bila terdapat segregasi dari populasi yang dievaluasi, ragam genetik dari populasi dapat diketahui.
3. Metode pendugaan heritabilitas
Heritabilitas dari suatu karakter dapat diduga melalui beberapa metode. Nilai heritabilitas yang diperoleh dapat berbeda antara satu metode dengan metode lainnya.

Heritabilitas dibedakan menjadi heritabilitas arti luas dan heritabilitas arti sempit. Heritabilitas memperhatikan keragaman genetik total dalam kaitannya dengan keragaman fenotip (Nasir, 2001). Sedangkan heritabilitas arti sempit memperhatikan keragaman akibat peran gen. Jika heritabilitas arti sempit tinggi maka karakter tersebut dipengaruhi oleh tindak gen aditif, sebaliknya jika nilai heritabilitas arti sempit rendah, maka karakter tersebut dipengaruhi selain tindak gen aditif (dominan dan epistasis) pada kadar yang tinggi (Singh and Mutty, 1982).

Salah satu faktor penting dalam pemuliaan tanaman yang efektif untuk memperbaiki kualitas genetik dari tanaman adalah pengetahuan mengenai

kontribusi relative yang diberikan oleh gen-gen terhadap variabilitas karakternya (Stenfield, 1991). Nilai heritabilitas dapat dijadikan indicator keefektifan seleksi. Keragaman genetik yang tinggi pada populasi dasar akan memberikan respon yang baik terhadap seleksi karena pada keragaman genetik yang tinggi akan memberikan peluang besar untuk mendapat kombinasi persilangan yang tepat dengan gabungan sifat-sifat yang baik (Suprpto, 2007).



3. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan di kebun percobaan PT. BISI International, Ds. Kambingan, Kec. Pagu, Kediri. Lokasi terletak sekitar 150 m dpl dengan suhu rata-rata (max-min) antara 36.3⁰C - 19.6⁰C. Penelitian dilaksanakan sejak bulan November 2009 sampai dengan bulan April 2010.

3.2 Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah benih generasi mutan 2 (M2) padi varietas Pandanwangi. Benih M2 tersebut berasal dari hasil panen tanaman M1 (generasi mutan pertama). Tanaman M1 ialah tanaman yang dihasilkan dari benih padi Pandanwangi yang telah mengalami penyinaran sinar gamma dengan dosis 300 Gy atau 30 krad. Sumber benih padi Pandanwangi tersebut ialah hasil koleksi dari padi lokal yang berasal dari daerah Cianjur. Jumlah sumber tanaman M1 yang digunakan ialah sebanyak 50 rumpun Pandanwangi. Rumpun M1 yang digunakan sebagai bahan tanam ialah:

KAMT 2:1	KAMT 2:13	KAMT 2:24	KAMT 2:34	KAMT 2:45
KAMT 2:2	KAMT 2:14	KAMT 2:25	KAMT 2:35	KAMT 2:46
KAMT 2:3	KAMT 2:15	KAMT 2:26	KAMT 2:37	KAMT 2:47
KAMT 2:5	KAMT 2:17	KAMT 2:27	KAMT 2:38	KAMT 2:50
KAMT 2:6	KAMT 2:18	KAMT 2:28	KAMT 2:39	KAMT 2:53
KAMT 2:7	KAMT 2:19	KAMT 2:12	KAMT 2:40	KAMT 2:55
KAMT 2:8	KAMT 2:20	KAMT 2:30	KAMT 2:41	KAMT 2:56
KAMT 2:9	KAMT 2:21	KAMT 2:31	KAMT 2:42	KAMT 2:57
KAMT 2:10	KAMT 2:22	KAMT 2:32	KAMT 2:43	KAMT 2:58
KAMT 2:11	KAMT 2:23	KAMT 2:33	KAMT 2:44	KAMT 2:59

Bahan yang lain yang digunakan ialah pupuk NPK, urea, KCl, pestisida, pupuk kandang dan air. Alat yang digunakan antara lain bajak, garu, semprotan, ember, rafia, label, meteran, jaring, kamera dan alat tulis.

3.3 Metode penelitian

Benih dari masing-masing rumpun tersebut diperoleh dari lima malai dari rumpun tersebut. Pemilihan rumpun didasarkan pada karakter hasil per rumpun yang diperoleh pada generasi M1. Benih M2 yang berasal dari 50 rumpun tersebut kemudian ditanam dalam petakan. Masing-masing petakan terdiri dari lima baris tanaman, yang masing-masing barisnya berasal dari satu malai (satu malai satu baris). Kemudian petak tersebut dinyatakan sebagai petak famili. Masing-masing baris terdiri dari sembilan tanaman. Penanaman varietas Pandanwangi yang tidak diradiasi berfungsi sebagai kontrol untuk menduga ragam lingkungan. Petak pandanwangi kontrol terdiri dari lima baris tanaman, yang masing-masing barisannya terdiri dari sembilan tanaman.

Penataan letak petak famili dan petak kontrol diatur dengan cara menempatkan petak kontrol setiap sepuluh petak famili. Sehingga terdapat lima petak kontrol pada penelitian ini. Penanaman dilakukan dengan menggunakan sistem jajar legowo. Pengamatan dilakukan menggunakan metode *single plant*, yaitu pengamatan dilakukan pada seluruh tanaman secara individu dari jumlah populasi yang dibutuhkan agar semua kelas pengamatan yang diharapkan dapat terpenuhi.

3.4 Pelaksanaan penelitian

3.4.1 Tahapan budidaya Padi

1. Persemaian benih:

Persemaian dilakukan dalam petak persemaian menaburkan tiap-tiap benih M2 kedalam petak persemaian yang sudah mengandung media tanah basah. Setelah benih ditaburkan kemudian ditutup tipis-tipis dengan campuran tanah dan pupuk kandang. Persemaian dilakukan 21 hari sebelum penanaman.

2. Pengolahan tanah

Pengolahan tanah antara lain bertujuan untuk memperoleh struktur tanah yang gembur, dapat menahan air, sehingga akar-akar padi dapat tumbuh sempurna dan kebutuhan air tercukupi. Pengolahan tanah dilakukan 2 tahap, yaitu:

- a. Pengolahan tanah pertama; dilakukan sekitar 1 minggu sebelum tanam, yaitu dilakukan pembajakan dan perataan tanah dalam kondisi tergenang; kemudian dilakukan perbaikan pematang agar pematang tidak mudah rusak dan air bias tertampung dalam petakan sawah dalam periode yang lama.
- b. Pengolahan tanah kedua dilakukan satu hari sebelum penanaman, yaitu dengan cara melakukan pembajakan dan perataan tanah dalam kondisi tergenang sehingga membentuk lumpur. Sehari kemudian baru dilakukan penanaman.

3. Penanaman

Setelah bibit padi berumur 21 hari, bibit ditanam pada lahan sawah yang sudah disiapkan. Bibit tanaman padi ditanam menggunakan sistem tanam jajar legowo dengan jarak tanam 20 x 40 cm.

4. Pemeliharaan

a. Pemupukan

Pupuk dasar diberikan satu hari setelah penanaman. Pupuk yang diberikan ialah pupuk majemuk N-P-K (15-15-15) dengan dosis pemberian sebanyak 200 kg/ha, diberikan dengan cara menaburkan secara merata pada permukaan tanah yang becek (tidak tergenang air). Kemudian tanah dibiarkan dalam kondisi tidak tergenang selama 3-5 hari.

Pupuk susulan pertama diberikan 21 hari setelah pindah tanam. Dosis pemberian sebanyak 150 kg Urea, diberikan dengan cara

menaburkan secara merata pada permukaan tanah yang becek (tidak tergenang air). Kemudian tanah dibiarkan dalam kondisi tidak tergenang selama 3-5 hari.

Pupuk susulan kedua diberikan tanaman berumur 35 hari setelah pindah tanam. Pupuk yang diberikan ialah Urea dan KCL masing-masing dengan dosis 100 dan 50 kg/ha.

b. Pengairan

Pengairan dilakukan dengan cara mengatur kondisi lahan dalam kondisi tergenang sekitar 5-10 cm selama periode tanam; kecuali 2-3 hari setelah tanam, 1-2 hari menjelang pemupukan dan 2-3 hari setelah pemupukan lahan diatur dalam kondisi becek tapi tidak menggenang.

c. Penyiangan

Penyiangan dilakukan sebanyak 2 kali. Penyiangan pertama dilakukan menjelang pemberian pupuk susulan pertama, yaitu saat tanaman berumur 18-20 hari, yaitu dengan menghilangkan gulma-gulma yang mungkin tumbuh pada saat tanaman masih kecil. Penyiangan kedua dilakukan menjelang pemberian pupuk susulan kedua yaitu 32-34 hari setelah pindah tanam.

d. Pengendalian hama dan penyakit

Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara rutin seminggu sekali dengan menggunakan insektisida dan fungisida. Akan tetapi perlakuan pengendalian hama dan penyakit bisa ditambah intensitinya bila ditemukan gejala serangan hama atau penyakit tertentu menjadi serius.

3.4.2 Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada karakter kuantitatif dan kualitatif.

Pengamatan karakter kualitatif didasarkan pada Panduan Sistem Karakterisasi dan Evaluasi (SKE) tanaman padi, yang merujuk pada *Standard Evaluation System (SES) for Rice* IRRI.

Karakter kualitatif yang diamati ialah sebagai berikut:

1. Warna pelepah daun; dengan mengamati warna pelepah daun (daun) bagian bawah, pengamatan dilakukan pada fase pemanjangan batang.

2. Warna helaian daun; dengan mengamati perubahan warna daun yang timbul, pengamatan dilakukan pada saat fase bunting sampai pembungaan.
3. Eksersi malai; pengamatan dilakukan dengan mengamati kemampuan malai untuk keluar secara penuh, pengamatan dilakukan pada fase pematangan.
4. Bulu pada ujung gabah; diamati ada tidaknya bulu yang tumbuh pada ujung gabah, pengamatan dilakukan pada fase pematangan.
5. Bentuk gabah ; diamati perubahan bentuk gabah yang muncul, pengamatan dilakukan setelah panen.

Karakter kuantitatif yang diamati ialah sebagai berikut:

1. Jumlah anakan produktif, dihitung jumlah anakan produktif yang tumbuh pada tiap rumpun,
2. Panjang daun bendera (cm), diukur dari pangkal daun bendera sampai ujung daun bendera, pengamatan dilakukan pada fase pengisian.
3. Tinggi tanaman (cm), diukur dari pangkal batang sampai ujung malai tertinggi, pengamatan dilakukan pada fase pengisian.
4. Umur berbunga (hari), dihitung mulai dari semai sampai saat tanaman mulai keluar malai (50 % tanaman telah berbunga)
5. Umur panen (hari), dihitung mulai dari semai sampai saat tanaman bisa dipanen yaitu 95 % bulir gabah berwarna coklat muda.
6. Panjang malai (cm); diukur dari pangkal cabang malai primer sampai dengan ujung malai
7. Jumlah gabah per malai; dihitung dari seluruh jumlah gabah yang ada tiap malai, baik gabah isi maupun gabah hampa.
8. Jumlah gabah isi per malai, dihitung dari seluruh jumlah gabah isi per malai
9. Bobot gabah (gr) per rumpun; dihitung dengan menimbang gabah isi yang ada tiap rumpun.
10. Bobot 100 biji (gr), dengan menimbang 100 gabah isi yang diambil secara acak pada tiap rumpun.

3.4 Analisa data

1. Nilai ragam fenotip (σ^2_p) dihitung berdasar analisis varian menurut Sastrosupardi (1994).

$$\sigma^2_p = \frac{\sum \bar{X}_i^2 - (\sum \bar{X}_i)^2/n}{n-1}$$

Keterangan:

σ^2_p = Ragam individu mutan

\bar{x} = Rata-rata pengamatan mutan

n = Jumlah individu mutan yang diamati

2. Nilai ragam lingkungan (σ^2_e) dihitung berdasar analisis varian menurut Sastrosupardi (1994).

$$\sigma^2_e = \frac{\sum \bar{X}_i^2 - (\sum \bar{X}_i)^2/n}{n-1}$$

Keterangan:

σ^2_e = Ragam pandanwangi kontrol

\bar{x} = Rata-rata pengamatan pandanwangi kontrol

n = Jumlah individu pandanwangi kontrol yang diamati

3. Nilai ragam genetik (σ^2_g) ditentukan berdasar pada

$$\sigma^2_g = \sigma^2_p - \sigma^2_e$$

4. Nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG) ditentukan menggunakan metode yang dikemukakan oleh Singh and Chaudhary (1979) sebagai berikut :

$$KKG = \frac{\sqrt{\sigma^2_g}}{\bar{X}} \times 100 \%$$

Keterangan:

σ^2_g = ragam genotip

\bar{x} = rata-rata nilai karakter

Nilai KKG relatif menurut Moedjiono dan Mejaya (1994) yaitu:

- Rendah : $0 \% < x \leq 25 \%$
- Agak rendah : $25 \% < x \leq 50 \%$
- Cukup tinggi : $50 \% < x \leq 75 \%$
- Tinggi : $75 \% < x \leq 100 \%$

5. Nilai heritabilitas (h^2) menurut Poespodarsono (1988) dapat ditentukan dengan menggunakan metode sebagai berikut:

$$h^2 = \frac{\delta^2 g}{\delta^2 p}$$

Keterangan :

$\sigma^2 g$ = Ragam genetik

$\sigma^2 p$ = Ragam individu mutan

Kriteria heritabilitas menurut Stenfield (1983)

$h^2 < 0.2$ = rendah

$0.2 \leq h^2 \leq 0.5$ = sedang

$h^2 > 0.5$ = tinggi

6. Nilai Kemajuan Genetik Harapan (KGH) dihitung berdasarkan Mangoendidjojo (2003), dengan metode sebagai berikut

$$\Delta G = (k)(\sigma p)(h^2)$$

Keterangan :

ΔG = kemajuan seleksi

k = intensitas seleksi dengan tekanan seleksi 10% (1.76)

σp = simpangan baku fenotip mutan (populasi dasar)

h^2 = nilai heritabilitas populasi mutan

Kemudian nilai Kemajuan Genetik Harapan dihitung dengan:

$$KGH = \frac{\Delta G}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan :

KGH = Kemajuan Genetik Harapan

ΔG = kemajuan seleksi

\bar{x} = Rata-rata pengamatan populasi mutan

Kriteria persentase Kemajuan Genetik Harapan (%KGH) mengikuti Karmana *et al.* (1990), sebagai berikut :

$KGH < 3.3\%$ = rendah

$3.3\% \leq KGH < 6.6\%$ = agak rendah

$6.6\% \leq KGH < 10\%$ = cukup tinggi

$KGH > 10\%$ = tinggi

7. Data hasil pengamatan karakter kualitatif dianalisa berdasar *analysis of qualitative mutation frequency* (Jain *et al.*, 1998), yaitu dengan menghitung frekuensi dari kategori karakter kualitatif yang muncul.



4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

4.1.1 Keragaman karakter kualitatif

Pengamatan karakter kualitatif pada seluruh populasi M2 padi varietas Pandanwangi dilakukan secara observasi visual. Hasil pengamatan menunjukkan adanya keragaman pada karakter kualitatif dalam populasi tersebut. Keragaman karakter kualitatif tersebut juga ditemukan dalam famili ataupun antar famili dalam populasi M2. Karakter kualitatif yang diamati antara lain warna pelepah daun, warna helaian daun, eksersi malai, bulu pada ujung gabah dan bentuk gabah. Keragaman tersebut terdapat pada seluruh karakter pengamatan kualitatif, kecuali karakter warna pelepah daun.

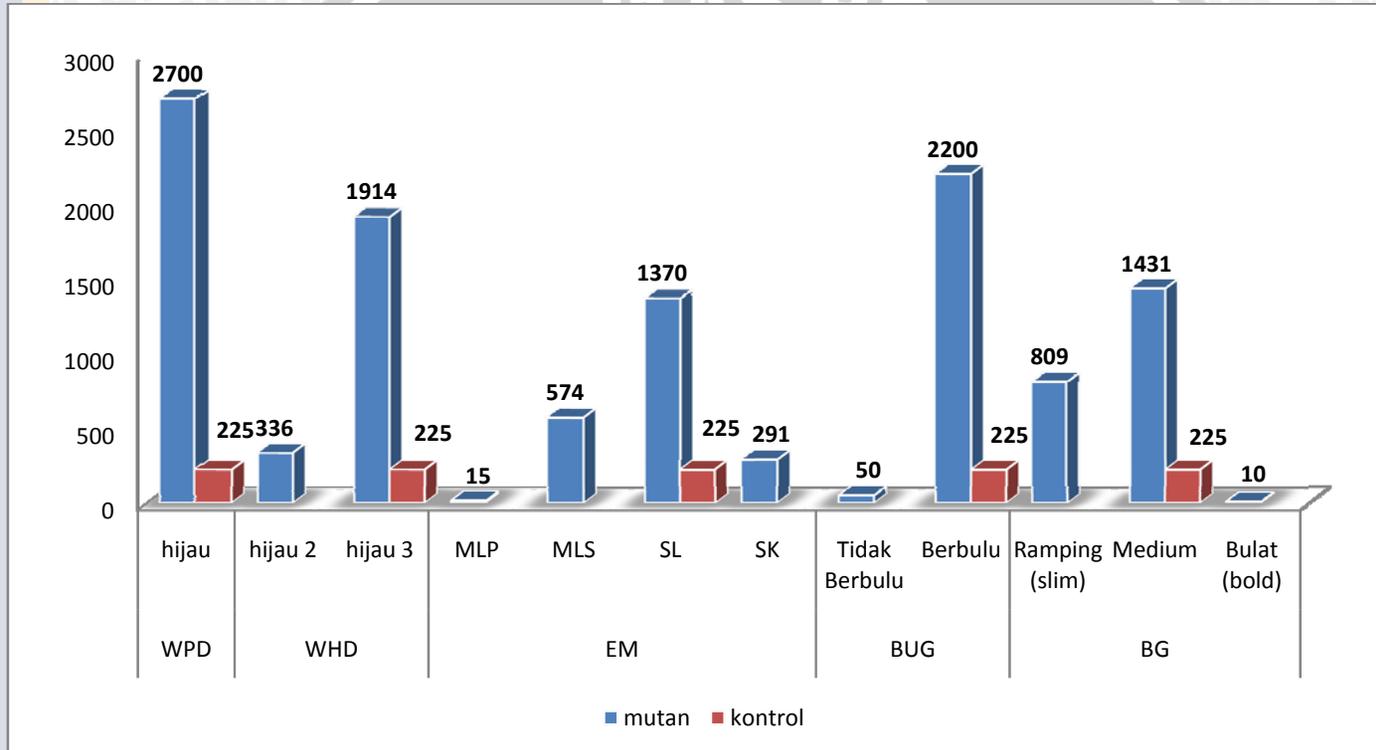
Dari karakter kualitatif yang diamati, padi Pandanwangi kontrol memiliki karakter warna pelepah daun hijau, warna helaian daun hijau dengan kode 3, tipe eksersi malai sebatas leher malai, terdapat bulu pada ujung gabah dan bentuk gabahnya medium. Namun setelah dilakukan penyinaran menggunakan sinar gamma dosis 30krad, ditemukan perubahan-perubahan karakter kualitatif pada mutan generasi ke 2 (Diagram 1).

4.1.1.1 Warna pelepah daun

Pengamatan karakter kualitatif, warna pelepah daun, pada seluruh populasi M2 didasarkan pada Panduan Sistem Karakterisasi dan Evaluasi Tanaman Padi (SKE). SKE membagi warna pelepah daun padi ke dalam empat kelompok warna yaitu hijau, bergaris ungu, ungu muda dan ungu.



Gambar 2. Warna pelepah daun kontrol dan mutan yang menunjukkan warna hijau



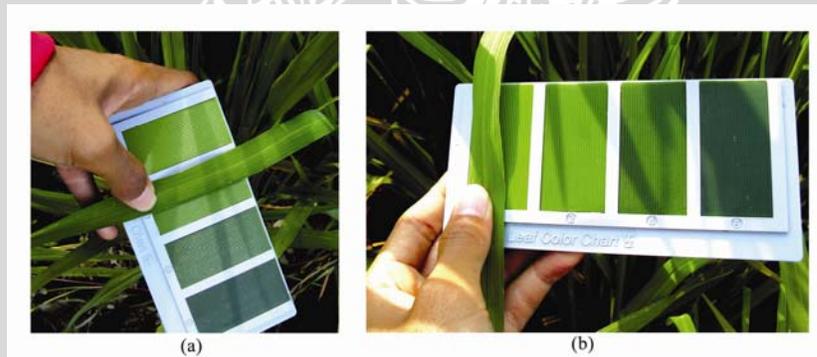
Keterangan : WPD=Warna Pelepah Daun; WHD=Warna Helaian Daun (hijau 2=hijau dengan kode 2; hijau 3=hijau dengan kode 3); EM=Eksersi malai (MLP = Malai dan leher muncul penuh; MLS = Malai muncul dan leher sedang; SL = Malai muncul sebatas leher; SK: Sebagian malai keluar); BUG=Bulu Ujung Gabah; BG= Bentuk Gabah

Diagram 1. Perbandingan seluruh karakter kualitatif pada populasi kontrol dan Mutan 2 (M2) Pandanwangi

Dari hasil pengamatan diketahui bahwa tidak terjadi perubahan pada karakter warna pelepah daun (gambar 1). Populasi M2 dan populasi pandanwangi kontrol menunjukkan warna pelepah daun yang sama, yaitu hijau. Sehingga dari pengamatan warna pelepah daun diketahui bahwa tidak ditemukan variasi pada populasi mutan dan tidak terjadi perubahan pada populasi M2 karakter warna pelepah daun dari Pandanwangi kontrolnya.

4.1.1.2 Warna daun

Pada pengamatan karakter warna helaian daun, diketahui bahwa terdapat keragaman dalam populasi M2 pandanwangi. Pengamatan yang dilakukan secara observasi visual memperoleh hasil warna daun yang relative sama pada semua individu, baik kontrol (Pandanwangi yang tidak di mutasi) dan mutan generasi ke-2, yaitu warna hijau. Namun intensitas warna hijau yang tampak berbeda, sehingga digunakan *leaf colour chart* untuk membedakan intensitas warna hijau yang ditampilkan oleh tanaman kontrol dan mutan.



Gambar 2. Warna helaian daun berdasar *leaf color chart*, (a) helaian daun dengan warna hijau kode 3, (b) helaian daun dengan warna hijau kode 3

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa Pandanwangi yang tidak dimutasi (kontrol) berwarna hijau dengan kode 3 pada *leaf colour chart*, sedangkan mutan generasi ke-2 ditemukan adanya variasi, yaitu antara warna hijau kode 3 dan hijau kode 2 (gambar 2). Dari diagram 2 diketahui bahwa terdapat 1914 rumpun mutan yang memiliki warna helaian daun yang sama dengan kontrol, yaitu warna hijau dengan kode 3. Sedangkan mutan yang memiliki warna helaian daun berbeda dengan kontrol, hijau dengan kode 2, ditemukan sebanyak 336 rumpun.

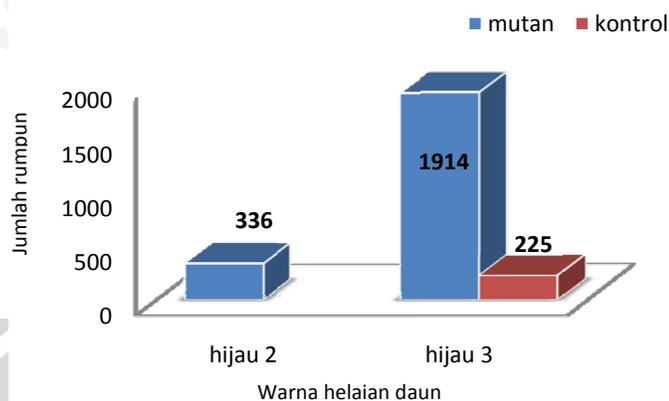


Diagram2. Perbandingan warna helaian daun berdasarkan leaf color chart

Keragaman warna helaian daun pada populasi mutan 2 ditunjukkan pada tabel 1. Hasil radiasi sinar gamma dengan dosis 30 krad mengakibatkan perubahan karakter warna helaian daun. Dari 2250 rumpun populasi M2, 85.067% menunjukkan warna hijau dengan kode 3 dan 14.933% menunjukkan warna hijau dengan kode 2.

Tabel 1. Frekuensi warna helaian daun berdasarkan leaf color char

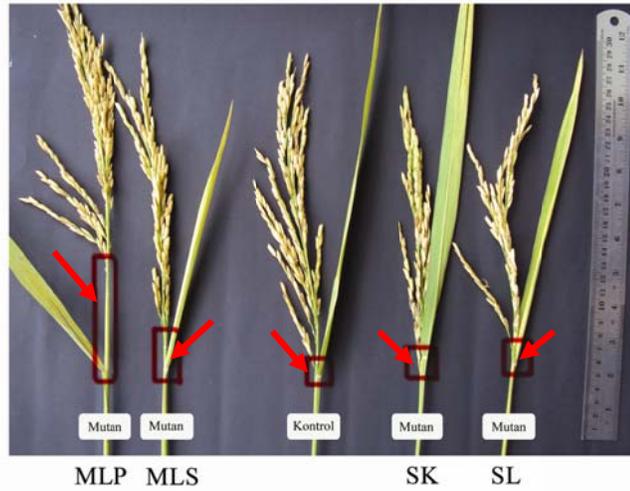
	Karakter		Total
	Hijau 3	Hijau 2	
Kontrol (rumpun)	225	-	225
Mutan (rumpun)	1914	336	2250
Persentase mutan (%)	85,067%	14.933%	

4.1.1.3 Eksersi Malai

Tipe eksersi malai atau keluarnya malai dibedakan menjadi lima tipe, yaitu seluruh malai dan leher malai keluar, seluruh malai keluar dan leher sedang, malai hanya keluar sebatas leher malai, sebagian malai keluar dan malai tidak keluar. Dari hasil observasi visual diketahui bahwa pemberian radiasi sinar gamma dengan dosis 30krad, memberikan perubahan penampilan karakter eksersi malai pada mutan generasi 2 jika dibandingkan kontrol (gambar 3).

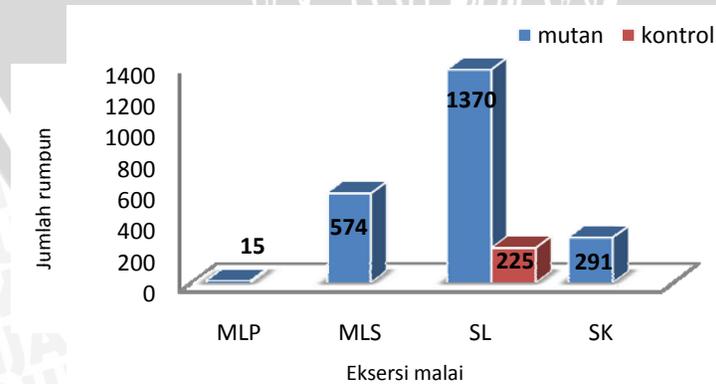
Pandanwangi kontrol (tidak dimutasi) memiliki tipe eksersi malai yang malai keluar hanya sebatas leher malai. Pada generasi mutan 2 perubahan eksersi malai yang terjadi ditunjukkan oleh diagram 3. Populasi M2 memiliki empat tipe eksersi malai, yaitu malai dan leher muncul penuh, malai muncul dan leher sedang, malai muncul sebatas leher dan sebagian malai keluar. Dari diagram 3

diketahui bahwa diperoleh 1370 rumpun M2 memiliki eksersi malai yang sama seperti kontrol, malai sebatas leher malai.



Gambar 3. Eksersi malai pada kontrol dan mutan; MLP = Malai dan leher muncul penuh; MLS = Malai muncul dan leher sedang; SL = Malai muncul sebatas leher; SK= Sebagian malai keluar

Pandanwangi kontrol (tidak dimutasi) memiliki tipe eksersi malai yang malai keluar hanya sebatas leher malai. Pada generasi mutan 2 perubahan eksersi malai yang terjadi ditunjukkan oleh diagram 2. Populasi M2 memiliki empat tipe eksersi malai, yaitu malai dan leher muncul penuh, malai muncul dan leher sedang, malai muncul sebatas leher dan sebagian malai keluar. Dari diagram 3 diketahui bahwa diperoleh 1370 rumpun M2 memiliki eksersi malai yang sama seperti kontrol, malai sebatas leher malai.



Keterangan : MLP = Malai dan leher muncul penuh; MLS = Malai muncul dan leher sedang; SL = Malai muncul sebatas leher; SK: Sebagian malai keluar

Diagram3. Perbandingan tipe eksersi malai pada populasi kontrol dan populasi mutan

Tabel 2 . Frekuensi karakter eksersi malai

	Karakter				Total
	Malai dan leher muncul penuh	Malai muncul dan leher sedang	Malai muncul sebatas leher	Sebagian malai keluar	
Kontrol (rumpun)	-	-	225	-	225
Mutan (rumpun)	15	574	1370	291	2250
Persentase mutan (%)	0.667%	25.511%	60.889%	12.933%	

Pada populasi M2 juga ditemukan sekitar 0.667% rumpun dengan tipe eksersi malai dan leher malai muncul penuh. Sedangkan tipe eksersi malai muncul dengan leher malai sedang ditemukan sebanyak 574 rumpun, atau sekitar 25.511%, dan 12.933% dengan sebagian malai keluar (tabel 2).

4.1.1.4 Bulu pada ujung gabah

Dari pengamatan secara observasi visual pada karakter bulu pada ujung gabah diketahui bahwa terdapat keragaman dalam populasi M2 (gambar 4). Pandanwangi yang tidak dimutasi (kontrol) terdapat bulu pada ujung gabahnya. Sedangkan pada mutan, sebagian kecil ditemukan tidak berbulu.



Gambar 4. Bulu pada ujung gabah pada kontrol dan mutan

Tabel 3. Frekuensi karakter bulu pada ujung gabah

	Karakter		Total
	Berbulu	Tidak berbulu	
Kontrol (rumpun)	225	-	225
Mutan (rumpun)	2200	50	2250
Persentase mutan (%)	97.778%	2.222%	

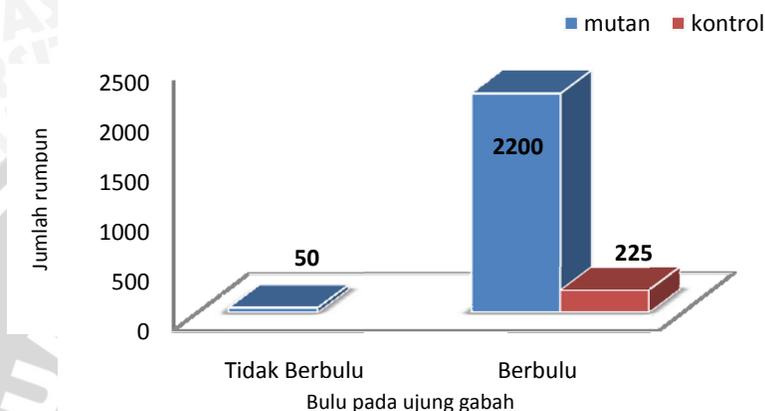


Diagram 4. Perbandingan rumpun yang berbulu dan tidak berbulu populasi kontrol dan populasi mutan

Dari diagram 4 dapat diketahui bahwa terdapat 50 rumpun dari populasi M2 Pandanwangi tidak terdapat bulu pada ujung gabahnya. Sedangkan sisanya, yaitu sekitar 2200 rumpun (97.778%) memiliki bulu pada ujung gabah, sama seperti Pandanwangi kontrol. Pada pengamatan secara observasi visual juga diperoleh mutan yang memiliki bulu lebih panjang dibandingkan dengan kontrol.

4.1.1.5 Bentuk gabah

Pengklasifikasian hasil dari pengamatan bentuk gabah didasarkan pada aromatic rice, yaitu ramping (*slim*), medium dan bulat (*bold*). Dari observasi visual diketahui bahwa bentuk gabah yang terdapat dalam populasi M2 Pandanwangi beragam (gambar 5). Pandanwangi kontrol (tidak dimutasi) memiliki penampilan bentuk gabah yang medium, sedangkan pada M2 pandanwangi tersebar pada masing-masing kelas.

Tabel 4. Frekuensi karakter bentuk pada ujung gabah

	Karakter			Total
	Ramping (<i>Slim</i>)	Medium	Bulat (<i>Bold</i>)	
Kontrol (rumpun)	-	225	-	225
Mutan (rumpun)	809	1431	10	2250
Persentase mutan (%)	35.956%	63.6%	0.444%	



Gambar 5. Bentuk gabah pada kontrol dan mutan

Diagram 5 menunjukkan bahwa Pandanwangi kontrol menunjukkan bentuk gabah medium. Pada populasi M2 Pandanwangi ditemukan 63.6 % memiliki bentuk gabah yang sama seperti kontrol, yaitu medium. Sekitar 809 rumpun M2 pandanwangi memiliki bentuk gabah ramping (*slim*) dan hanya 0.444 % memiliki bentuk gabah bulat (*bold*).

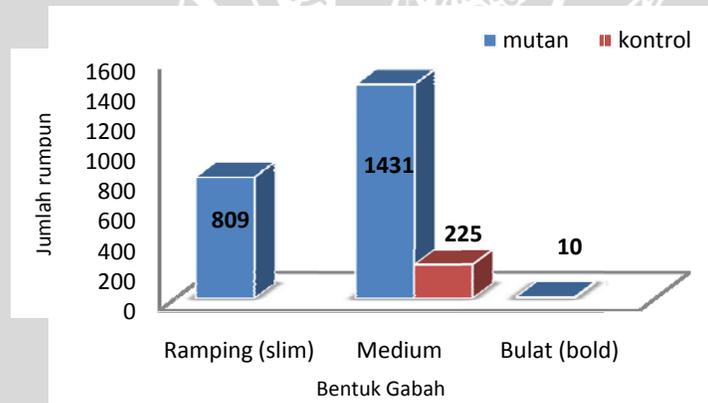


Diagram 5. Perbandingan karakter dengan bentuk gabah yang berbeda populasi kontrol dan populasi mutan

Dari hasil pengamatan karakter kualitatif pada populasi M2, perubahan yang ditemukan dalam satu rumpun umumnya satu karakter, namun terdapat beberapa rumpun yang mengalami perubahan lebih dari satu karakter, atau kombinasi dari karakter-karakter yang diamati. Perubahan tersebut disajikan dalam bentuk matriks data (Lampiran 9). Dari matriks data tersebut diketahui bahwa terdapat

421 rumpun yang mengalami dua perubahan karakter, 63 rumpun mengalami tiga perubahan karakter dan hanya dua rumpun mengalami empat perubahan karakter.

Kombinasi perubahan dua karakter yang ditunjukkan pada populasi mutan antara lain adalah karakter warna helaian daun dan bentuk gabah, warna helaian daun dan bulu pada ujung gabah, warna helaian daun dengan eksersi malai. Karakter lain yang berubah secara bersamaan pada rumpun mutan adalah bentuk gabah dan eksersi malai, bentuk gabah dan bulu pada ujung gabah, bulu ujung gabah dan eksersi malai. Perubahan karakter kualitatif ditunjukkan oleh matriks perubahan karakter kualitatif pada lampiran 9.

Rumpun nomor 2 pada famili KAMT 2:42 baris ke-3 mengalami perubahan pada karakter helaian daun, eksersi malai dan bentuk gabah, perubahan karakter tersebut juga ditemukan pada rumpun nomor 5 pada famili KAMT 2:47 baris ke-3. Sedangkan perubahan karakter bulu pada ujung gabah, bentuk gabah dan eksersi malai ditemukan pada rumpun nomor 6 pada famili KAMT 2:1 baris ke-4. Perubahan tiga karakter lain juga ditemukan pada rumpun nomor 5 pada famili KAMT 2:56 baris ke-4, kombinasi karakter yang berubah ialah eksersi malai, bentuk gabah dan warna helaian daun. Perubahan pada kombinasi karakter warna helaian daun, bulu pada ujung gabah dan bentuk gabah tidak ditemukan pada populasi M2 pandanwangi. Perubahan pada empat karakter, yaitu warna helaian daun, eksersi malai, bentuk gabah dan bulu pada ujung gabah, hanya ditunjukkan oleh dua rumpun mutan. Rumpun mutan tersebut adalah rumpun nomor 2 pada famili KAMT 2:1 baris ke-5 dan 6 pada famili KAMT 2:42 baris ke-2.

4.1.2 Keragaman karakter kuantitatif

4.1.2.1 Heritabilitas dan keragaman genetik populasi mutan 2 (M2)

Pada pengamatan seluruh karakter kuantitatif pada populasi M2 padi varietas Pandanwangi hasil irradiasi sinar gamma diketahui bahwa populasi tersebut beragam pada masing-masing karakter. Hasil analisa statistik yang dilakukan pada masing-masing karakter diperoleh nilai ragam fenotip, ragam lingkungan, ragam genotip, nilai heritabilitas, nilai koefisien keragaman genetik dan kemajuan genetik harapan seperti pada tabel 5.

Nilai heritabilitas yang ditunjukkan dalam populasi tersebut tergolong dalam nilai heritabilitas tinggi ($h^2 > 0.5$), yaitu antara 0.76 – 0.96. Nilai heritabilitas tertinggi ditunjukkan oleh karakter gabah isi per malai (0.96).

Nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG) bekisar antara rendah hingga agak rendah (2.12 – 37.34). Nilai KKG dengan kategori agak rendah ditunjukkan pada karakter gabah isi per malai dan bobot gabah total. Nilai KKG tertinggi ditunjukkan pada karakter gabah isi per malai yaitu 37.34.

Karakter gabah isi per malai menunjukkan nilai heritabilitas dan nilai KKG tertinggi (0.96 dan 37.34). Nilai KKG panjang malai tergolong kategori rendah, yaitu 5.07, tetapi nilai heritabilitasnya tergolong tinggi, yaitu 0.91. Karakter umur panen memiliki nilai heritabilitas dan KKG yang paling rendah dibanding karakter kuantitatif lainnya.

Tabel 5. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik pada populasi M2

Karakter	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KG	KGH
AP	7.22	1.28	5.94	0.82	22.05	3.88	35.18
PDB	24.33	4.89	19.45	0.79	13.57	6.94	21.36
TT	42.40	8.01	34.38	0.81	4.95	9.29	7.85
Heading	3.85	0.92	2.93	0.76	2.12	2.63	3.26
Maturity	7.25	1.49	5.76	0.79	2.40	3.77	3.76
PM	1.66	0.15	1.50	0.91	5.07	2.05	8.50
TPM	846.91	83.41	763.50	0.90	17.58	46.17	29.39
IPM	1790.59	76.23	1714.35	0.96	37.34	71.30	64.31
B100	0.08	0.004	0.08	0.96	9.12	0.48	15.69
BGT	164.46	22.32	142.14	0.86	31.61	19.51	51.72

Keterangan : AP = anakan produktif, PDB : panjang daun bendera, TT: tinggi tanaman, PM: panjang malai, TPM: total gabah per malai, IPM: gabah isi per malai, B100: bobot 100 biji, BGT: bobot gabah total; σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan ($k=1.76$)

Pendugaan nilai Kemajuan Genetik yang ditunjukkan oleh tabel 5 cukup tinggi. Karakter anakan produktif, panjang daun bendera, total gabah per malai, gabah isi per malai, bobot 100 biji, bobot gabah total, menunjukkan nilai Kemajuan Genetik Harapan yang tinggi yaitu antara (15 – 65)%.

4.1.2.2 Heritabilitas dan keragaman genetik famili-famili dalam populasi M2

4.1.2.2.1 Anakan produktif

Dari pengamatan jumlah anakan produktif yang dihasilkan masing-masing famili dalam populasi M2 menunjukkan nilai rata-rata yang berbeda. Nilai rata-rata jumlah anakan produktif tertinggi ditemukan pada famili KAMT 2:8, sedangkan famili yang menunjukkan rata-rata jumlah malai terendah ialah famili KAMT 2:45. Nilai rata-rata famili KAMT 2:1, KAMT 2:8 dan KAMT 2:22 lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata kontrol.

Pendugaan nilai keragaman genetik pada kelima plot kontrol menunjukkan nilai keragaman genetik yang rendah. Nilai heritabilitas, koefisien keragaman genetik dan kemajuan genetik yang ditunjukkan tergolong pada kategori rendah. Sedangkan analisa statistik untuk menduga keragaman yang terdapat pada karakter jumlah anakan produktif pada famili dalam populasi M2 padi varietas pandanwangi diketahui masing-masing famili dalam populasi tersebut beragam. Ragam fenotip (σ^2_p) dan ragam genotip (σ^2_g) tertinggi ditunjukkan oleh famili KAMT 2:31. Nilai ragam lingkungan (σ^2_e) dari lima blok berbeda-beda. Keragaman pada blok 1 lebih besar daripada keragaman di blok lainnya.

Tabel 6 menunjukkan nilai-nilai dari ragam fenotip, ragam lingkungan, ragam genetik, heritabilitas dan Koefisien Keragaman Genetik (KKG) dari famili-famili dalam populasi M2. Nilai heritabilitas yang ditunjukkan tiap famili tergolong kategori heritabilitas tinggi ($h^2 > 0.5$). Famili KAMT 2:31 menunjukkan nilai heritabilitas paling tinggi dibanding dengan famili lainnya. Sedangkan nilai heritabilitas paling rendah ditunjukkan oleh famili KAMT 2:2 dan KAMT 2:12.

Tabel 6 juga menunjukkan KKG dari famili-famili dalam populasi M2. Nilai yang ditunjukkan mengarah pada keragaman genetik yang rendah sampai agak rendah. Famili yang menunjukkan nilai KKG tinggi dibanding famili lainnya dalam populasi tersebut ialah famili KAMT 2:44. Sedangkan famili yang menunjukkan nilai koefisien keragaman genetik rendah ditunjukkan oleh famili KAMT 2:19. Pendugaan nilai Kemajuan Genetik Harapan (KGH) menunjukkan nilai yang tinggi ($KGH > 10\%$). Nilai KGH tertinggi ditunjukkan famili KAMT 2:44, yaitu sebesar 49.85%.

Tabel 6. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter anakan produktif pada family dalam populasi M2

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
Blok I							
Kontrol	11.66 ± 0.21	6.62	5.49	1.13	0.17	9.13	6.65
KAMT 2:1	12.09 ± 0.42	8.08	1.95	6.13	0.76	20.48	31.39
KAMT 2:2	11.07 ± 0.33	5.02	1.95	3.06	0.61	15.82	21.76
KAMT 2:3	11.40 ± 0.37	6.29	1.95	4.34	0.69	18.27	26.70
KAMT 2:5	11.02 ± 0.37	6.20	1.95	4.25	0.69	18.70	27.25
KAMT 2:6	11.84 ± 0.41	7.68	1.95	5.73	0.75	20.20	30.70
KAMT 2:7	10.93 ± 0.51	11.56	1.95	9.61	0.83	28.35	45.49
KAMT 2:8	12.78 ± 0.46	9.54	1.95	7.59	0.80	21.56	33.83
KAMT 2:9	11.51 ± 0.42	7.85	1.95	5.89	0.75	21.09	32.16
KAMT 2:10	11.69 ± 0.42	8.04	1.95	6.08	0.76	21.10	32.31
KAMT 2:11	11.44 ± 0.42	8.07	1.95	6.12	0.76	21.61	33.11
Blok II							
Kontrol	11.36 ± 0.14	5.07	4.56	0.51	0.10	6.31	3.53
KAMT 2:13	11.13 ± 0.42	8.07	1.09	6.99	0.87	23.74	38.87
KAMT 2:14	10.76 ± 0.31	4.42	1.09	3.33	0.75	16.97	25.93
KAMT 2:15	10.56 ± 0.30	4.07	1.09	2.98	0.73	16.37	24.67
KAMT 2:17	11.42 ± 0.38	6.52	1.09	5.44	0.83	20.41	32.80
KAMT 2:18	10.51 ± 0.29	3.85	1.09	2.76	0.72	15.81	23.57
KAMT 2:19	11.09 ± 0.26	2.99	1.09	1.91	0.64	12.45	17.49
KAMT 2:20	10.84 ± 0.31	4.27	1.09	3.18	0.75	16.46	25.01
KAMT 2:21	10.44 ± 0.45	9.03	1.09	7.94	0.88	26.98	44.53
KAMT 2:22	12.42 ± 0.41	7.43	1.09	6.35	0.85	20.28	32.98
KAMT 2:23	11.20 ± 0.38	6.39	1.09	5.31	0.83	20.57	32.98
Blok III							
Kontrol	11.21 ± 0.15	4.84	4.05	0.79	0.16	7.92	5.63
KAMT 2:24	11.36 ± 0.35	5.60	1.39	4.21	0.75	18.07	27.59
KAMT 2:25	11.62 ± 0.33	4.97	1.39	3.58	0.72	16.28	24.34
KAMT 2:26	10.31 ± 0.39	6.72	1.39	5.33	0.79	22.40	35.12
KAMT 2:27	11.07 ± 0.37	6.25	1.39	4.86	0.78	19.92	30.93
Blok IV							
Kontrol	11.44 ± 0.18	5.88	4.98	0.90	0.15	8.30	5.72
KAMT 2:34	10.22 ± 0.37	6.27	1.61	4.66	0.74	21.12	32.06
KAMT 2:35	10.56 ± 0.46	9.43	1.61	7.83	0.83	26.51	42.50
KAMT 2:37	10.69 ± 0.33	4.81	1.61	3.20	0.67	16.75	24.06
KAMT 2:38	10.49 ± 0.48	10.03	1.61	8.42	0.84	27.67	44.63
KAMT 2:39	9.82 ± 0.44	8.74	1.61	7.13	0.82	27.19	43.24
KAMT 2:40	10.58 ± 0.41	7.61	1.61	6.01	0.79	23.17	36.23
KAMT 2:41	11.73 ± 0.38	6.61	1.61	5.00	0.76	19.06	29.19
KAMT 2:42	10.78 ± 0.42	7.95	1.61	6.34	0.80	23.37	36.74
KAMT 2:43	11.11 ± 0.41	7.46	1.61	5.86	0.78	21.79	33.97
KAMT 2:44	11.07 ± 0.53	12.84	1.61	11.23	0.87	30.28	49.85
Blok V							
Kontrol	11.67 ± 0.17	6.17	5.57	0.60	0.10	6.65	3.66
KAMT 2:45	9.933 ± 0.38	6.47	1.37	5.10	0.79	22.75	35.55
KAMT 2:46	10.76 ± 0.49	10.73	1.37	9.37	0.87	28.45	46.78
KAMT 2:47	10.33 ± 0.31	4.27	1.37	2.90	0.68	16.49	23.94
KAMT 2:50	11.04 ± 0.36	7.34	1.37	5.98	0.81	23.16	36.77
KAMT 2:53	10.38 ± 0.38	6.42	1.37	5.05	0.79	21.66	33.82
KAMT 2:55	11.18 ± 0.31	4.24	1.37	2.87	0.68	15.16	21.96
KAMT 2:56	11.51 ± 0.33	4.80	1.37	3.43	0.72	16.10	23.96
KAMT 2:57	10.96 ± 0.48	10.41	1.37	9.04	0.87	27.44	45.01
KAMT 2:58	11.36 ± 0.42	7.87	1.37	6.50	0.83	22.46	35.93
KAMT 2:59	11.60 ± 0.42	7.93	1.37	6.56	0.83	22.08	35.35

Keterangan : σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan

Berdasarkan nilai heritabilitas, KKG dan KGH terdapat 8 nomer famili-famili yang dapat diseleksi melalui karakter jumlah anakan produktif. Famili-famili tersebut adalah KAMT 2:7, KAMT 2:21, KAMT 2:31, KAMT 2:31, KAMT 2:38, KAMT 2:39, KAMT 2:44, KAMT 2:46 dan KAMT 2:57.

4.1.2.2.2 Panjang daun bendera

Pengamatan pada karakter daun bendera menunjukkan adanya perbedaan terhadap nilai rata-rata tiap famili dalam M2 Pandanwangi. Rentan nilai rata-rata panjang daun bendera adalah 29.47 cm – 36.29 cm. Analisa statistic untuk menduga pengaruh genetik dalam karakter panjang daun bendera ditunjukkan oleh tabel 7.

Pendugaan nilai keragaman genetik yang dilakukan pada plot kontrol menunjukkan bahwa pada plot kontrol ditemukan keragaman. Dari pendugaan proporsi ragam genetik dengan ragam fenotip menunjukkan nilai yang tergolong rendah.

Nilai ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas, Koefisien Keragaman Genetik (KKG) dan Kemajuan Genetik Harapan (KGH) yang beragam dari karakter panjang daun bendera pada famili dalam populasi M2 ditunjukkan oleh tabel 7. Keragaman fenotip paling tinggi dapat dilihat dari nilai ragam fenotip (σ^2_p) yang tinggi, yaitu pada famili KAMT 2:7. Nilai ragam genetik dari KAMT 2:7 juga tinggi. Nilai ragam lingkungan pada blok 1 lebih tinggi dibanding ragam lingkungan blok lainnya.

Nilai heritabilitas yang ditunjukkan termasuk dalam kategori tinggi, karena nilai heritabilitas yang ditunjukkan bekisar antara 0.51-0.94. Nilai heritabilitas paling tinggi ditunjukkan famili KAMT 2:31 dan KAMT 2:39.

Koefisien keragaman genetik untuk seluruh famili yang diamati menunjukkan kriteria rendah, nilai kurang dari 25 %. Nilai koefisien keragaman genetik yang tinggi pada famili dalam populasi M2 tersebut ditunjukkan pada famili KAMT 2:11. Sedangkan pendugaan nilai KGH, menggunakan intensitas seleksi 10%, menunjukkan nilai yang tinggi. Nilai KGH tertinggi adalah 27.15% pada famili KAMT 2:39.

Tabel 7. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter daun bendera pada family dalam populasi M2

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
Blok I							
Kontrol	33.09 ± 0.45	33.26	26.3	6.96	0.21	7.97	6.41
KAMT 2:1	31.24 ± 0.80	28.83	8.98	19.84	0.69	14.26	20.82
KAMT 2:2	30.73 ± 0.80	28.84	8.98	19.85	0.69	14.50	21.17
KAMT 2:3	28.58 ± 0.65	19.25	8.98	10.27	0.53	11.21	14.41
KAMT 2:5	31.71 ± 0.76	25.89	8.98	16.91	0.65	12.97	18.44
KAMT 2:6	30.31 ± 0.78	27.49	8.98	18.51	0.67	14.19	20.50
KAMT 2:7	32.11 ± 0.94	39.46	8.98	30.48	0.77	17.19	26.60
KAMT 2:8	29.84 ± 0.71	22.54	8.98	13.56	0.60	12.34	16.84
KAMT 2:9	33.02 ± 0.77	26.34	8.98	17.36	0.66	12.62	18.03
KAMT 2:10	30.97 ± 0.64	18.36	8.98	9.37	0.51	9.89	12.44
KAMT 2:11	30.61 ± 0.90	36.76	8.98	27.78	0.76	17.22	26.34
Blok II							
Kontrol	32.61 ± 0.31	14.51	10.43	4.08	0.28	6.19	5.78
KAMT 2:13	32.27 ± 0.71	22.47	5.05	17.42	0.78	12.94	20.05
KAMT 2:14	32.91 ± 0.77	26.96	5.05	21.91	0.81	14.22	22.57
KAMT 2:15	30.89 ± 0.73	23.87	5.05	18.83	0.79	14.05	21.95
KAMT 2:17	32.27 ± 0.65	19.15	5.05	14.11	0.74	11.64	17.58
KAMT 2:18	31.80 ± 0.81	29.30	5.05	24.25	0.83	15.49	24.80
KAMT 2:19	32.71 ± 0.65	18.76	5.05	13.71	0.73	11.32	17.03
KAMT 2:20	29.47 ± 0.71	23.02	5.05	17.97	0.78	14.39	22.37
KAMT 2:21	32.18 ± 0.81	29.65	5.05	24.60	0.83	15.41	24.71
KAMT 2:22	30.24 ± 0.78	27.01	5.05	21.96	0.81	15.49	24.59
KAMT 2:23	31.76 ± 0.73	23.73	5.05	18.69	0.79	13.61	21.26
Blok III							
Kontrol	34.07 ± 0.19	14.83	14.48	0.34	0.02	1.72	0.46
KAMT 2:24	31.87 ± 0.54	13.53	1.70	11.83	0.87	10.79	17.77
KAMT 2:25	31.56 ± 0.63	18.03	1.70	16.33	0.91	12.81	21.45
KAMT 2:26	30.44 ± 0.67	20.39	1.70	18.69	0.92	14.20	23.93
KAMT 2:27	29.84 ± 0.73	24.13	1.70	22.44	0.93	15.87	26.93

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
KAMT 2:28	32.38 ± 0.64	18.62	1.70	16.92	0.91	12.70	21.32
KAMT 2:12	34.06 ± 0.63	18.30	1.70	16.60	0.91	11.96	20.05
KAMT 2:30	35.41 ± 0.41	7.75	1.70	6.06	0.78	6.95	10.81
KAMT 2:31	36.29 ± 0.78	27.45	1.70	25.75	0.94	13.98	23.84
KAMT 2:32	30.58 ± 0.68	20.91	1.70	19.21	0.92	14.33	24.18
KAMT 2:33	33.10 ± 0.73	24.26	1.70	22.56	0.93	14.35	24.36
Blok IV							
Kontrol	34.61 ± 0.16	12.76	12.73	0.04	0.003	0.57	0.05
KAMT 2:34	33.77 ± 0.57	14.65	1.61	13.04	0.89	10.70	17.76
KAMT 2:35	33.57 ± 0.56	14.19	1.61	12.58	0.89	10.57	17.51
KAMT 2:37	33.31 ± 0.55	13.65	1.61	12.04	0.88	10.42	17.22
KAMT 2:38	33.42 ± 0.57	14.51	1.61	12.90	0.89	10.75	17.83
KAMT 2:39	33.13 ± 0.81	29.25	1.61	27.64	0.94	15.87	27.15
KAMT 2:40	32.90 ± 0.70	22.09	1.61	20.47	0.93	13.75	23.31
KAMT 2:41	32.31 ± 0.59	15.76	1.61	14.15	0.90	11.64	19.42
KAMT 2:42	32.79 ± 0.71	22.36	1.61	20.75	0.93	13.89	23.55
KAMT 2:43	33.84 ± 0.56	14.34	1.61	12.73	0.89	10.54	17.48
KAMT 2:44	33.16 ± 0.74	24.49	1.61	22.87	0.93	14.43	24.54
Blok V							
Kontrol	34.46 ± 0.29	28.06	26.25	1.81	0.06	3.91	1.75
KAMT 2:45	31.78 ± 0.55	13.56	5.32	8.24	0.61	9.04	12.40
KAMT 2:46	34.64 ± 0.50	11.29	5.32	5.97	0.53	7.05	9.03
KAMT 2:47	32.54 ± 0.86	33.03	5.32	27.71	0.84	16.18	26.08
KAMT 2:50	33.78 ± 0.68	21.40	5.32	16.08	0.75	12.17	18.56
KAMT 2:53	35.50 ± 0.62	17.19	5.32	11.87	0.69	9.71	14.20
KAMT 2:55	35.72 ± 0.66	19.75	5.32	14.43	0.73	10.63	16.00
KAMT 2:56	35.64 ± 0.69	21.30	5.32	15.98	0.75	11.22	17.10
KAMT 2:57	35.14 ± 0.72	23.50	5.32	18.18	0.77	12.13	18.78
KAMT 2:58	34.23 ± 0.58	15.28	5.32	9.97	0.65	9.22	13.11
KAMT 2:59	33.05 ± 0.51	11.62	5.32	6.30	0.54	7.59	9.84

Keterangan : σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan

Tabel 8. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter tinggi tanaman pada family dalam populasi M2

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
Blok I							
Kontrol	116.03 ± 0.36	22.50	18.45	4.05	0.18	1.73	1.30
KAMT 2:1	114.47 ± 0.47	9.94	6.57	3.37	0.34	1.60	1.64
KAMT 2:2	118.60 ± 0.64	18.56	6.57	11.99	0.65	2.92	4.13
KAMT 2:3	118.76 ± 0.64	18.64	6.57	12.07	0.65	2.93	4.14
KAMT 2:5	122.22 ± 0.65	18.95	6.57	12.38	0.65	2.88	4.09
KAMT 2:6	119.82 ± 0.62	17.51	6.57	10.94	0.62	2.76	3.84
KAMT 2:7	115.33 ± 1.08	52.00	6.57	45.43	0.87	5.84	9.61
KAMT 2:8	120.73 ± 0.85	32.52	6.57	25.95	0.80	4.22	6.63
KAMT 2:9	118.02 ± 0.83	31.16	6.57	24.59	0.79	4.20	6.57
KAMT 2:10	119.26 ± 0.96	41.11	6.57	34.54	0.84	4.93	7.95
KAMT 2:11	117.60 ± 0.77	26.90	6.57	20.33	0.76	3.83	5.87
Blok II							
Kontrol	115.94 ± 0.22	18.99	18.95	0.04	0.002	0.17	0.01
KAMT 2:13	113.77 ± 0.89	35.22	2.19	33.04	0.94	5.05	8.61
KAMT 2:14	115.09 ± 0.51	11.74	2.19	9.56	0.81	2.69	4.27
KAMT 2:15	114.21 ± 0.64	18.22	2.19	16.04	0.88	3.51	5.79
KAMT 2:17	111.67 ± 1.29	75.14	2.19	72.95	0.97	7.65	13.26
KAMT 2:18	112.58 ± 0.68	20.53	2.19	18.35	0.89	3.80	6.33
KAMT 2:19	114.66 ± 0.49	11.07	2.19	8.88	0.80	2.60	4.10
KAMT 2:20	116.19 ± 0.59	15.86	2.19	13.67	0.86	3.18	5.20
KAMT 2:21	114.06 ± 0.61	16.60	2.19	14.42	0.87	3.33	5.46
KAMT 2:22	114.48 ± 0.63	18.10	2.19	15.92	0.88	3.49	5.75
KAMT 2:23	117.36 ± 0.75	25.18	2.19	22.99	0.91	4.09	6.87
Blok III							
Kontrol	118.93 ± 0.18	21.72	14.57	7.15	0.33	2.25	2.27
KAMT 2:24	117.36 ± 0.46	9.65	1.60	8.06	0.83	2.42	3.89
KAMT 2:25	118.22 ± 0.49	11.18	1.60	9.58	0.86	2.62	4.27
KAMT 2:26	114.36 ± 0.48	10.18	1.60	8.58	0.84	2.56	4.14
KAMT 2:27	111.19 ± 1.35	82.36	1.60	80.76	0.98	8.08	14.09
Blok IV							
Kontrol	120.22 ± 0.17	14.58	12.90	1.68	0.11	1.08	0.64
KAMT 2:34	118.64 ± 1.63	119.92	1.29	118.62	0.99	9.18	16.07
KAMT 2:35	116.57 ± 0.92	37.89	1.29	36.60	0.97	5.19	8.98
KAMT 2:37	121.52 ± 1.87	156.70	1.29	155.41	0.99	10.26	17.98
KAMT 2:38	119.21 ± 1.17	61.42	1.29	60.13	0.98	6.50	11.33
KAMT 2:39	116.90 ± 1.12	56.88	1.29	55.59	0.98	6.38	11.10
KAMT 2:40	117.64 ± 0.57	14.72	1.29	13.43	0.91	3.11	5.24
KAMT 2:41	120.23 ± 0.54	13.01	1.29	11.71	0.90	2.85	4.75
KAMT 2:42	124.27 ± 0.98	43.50	1.29	42.20	0.97	5.23	9.06
KAMT 2:43	121.10 ± 1.11	55.84	1.29	54.54	0.98	6.10	10.61
KAMT 2:44	119.54 ± 1.16	60.21	1.29	58.92	0.98	6.42	11.18
Blok V							
Kontrol	117.70 ± 0.34	20.80	15.37	5.44	0.26	1.98	1.78
KAMT 2:45	118.92 ± 0.72	23.35	6.27	17.08	0.73	3.48	5.23
KAMT 2:46	120.32 ± 0.58	14.97	6.27	8.70	0.58	2.45	3.29
KAMT 2:47	121.86 ± 0.66	19.55	6.27	13.28	0.68	2.99	4.34
KAMT 2:50	122.16 ± 0.61	19.78	6.27	13.51	0.68	3.10	4.51
KAMT 2:53	122.42 ± 0.62	17.45	6.27	11.18	0.64	2.73	3.85
KAMT 2:55	122.94 ± 0.56	14.03	6.27	7.75	0.55	2.27	2.96
KAMT 2:56	121.99 ± 0.54	12.91	6.27	6.64	0.51	2.11	2.67
KAMT 2:57	124.38 ± 1.03	47.82	6.27	41.55	0.87	5.18	8.50
KAMT 2:58	121.11 ± 0.62	17.48	6.27	11.21	0.64	2.76	3.90
KAMT 2:59	117.81 ± 0.58	15.07	6.27	8.80	0.58	2.52	3.39

Keterangan : σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan

4.1.2.2.3 Tinggi tanaman

Pada pengamatan karakter tinggi tanaman, diketahui bahwa tiap famili ditemukan keragaman. Keragaman karakter tinggi tanaman ditunjukkan dengan bervariasinya tinggi tanaman dari masing-masing individu dalam tiap rumpun. Nilai rata-rata tinggi tanaman dari tiap famili berbeda. Penurunan nilai rata-rata dibandingkan rata-rata kontrol ditemukan pada beberapa famili, yaitu 21 famili, sedangkan sisanya menunjukkan nilai rata-rata yang sama seperti kontrol dan sebagian kecil lebih tinggi dibanding kontrol.

Pendugaan ragam yang terdapat pada plot kontrol menunjukkan nilai ragam genetik yang rendah. Selain itu pendugaan terhadap nilai heritabilitas serta koefisien keragaman genetik menunjukkan nilai dengan kategori rendah. Sehingga secara genetik populasi kontrol seragam

Nilai heritabilitas pada karakter tinggi tanaman, yang ditunjukkan pada tabel 8, menunjukkan kategori sedang sampai tinggi. Sebagian besar famili-famili tersebut tergolong dalam heritabilitas tinggi, hanya terdapat satu famili yang nilai heritabilitasnya termasuk kategori sedang. Nilai Koefisien Keragaman Genetik pada karakter tinggi tanaman yang tercantum dalam tabel 8 menunjukkan kategori rendah. Nilai koefisien keragaman genetik family-famili kurang dari 25%. Nilai koefisien keragaman genetik tertinggi terdapat pada famili KAMT 2:37, yaitu sebesar 10.26.

Pendugaan nilai Kemajuan Genetik Harapan hanya tujuh famili yang menunjukkan nilai KGH tinggi ($KGH > 10\%$), lima famili dengan nilai KGH agak tinggi, sedangkan sisanya menunjukkan nilai KGH dengan kategori agak rendah dan rendah. Famili-famili yang menunjukkan nilai KGH tinggi ialah KAMT 2:17, KAMT 2:27, KAMT 2:34, KAMT 2:37, KAMT 2:38, KAMT 2:39 dan KAMT 2:44. Kisaran nilai KGH dari tujuh famili tersebut adalah 11.10%-17.98%.

4.1.2.2.4 Umur berbunga

Pada pengamatan umur berbunga, diketahui bahwa famili dalam populasi M2 pandanwangi memiliki keragaman. Nilai rata-rata umur berbunga sebagian besar famili menunjukkan perbedaan waktu yang kecil dibanding kontrol, yaitu satu sampai dua hari lebih cepat atau lebih lambat. Terdapat satu famili yang

Tabel 9. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter umur berbunga pada family dalam populasi M2

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
Blok I							
Kontrol	81.48 ± 0.007	0.29	0.02	0.28	0.95	0.65	1.11
KAMT 2:1	82.33 ± 0.27	3.27	0.28	2.99	0.91	2.10	3.54
KAMT 2:2	83.49 ± 0.19	1.66	0.28	1.38	0.83	1.41	2.26
KAMT 2:3	83.07 ± 0.25	2.70	0.28	2.42	0.90	1.87	3.12
KAMT 2:5	82.96 ± 0.18	1.59	0.28	1.31	0.82	1.38	2.20
KAMT 2:6	82.58 ± 0.25	2.70	0.28	2.42	0.90	1.89	3.14
KAMT 2:7	83.11 ± 0.18	1.37	0.28	1.09	0.80	1.26	1.98
KAMT 2:8	83.31 ± 0.30	4.04	0.28	3.76	0.93	2.33	3.95
KAMT 2:9	82.31 ± 0.22	2.26	0.28	1.98	0.88	1.71	2.82
KAMT 2:10	83.84 ± 0.24	2.63	0.28	2.35	0.89	1.83	3.04
KAMT 2:11	83.02 ± 0.22	2.11	0.28	1.83	0.87	1.63	2.67
Blok II							
Kontrol	80.70 ± 0.05	2.10	0.14	1.96	0.94	1.73	2.95
KAMT 2:13	80.82 ± 0.30	4.15	1.98	2.17	0.52	1.82	2.32
KAMT 2:14	79.76 ± 0.22	2.10	1.98	0.12	0.06	0.44	0.19
KAMT 2:15	79.76 ± 0.21	2.05	1.98	0.08	0.04	0.35	0.12
KAMT 2:17	77.04 ± 0.35	5.54	1.98	3.57	0.64	2.45	3.46
KAMT 2:18	80.53 ± 0.23	2.30	1.98	0.32	0.14	0.71	0.47
KAMT 2:19	80.71 ± 0.23	2.44	1.98	0.46	0.19	0.84	0.65
KAMT 2:20	81.40 ± 0.23	2.29	1.98	0.32	0.14	0.69	0.45
KAMT 2:21	81.00 ± 0.25	2.82	1.98	0.84	0.30	1.13	1.09
KAMT 2:22	81.33 ± 0.26	3.00	1.98	1.02	0.34	1.24	1.28
KAMT 2:23	81.29 ± 0.28	3.48	1.98	1.51	0.43	1.51	1.75
Blok III							
Kontrol	79.84 ± 0.09	0.90	0.43	0.47	0.52	0.86	1.09
KAMT 2:24	79.33 ± 0.18	1.50	0.52	0.98	0.66	1.25	1.78
KAMT 2:25	81.18 ± 0.17	1.24	0.52	0.72	0.58	1.05	1.41
KAMT 2:26	81.02 ± 0.20	1.79	0.52	1.28	0.71	1.40	2.07
KAMT 2:27	81.60 ± 0.22	2.15	0.52	1.64	0.76	1.57	2.41

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
KAMT 2:28	80.44 ± 0.13	0.75	0.52	0.24	0.31	0.60	0.60
KAMT 2:12	79.62 ± 0.19	1.74	0.52	1.22	0.70	1.39	2.05
KAMT 2:30	78.71 ± 0.17	1.30	0.52	0.78	0.60	1.13	1.54
KAMT 2:31	79.78 ± 0.18	1.49	0.52	0.98	0.65	1.24	1.77
KAMT 2:32	81.04 ± 0.15	1.04	0.52	0.53	0.51	0.90	1.12
KAMT 2:33	79.96 ± 0.13	0.73	0.52	0.21	0.29	0.57	0.54

Blok IV							
Kontrol	80.14 ± 0.05	0.47	0.33	0.14	0.30	0.47	0.45
KAMT 2:34	79.16 ± 0.10	0.45	0.18	0.28	0.61	0.66	0.91
KAMT 2:35	80.47 ± 0.26	3.12	0.18	2.94	0.94	2.13	3.64
KAMT 2:37	80.22 ± 0.16	1.09	0.18	0.91	0.84	1.19	1.92
KAMT 2:38	80.20 ± 0.09	0.44	0.18	0.26	0.60	0.64	0.87
KAMT 2:39	80.24 ± 0.19	1.55	0.18	1.38	0.89	1.46	2.42
KAMT 2:40	79.93 ± 0.10	0.47	0.18	0.30	0.63	0.68	0.95
KAMT 2:41	80.07 ± 0.07	0.20	0.18	0.02	0.12	0.19	0.12
KAMT 2:42	80.60 ± 0.18	1.47	0.18	1.30	0.88	1.41	2.33
KAMT 2:43	79.80 ± 0.16	1.12	0.18	0.94	0.84	1.22	1.97
KAMT 2:44	79.33 ± 0.14	0.91	0.18	0.73	0.81	1.08	1.71

Blok V							
Kontrol	80.50 ± 0.007	0.27	0.02	0.25	0.93	0.63	1.06
KAMT 2:45	78.53 ± 0.22	2.16	0.26	1.91	0.88	1.76	2.91
KAMT 2:46	79.44 ± 0.15	1.07	0.26	0.81	0.76	1.14	1.74
KAMT 2:47	79.87 ± 0.13	0.80	0.26	0.54	0.68	0.92	1.34
KAMT 2:50	79.38 ± 0.11	0.56	0.26	0.30	0.54	0.69	0.90
KAMT 2:53	79.82 ± 0.08	0.29	0.26	0.03	0.11	0.22	0.12
KAMT 2:55	79.33 ± 0.17	1.32	0.26	1.06	0.81	1.30	2.05
KAMT 2:56	78.96 ± 0.17	1.32	0.26	1.06	0.81	1.30	2.06
KAMT 2:57	79.67 ± 0.11	0.50	0.26	0.24	0.49	0.62	0.76
KAMT 2:58	79.56 ± 0.13	0.80	0.26	0.54	0.68	0.93	1.34
KAMT 2:59	80.20 ± 0.11	0.57	0.26	0.32	0.55	0.70	0.92

Keterangan : σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan

memiliki nilai rata-rata waktu berbunga tiga hari lebih cepat dibanding kontrol, yaitu KAMT 2:17.

Pendugaan nilai keragaman pada plot kontrol menunjukkan bahwa nilai heritabilitas yang tinggi, bahkan beberapa lebih tinggi dibandingkan nilai heritabilitas dari famili-famili mutan. Namun nilai koefisien keragaman genetik yang ditunjukkan menunjukkan nilai KKG dalam kategori rendah, begitu juga dengan nilai dari kemajuan genetik harapannya.

Nilai heritabilitas yang tercantum pada tabel 9 menunjukkan nilai heritabilitas rendah sampai dengan tinggi. hasil pendugaan heritabilitas terendah ditunjukkan famili KAMT 2:15 (0.04), sedangkan nilai heritabilitas tertinggi ditunjukkan oleh amili KAMT 2:35. Famili yang termasuk pada heritabilitas kategori rendah terdiri dari 7 famili, 7 famili tergolong memiliki nilai heritabilitas kategori sedang dan 36 famili lainnya tergolong memiliki nilai heritabilitas tinggi.

Nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG) yang ditunjukkan pada tabel 9 menunjukkan bahwa seluruh famili menunjukkan nilai KKG kategori rendah ($KKG < 25\%$). Nilai koefisien keragaman genetik pada karakter umur berbunga bekisar antara 0.19% – 2.45%. Hal tersebut juga teramati pada nilai Kemajuan Genetik Harapan (KGH) dari masing-masing famili yang menunjukkan nilai yang rendah sampai agak rendah. Empat famili menunjukkan nilai KGH dengan kategori agak rendah, yaitu KAMT 2:1, KAMT 2:8, KAMT 2:17 dan KAMT 2:35.

4.1.2.2.5 Umur panen

Pada pengamatan diketahui bahwa terdapat keragaman pada famili dalam M2. Nilai rata-rata karakter umur panen yang ditunjukkan masing-masing karakter menunjukkan perubahan yang jika dibandingkan dengan nilai rata-rata kontrol. Famili KAMT 2:17 menunjukkan nilai rata-rata umur panen yang lebih rendah dibanding kontrol dan famili lainnya.

Pendugaan nilai keragaman pada plot kontrol menunjukkan nilai ragam genetik yang lebih rendah dibandingkan ragam genetik yang ditunjukkan pada plot mutan. Namun nilai heritabilitas menunjukkan nilai yang tinggi. sedangkan nilai koefisien keragaman genetik rendah.

Tabel 10. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter umur panen pada family dalam populasi M2

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
Blok I							
Kontrol	101.88 ± 0.04	0.36	0.32	0.04	0.10	0.19	0.11
KAMT 2:1	102.31 ± 0.26	3.04	0.07	2.96	0.98	1.68	2.93
KAMT 2:2	103.11 ± 0.14	0.83	0.07	0.76	0.91	0.84	1.42
KAMT 2:3	103.02 ± 0.21	2.02	0.07	1.95	0.96	1.36	2.34
KAMT 2:5	102.73 ± 0.12	0.70	0.07	0.63	0.90	0.77	1.28
KAMT 2:6	102.53 ± 0.18	1.48	0.07	1.41	0.95	1.16	1.99
KAMT 2:7	102.84 ± 0.12	0.68	0.07	0.61	0.89	0.76	1.26
KAMT 2:8	103.22 ± 0.24	2.68	0.07	2.60	0.97	1.56	2.71
KAMT 2:9	101.96 ± 0.41	7.68	0.07	7.61	0.99	2.71	4.74
KAMT 2:10	102.96 ± 0.42	7.86	0.07	7.79	0.99	2.71	4.75
KAMT 2:11	102.64 ± 0.19	1.64	0.07	1.57	0.96	1.22	2.10
Blok II							
Kontrol	100.72 ± 0.05	2.00	1.01	0.99	0.50	0.99	1.22
KAMT 2:13	100.33 ± 0.36	5.77	1.90	3.88	0.67	1.96	2.83
KAMT 2:14	99.49 ± 0.27	3.26	1.90	1.36	0.42	1.17	1.33
KAMT 2:15	99.40 ± 0.27	3.38	1.90	1.49	0.44	1.23	1.43
KAMT 2:17	95.16 ± 1.04	48.36	1.90	46.47	0.96	7.16	12.36
KAMT 2:18	99.98 ± 0.24	2.61	1.90	0.72	0.27	0.85	0.78
KAMT 2:19	99.62 ± 0.21	1.92	1.90	0.03	0.01	0.16	0.03
KAMT 2:20	101.04 ± 0.28	3.63	1.90	1.74	0.48	1.30	1.59
KAMT 2:21	99.96 ± 0.24	2.63	1.90	0.74	0.28	0.86	0.80
KAMT 2:22	100.91 ± 0.29	3.86	1.90	1.96	0.51	1.39	1.74
KAMT 2:23	101.29 ± 0.29	3.98	1.90	2.09	0.52	1.43	1.82
Blok III							
Kontrol	99.43 ± 0.08	0.96	0.78	0.19	0.19	0.43	0.34
KAMT 2:24	99.13 ± 0.21	2.16	0.27	1.89	0.87	1.39	2.28
KAMT 2:25	101.20 ± 0.24	2.62	0.27	2.35	0.90	1.51	2.52
KAMT 2:26	100.55 ± 0.27	3.48	0.27	3.21	0.92	1.78	3.01
KAMT 2:27	101.24 ± 0.29	3.83	0.27	3.55	0.93	1.86	3.16

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
KAMT 2:28	99.27 ± 0.12	0.75	0.27	0.47	0.63	0.69	0.97
KAMT 2:12	98.60 ± 0.12	0.65	0.27	0.38	0.58	0.63	0.84
KAMT 2:30	98.20 ± 0.41	7.53	0.27	7.25	0.96	2.74	4.74
KAMT 2:31	99.16 ± 0.11	0.54	0.27	0.27	0.50	0.52	0.65
KAMT 2:32	101.07 ± 0.24	2.52	0.27	2.25	0.89	1.48	2.46
KAMT 2:33	99.02 ± 0.08	0.29	0.27	0.02	0.07	0.15	0.07

Blok IV							
Kontrol	100.16 ± 0.06	1.06	0.61	0.45	0.42	0.66	0.75
KAMT 2:34	99.02 ± 0.15	0.98	0.79	0.19	0.20	0.44	0.34
KAMT 2:35	99.47 ± 0.26	3.12	0.79	2.33	0.75	1.54	2.34
KAMT 2:37	99.27 ± 0.15	1.02	0.79	0.23	0.23	0.49	0.41
KAMT 2:38	99.42 ± 0.16	1.20	0.79	0.42	0.35	0.65	0.68
KAMT 2:39	99.62 ± 0.22	2.19	0.79	1.41	0.64	1.19	1.68
KAMT 2:40	99.29 ± 0.14	0.89	0.79	0.11	0.12	0.33	0.20
KAMT 2:41	99.44 ± 0.19	1.62	0.79	0.83	0.51	0.92	1.16
KAMT 2:42	99.80 ± 0.24	2.62	0.79	1.83	0.70	1.36	2.00
KAMT 2:43	99.04 ± 0.15	1.00	0.79	0.21	0.21	0.47	0.38
KAMT 2:44	96.62 ± 0.82	29.97	0.79	29.18	0.97	5.59	9.71

Blok V							
Kontrol	101.34 ± 0.04	0.65	0.45	0.20	0.30	0.44	0.43
KAMT 2:45	98.24 ± 0.15	0.96	0.28	0.68	0.71	0.84	1.24
KAMT 2:46	99.18 ± 0.15	0.97	0.28	0.69	0.71	0.84	1.24
KAMT 2:47	99.33 ± 0.14	0.91	0.28	0.63	0.69	0.80	1.17
KAMT 2:50	98.64 ± 0.12	0.60	0.28	0.32	0.53	0.57	0.73
KAMT 2:53	97.18 ± 0.76	26.06	0.28	25.78	0.99	5.22	9.15
KAMT 2:55	98.87 ± 0.13	0.80	0.28	0.52	0.65	0.73	1.03
KAMT 2:56	98.51 ± 0.13	0.76	0.28	0.47	0.63	0.70	0.98
KAMT 2:57	99.13 ± 0.13	0.80	0.28	0.52	0.65	0.73	1.03
KAMT 2:58	98.78 ± 0.09	0.40	0.28	0.12	0.30	0.36	0.34
KAMT 2:59	99.27 ± 0.15	1.02	0.28	0.74	0.72	0.86	1.30

Keterangan : σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan

Tabel 11. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter panjang malai pada family dalam populasi M2

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
Blok I							
Kontrol	24.22 ± 0.05	0.94	0.88	0.06	0.06	0.98	0.42
KAMT 2:1	23.72 ± 0.15	1.10	0.17	0.93	0.84	4.07	6.57
KAMT 2:2	23.84 ± 0.17	1.39	0.17	1.22	0.88	4.62	7.62
KAMT 2:3	23.71 ± 0.23	2.54	0.17	2.37	0.93	6.49	11.03
KAMT 2:5	24.41 ± 0.13	0.77	0.17	0.59	0.78	3.16	4.89
KAMT 2:6	24.03 ± 0.20	1.79	0.17	1.62	0.90	5.30	8.87
KAMT 2:7	24.41 ± 0.23	2.45	0.17	2.28	0.93	6.19	10.50
KAMT 2:8	24.56 ± 0.29	3.84	0.17	3.67	0.96	7.80	13.42
KAMT 2:9	24.43 ± 0.23	2.42	0.17	2.25	0.93	6.14	10.41
KAMT 2:10	23.99 ± 0.28	3.63	0.17	3.46	0.95	7.75	13.31
KAMT 2:11	24.67 ± 0.29	4.00	0.17	3.83	0.96	7.93	13.66
Blok II							
Kontrol	24.33 ± 0.05	0.69	0.66	0.03	0.04	0.69	0.25
KAMT 2:13	23.95 ± 0.19	1.60	0.10	1.50	0.94	5.11	8.71
KAMT 2:14	24.08 ± 0.09	0.33	0.10	0.23	0.70	2.00	2.96
KAMT 2:15	24.04 ± 0.15	1.00	0.10	0.90	0.90	3.94	6.59
KAMT 2:17	24.15 ± 0.14	0.86	0.10	0.76	0.89	3.61	5.98
KAMT 2:18	24.18 ± 0.13	0.80	0.10	0.71	0.88	3.47	5.73
KAMT 2:19	24.20 ± 0.11	0.56	0.10	0.47	0.83	2.82	4.52
KAMT 2:20	24.30 ± 0.11	0.49	0.10	0.39	0.80	2.58	4.07
KAMT 2:21	23.82 ± 0.13	0.81	0.10	0.72	0.88	3.55	5.87
KAMT 2:22	23.86 ± 0.16	1.12	0.10	1.03	0.91	4.24	7.14
KAMT 2:23	24.69 ± 0.16	1.15	0.10	1.05	0.91	4.15	6.99
Blok III							
Kontrol	24.41 ± 0.05	0.66	0.65	0.01	0.01	0.32	0.05
KAMT 2:24	24.07 ± 0.14	0.82	0.09	0.73	0.89	3.55	5.90
KAMT 2:25	24.84 ± 0.14	0.87	0.09	0.78	0.90	3.55	5.93
KAMT 2:26	23.95 ± 0.16	1.18	0.09	1.09	0.93	4.37	7.40
KAMT 2:27	23.96 ± 0.31	4.41	0.09	4.32	0.98	8.67	15.11

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
KAMT 2:28	24.06 ± 0.16	1.13	0.09	1.04	0.92	4.25	7.18
KAMT 2:12	23.57 ± 0.14	0.88	0.09	0.80	0.90	3.79	6.33
KAMT 2:30	24.81 ± 0.13	0.76	0.09	0.68	0.89	3.32	5.50
KAMT 2:31	24.73 ± 0.19	1.69	0.09	1.60	0.95	5.12	8.78
KAMT 2:32	24.64 ± 0.15	1.09	0.09	1.00	0.92	4.05	6.84
KAMT 2:33	24.71 ± 0.12	0.61	0.09	0.52	0.86	2.93	4.77

Blok IV							
Kontrol	24.183 ± 0.05	0.78	0.68	0.10	0.13	1.31	0.82
KAMT 2:34	23.94 ± 0.21	1.90	0.12	1.78	0.94	5.57	9.49
KAMT 2:35	24.48 ± 0.20	1.83	0.12	1.71	0.93	5.35	9.10
KAMT 2:37	24.13 ± 0.15	0.98	0.12	0.86	0.88	3.85	6.36
KAMT 2:38	24.39 ± 0.20	1.87	0.12	1.75	0.94	5.42	9.24
KAMT 2:39	23.89 ± 0.22	2.15	0.12	2.04	0.94	5.97	10.21
KAMT 2:40	24.04 ± 0.19	1.73	0.12	1.61	0.93	5.28	8.97
KAMT 2:41	24.34 ± 0.12	0.69	0.12	0.57	0.83	3.10	4.95
KAMT 2:42	24.71 ± 0.19	1.69	0.12	1.57	0.93	5.06	8.59
KAMT 2:43	24.14 ± 0.21	2.07	0.12	1.95	0.94	5.78	9.88
KAMT 2:44	24.43 ± 0.27	3.32	0.12	3.20	0.96	7.33	12.66

Blok V							
Kontrol	24.06 ± 0.07	1.00	0.87	0.13	0.13	1.47	0.92
KAMT 2:45	23.23 ± 0.17	1.26	0.23	1.03	0.82	4.38	6.97
KAMT 2:46	24.04 ± 0.13	0.74	0.23	0.51	0.69	2.96	4.32
KAMT 2:47	24.31 ± 0.15	1.01	0.23	0.78	0.77	3.64	5.63
KAMT 2:50	24.04 ± 0.15	0.95	0.23	0.72	0.76	3.55	5.44
KAMT 2:53	24.45 ± 0.15	1.04	0.23	0.81	0.78	3.67	5.70
KAMT 2:55	23.69 ± 0.17	1.31	0.23	1.08	0.82	4.39	7.01
KAMT 2:56	24.04 ± 0.14	0.82	0.23	0.59	0.72	3.19	4.76
KAMT 2:57	24.02 ± 0.21	1.94	0.23	1.71	0.88	5.45	9.00
KAMT 2:58	23.64 ± 0.19	1.53	0.23	1.31	0.85	4.83	7.84
KAMT 2:59	23.15 ± 0.19	1.75	0.23	1.52	0.87	5.33	8.75

Keterangan : σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan

Pendugaan nilai heritabilitas menunjukkan bahwa sebagian besar famili memiliki nilai heritabilitas yang tinggi, 4 famili memiliki nilai heritabilitas dengan kategori rendah (0.01 – 0.20), 10 famili memiliki nilai heritabilitas sedang (0.21- 0.50).

Koefisien Keragaman Genetik (KKG) yang tercantum pada tabel 10 dapat diketahui bahwa seluruh famili menunjukkan nilai koefisien keragaman genetik rendah. Nilai KKG seluruh famili menunjukkan nilai yang kurang dari 25%. Pendugaan nilai Kemajuan Genetik Harapan (KGH) menunjukkan sebagian besar famili tergolong pada kategori rendah dan agak rendah. Hanya satu famili yang menunjukkan nilai KGH tinggi, yaitu KAMT 2:17, dan dua famili dengan nilai KGH cukup tinggi, yaitu KAMT 2:44 dan KAMT 2:53.

4.1.2.2.6 Panjang Malai

Nilai rata-rata yang ditunjukkan masing-masing famili untuk karakter panjang malai menunjukkan adanya perbedaan. Namun nilai perbedaan tersebut tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan panjang malai kontrol. Namun dalam famili nilai panjang malai menunjukkan nilai yang sangat beragam.

Pendugaan keragaman yang berpengaruh di plot kontrol menunjukkan bahwa ragam genetik yang terdapat dalam plot kontrol cenderung lebih kecil dibandingkan plot mutan, nilai heritabilitas serta koefisien keragaman genetik juga menunjukkan nilai yang sama, yaitu menunjukkan dalam kategori rendah.

Pendugaan pengaruh genetik terhadap keragaman yang terjadi pada populasi M2 ditunjukkan oleh tabel 11. Nilai ragam fenotip dan genotip tertinggi pada karakter panjang malai ditunjukkan pada famili KAMT 2:27. Sedangkan nilai ragam lingkungan tertinggi terdapat pada blok 5. Tabel 11 menunjukkan nilai heritabilitas karakter panjang yang tinggi ($h^2 > 0.5$). Nilai heritabilitas tertinggi pada tabel 11 ditunjukkan pada famili KAMT 2:27, dengan nilai heritabilitas 0.980.

Nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG) tergolong pada keragaman genetik rendah, karena nilainya antara 0-25%. Namun beberapa famili menunjukkan nilai Kemajuan Genetik Harapan (KGH) yang tinggi, yaitu bekisar 10.21%-15.11%. Delapan famili tergolong memiliki nilai KGH tinggi, yaitu

KAMT 2:3, KAMT 2:7, KAMT 2:8, KAMT 2:9, KAMT 2:10, KAMT 2:11, KAMT 2:27, KAMT 2:39 dan KAMT 2:44.

4.1.2.2.7 Total Gabah per malai

Nilai total gabah per malai dihitung dengan cara menjumlah seluruh gabah, baik gabah isi maupun hampa, dalam satu rumpun kemudian membaginya dengan jumlah malai dalam rumpun tersebut. Rata-rata total gabah per malai dari masing-masing famili M2 Pandanwangi menunjukkan perubahan jika dibandingkan dengan nilai rata-rata kontrol. Sebagian besar nilai rata-rata yang ditunjukkan pada tabel 12 menunjukkan rata-rata yang lebih tinggi dibanding kontrol.

Pendugaan nilai keragaman pada plot kontrol menunjukkan nilai ragam genetik, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik yang rendah pada semua plot kontrol. Ragam fenotip yang tinggi lebih disebabkan karena pengaruh lingkungan, yang ditunjukkan dengan ragam lingkungan yang tinggi.

Dari hasil pengamatan dan analisa statistik, diketahui terdapat keragaman pada tiap-tiap famili dalam populasi M2. Hasil pengamatan jumlah gabah total pada KAMT 2:56 menunjukkan nilai yang sangat beragam, sehingga ragam fenotipnya menjadi tinggi yaitu 3145.25. Nilai ragam lingkungan tertinggi terdapat pada blok 5.

Nilai heritabilitas yang ditunjukkan seluruhnya termasuk dalam kategori tinggi, karena nilai heritabilitas yang ditunjukkan lebih dari 0.5. Nilai heritabilitas tertinggi ditunjukkan pada famili KAMT 2:24, KAMT 2:26 dan KAMT 2:27 yaitu 0.98. Koefisien keragaman genetik famili yang diamati menunjukkan kriteria rendah sampai sedang. Nilai koefisien keragaman genetik yang agak rendah pada famili dalam populasi M2 tersebut ditunjukkan pada famili KAMT 2:7 dan KAMT 2:56. Nilai Kemajuan Genetik Harapan (KGH) menunjukkan nilai dengan kategori tinggi pada seluruh family dalam populasi M2 Pandanwangi.

4.1.2.2.8 Gabah isi per malai

Jumlah gabah total per malai dihitung dengan cara menjumlah seluruh gabah isi dalam satu rumpun kemudian membaginya dengan jumlah malai dalam rumpun tersebut. Nilai rata-rata gabah isi per malai pada masing family M2 pandanwangi penunjukan nilai rata-rata yang berbeda jika dibandingkan dengan

Tabel 12. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter total gabah per malai pada family dalam populasi M2

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
Blok I							
Kontrol	153.61 ± 1.27	564.09	546.45	17.65	0.03	2.73	0.85
KAMT 2:1	133.91 ± 3.05	418.09	89.14	328.95	0.79	13.54	21.14
KAMT 2:2	137.29 ± 3.65	600.03	89.14	510.89	0.85	16.46	26.74
KAMT 2:3	139.85 ± 3.19	458.70	89.14	369.56	0.81	13.75	21.72
KAMT 2:5	154.74 ± 2.62	308.64	89.14	219.50	0.71	9.57	14.21
KAMT 2:6	150.97 ± 5.01	1130.01	89.14	1040.87	0.92	21.37	36.10
KAMT 2:7	163.09 ± 6.92	2154.00	89.14	2064.86	0.96	27.86	48.01
KAMT 2:8	151.65 ± 5.76	1494.73	89.14	1405.59	0.94	24.72	42.19
KAMT 2:9	155.39 ± 3.88	677.79	89.14	588.65	0.87	15.61	25.61
KAMT 2:10	151.49 ± 2.61	306.49	89.14	217.35	0.71	9.73	14.42
KAMT 2:11	154.66 ± 3.55	565.51	89.14	476.37	0.84	14.11	22.80
Blok II							
Kontrol	159.88 ± 0.58	472.51	469.57	2.94	0.01	1.07	0.15
KAMT 2:13	156.49 ± 4.36	857.17	22.57	834.60	0.97	18.46	32.06
KAMT 2:14	162.16 ± 3.15	445.09	22.57	422.52	0.95	12.68	21.74
KAMT 2:15	155.51 ± 2.76	342.71	22.57	320.14	0.93	11.51	19.57
KAMT 2:17	143.81 ± 3.93	693.33	22.57	670.77	0.97	18.01	31.18
KAMT 2:18	160.62 ± 4.29	829.75	22.57	807.18	0.97	17.69	30.71
KAMT 2:19	164.54 ± 3.47	541.85	22.57	519.28	0.96	13.85	23.86
KAMT 2:20	163.76 ± 3.87	675.95	22.57	653.38	0.97	15.61	27.01
KAMT 2:21	159.55 ± 3.57	571.97	22.57	549.40	0.96	14.69	25.34
KAMT 2:22	150.97 ± 3.10	433.21	22.57	410.64	0.95	13.42	23.00
KAMT 2:23	160.41 ± 3.50	551.29	22.57	528.72	0.96	14.33	24.71
Blok III							
Kontrol	162.83 ± 0.77	308.65	294.93	13.72	0.04	2.27	0.84
KAMT 2:24	170.06 ± 4.32	843.03	19.15	823.87	0.98	16.88	29.37
KAMT 2:25	160.37 ± 2.63	311.68	19.15	292.53	0.94	10.66	18.18
KAMT 2:26	159.13 ± 4.47	902.67	19.15	883.51	0.98	18.68	32.52
KAMT 2:27	143.87 ± 4.74	1014.83	19.15	995.67	0.98	21.93	38.23

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
KAMT 2:28	150.66 ± 3.31	494.11	19.15	474.95	0.96	14.46	24.96
KAMT 2:12	157.90 ± 3.87	676.17	19.15	657.02	0.97	16.23	28.16
KAMT 2:30	163.09 ± 2.66	319.68	19.15	300.53	0.94	10.63	18.14
KAMT 2:31	167.46 ± 3.88	677.82	19.15	658.66	0.97	15.32	26.59
KAMT 2:32	168.05 ± 4.74	1012.26	19.15	993.11	0.98	18.75	32.69
KAMT 2:33	166.28 ± 3.08	429.15	19.15	410.00	0.96	12.18	20.95

Blok IV							
Kontrol	156.48 ± 1.29	329.12	310.03	19.09	0.06	2.79	1.18
KAMT 2:34	166.02 ± 4.41	873.93	59.70	814.22	0.93	17.19	29.20
KAMT 2:35	159.01 ± 4.26	817.09	59.70	757.38	0.93	17.31	29.33
KAMT 2:37	161.03 ± 2.79	350.64	59.70	290.94	0.83	10.59	16.98
KAMT 2:38	160.04 ± 4.34	848.27	59.70	788.57	0.93	17.55	29.77
KAMT 2:39	165.74 ± 4.55	931.11	59.70	871.41	0.94	17.81	30.33
KAMT 2:40	151.55 ± 3.42	527.20	59.70	467.50	0.89	14.27	23.65
KAMT 2:41	156.09 ± 3.54	563.19	59.70	503.49	0.89	14.38	23.92
KAMT 2:42	157.45 ± 3.60	583.94	59.70	524.24	0.90	14.54	24.25
KAMT 2:43	160.47 ± 3.61	585.63	59.70	525.92	0.90	14.29	23.84
KAMT 2:44	147.92 ± 4.10	758.00	59.70	698.30	0.92	17.87	30.18

Blok V							
Kontrol	153.38 ± 1.71	438.95	400.79	38.16	0.09	4.03	2.09
KAMT 2:45	158.76 ± 5.52	1369.80	132.70	1237.10	0.90	22.16	37.06
KAMT 2:46	157.21 ± 2.71	330.61	132.70	197.91	0.60	8.95	12.19
KAMT 2:47	168.96 ± 3.82	657.51	132.70	524.80	0.80	13.56	21.32
KAMT 2:50	156.15 ± 4.29	901.80	132.70	769.09	0.85	17.42	28.31
KAMT 2:53	160.11 ± 2.79	350.44	132.70	217.73	0.62	9.22	12.79
KAMT 2:55	157.55 ± 3.11	433.79	132.70	301.08	0.69	11.01	16.15
KAMT 2:56	167.80 ± 8.36	3145.25	132.70	3012.55	0.96	32.71	56.34
KAMT 2:57	163.23 ± 4.05	737.03	132.70	604.33	0.82	15.06	24.00
KAMT 2:58	144.71 ± 3.73	624.26	132.70	491.56	0.79	15.32	23.93
KAMT 2:59	149.42 ± 3.30	490.77	132.70	358.07	0.73	12.66	19.04

Keterangan : σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan

Tabel 13. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter gabah isi per malai pada family dalam populasi M2

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
Blok I							
Kontrol	114.82 ± 1.26	559.63	536.12	23.52	0.04	4.22	1.52
KAMT 2:1	98.61 ± 2.59	303.14	90.16	212.98	0.70	14.80	21.83
KAMT 2:2	100.90 ± 2.78	347.50	90.16	257.35	0.74	15.90	24.08
KAMT 2:3	104.33 ± 2.50	281.49	90.16	191.33	0.68	13.26	19.24
KAMT 2:5	116.66 ± 2.32	241.32	90.16	151.17	0.63	10.54	14.68
KAMT 2:6	113.26 ± 2.70	328.34	90.16	238.18	0.73	13.63	20.43
KAMT 2:7	92.39 ± 9.38	1957.06	90.16	1866.90	0.95	46.76	80.38
KAMT 2:8	96.65 ± 6.48	1891.94	90.16	1801.78	0.95	43.92	75.44
KAMT 2:9	98.16 ± 5.24	1235.30	90.16	1145.14	0.93	34.47	58.42
KAMT 2:10	108.51 ± 2.42	263.04	90.16	172.89	0.66	12.12	17.29
KAMT 2:11	104.11 ± 3.31	491.72	90.16	401.56	0.82	19.25	30.61
Blok II							
Kontrol	120.13 ± 0.58	468.20	456.48	11.72	0.03	2.85	0.79
KAMT 2:13	115.62 ± 3.80	650.01	15.68	634.32	0.98	21.78	37.87
KAMT 2:14	116.60 ± 3.62	590.33	15.68	574.64	0.97	20.56	35.70
KAMT 2:15	124.32 ± 2.59	301.07	15.68	285.39	0.95	13.59	23.28
KAMT 2:17	104.24 ± 3.36	509.08	15.68	493.40	0.97	21.31	36.92
KAMT 2:18	120.49 ± 3.93	693.40	15.68	677.72	0.98	21.60	37.59
KAMT 2:19	124.47 ± 3.06	421.78	15.68	406.09	0.96	16.19	27.96
KAMT 2:20	132.52 ± 3.03	413.88	15.68	398.19	0.96	15.06	26.00
KAMT 2:21	121.16 ± 4.45	892.72	15.68	877.04	0.98	24.44	42.64
KAMT 2:22	110.85 ± 5.19	339.94	15.68	324.26	0.95	16.24	27.92
KAMT 2:23	121.68 ± 3.30	489.90	15.68	474.22	0.97	17.90	30.99
Blok III							
Kontrol	124.42 ± 0.58	200.32	200.17	0.15	0.001	0.31	0.01
KAMT 2:24	128.06 ± 3.22	468.73	20.66	448.07	0.96	16.53	28.44
KAMT 2:25	108.63 ± 4.58	946.74	20.66	926.09	0.98	28.01	48.76
KAMT 2:26	115.68 ± 3.50	554.22	20.66	533.56	0.96	19.97	34.48
KAMT 2:27	95.00 ± 5.37	913.89	20.66	893.24	0.98	31.46	54.74
Blok IV							
Kontrol	118.75 ± 1.02	277.22	238.24	38.98	0.14	5.26	3.47
KAMT 2:34	107.29 ± 3.92	692.79	58.87	633.92	0.92	23.47	39.51
KAMT 2:35	99.64 ± 5.46	1341.84	58.87	1282.97	0.96	35.95	61.86
KAMT 2:37	120.19 ± 2.97	396.61	58.87	337.74	0.85	15.29	24.83
KAMT 2:38	113.12 ± 4.28	825.65	58.87	766.78	0.93	24.48	41.52
KAMT 2:39	103.50 ± 6.29	1785.12	58.87	1726.25	0.97	40.14	69.48
KAMT 2:40	99.69 ± 4.22	800.75	58.87	741.88	0.93	27.32	46.29
KAMT 2:41	113.17 ± 3.51	553.07	58.87	494.20	0.89	19.64	32.68
KAMT 2:42	126.01 ± 4.23	806.80	58.87	747.93	0.93	21.70	36.78
KAMT 2:43	109.65 ± 4.91	1083.76	58.87	1024.89	0.95	29.20	49.97
KAMT 2:44	105.08 ± 3.65	598.53	58.87	539.66	0.90	22.11	36.95
Blok V							
Kontrol	116.08 ± 1.67	445.60	373.52	72.07	0.16	7.31	5.18
KAMT 2:45	118.24 ± 5.02	1131.84	127.61	1004.24	0.89	26.80	44.43
KAMT 2:46	109.20 ± 4.81	1040.06	127.61	912.45	0.88	27.66	45.60
KAMT 2:47	121.39 ± 4.94	1095.85	127.61	968.24	0.88	25.63	42.40
KAMT 2:50	108.84 ± 3.47	864.21	127.61	736.60	0.85	26.23	42.62
KAMT 2:53	115.03 ± 2.25	228.13	127.61	100.52	0.44	8.72	10.18
KAMT 2:55	108.55 ± 3.34	500.66	127.61	373.05	0.75	17.79	27.03
KAMT 2:56	117.52 ± 2.36	250.37	127.61	122.76	0.49	9.43	11.62
KAMT 2:57	112.66 ± 3.46	538.73	127.61	411.12	0.76	18.00	27.67
KAMT 2:58	111.08 ± 3.02	410.12	127.61	282.51	0.69	15.13	22.10
KAMT 2:59	101.73 ± 2.67	321.12	127.61	193.51	0.60	13.67	18.68

Keterangan : σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan

nilai rata-rata kontrol. Tabel 13 menunjukkan bahwa terdapat 11 family yang memiliki nilai rata-rata lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata kontrol.

Pendugaan nilai keragaman pada plot kontrol menunjukkan bahwa keragaman yang terdapat pada populasi kontrol, lebih dikarenakan ragam lingkungan dibandingkan ragam genetik. Hal tersebut juga ditunjukkan dengan nilai heritabilitas dan koefisien keragaman genetik yang termasuk pada kategori rendah.

Nilai heritabilitas yang ditunjukkan oleh tabel 13 termasuk dalam kategori tinggi. Nilai heritabilitas tertinggi yaitu 0.98. Nilai ragam fenotip dan genotip tertinggi ditunjukkan oleh KAMT 2:7. Nilai ragam lingkungan tertinggi terdapat pada blok 5.

Nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG) rendah sampai agak rendah. Seluruh family menunjukkan nilai Kemajuan Genetik Harapan (KGH) tinggi. Nilai KKG agak rendah dengan nilai heritabilitas dan KGH tinggi ditunjukkan oleh KAMT 2:7, KAMT 2:8, KAMT 2:9, KAMT 2:27, KAMT 2:30, KAMT 2:31, KAMT 2:35, KAMT 2:3, KAMT 2:43 dan KAMT 2:50.

4.1.2.2.9 Bobot 100 biji

Pengamatan karakter bobot 100 biji menunjukkan bahwa terdapat keragaman dari famili-famili dalam populasi M2. Nilai rata-rata karakter bobot 100 biji menunjukkan adanya perbedaan jika dibandingkan dengan kontrol. Bentuk gabah isi yang beragam mengakibatkan bobot dari gabah tersebut beragam juga. Nilai rata-rata bobot 100 biji yang tinggi ditunjukkan oleh KAMT 2:18, yaitu 3.38 gr.

Pendugaan keragaman yang terjadi pada plot kontrol menunjukkan nilai ragam genetik yang lebih rendah dibandingkan dengan mutan. Pendugaan heritabilitas dan koefisien keragaman genetik juga menunjukkan nilai kategori rendah pada semua plot kontrol.

Tabel 14 menunjukkan bahwa pada karakter bobot 100 biji memiliki nilai ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik yang beragam. Keragaman fenotip paling tinggi dapat dilihat dari nilai ragam fenotip (σ^2_p) dan ragam genetik yang tinggi, yaitu pada famili KAMT 2:38. Nilai

Tabel 14. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter bobot 100 biji pada family dalam populasi M2

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
Blok I							
Kontrol	3.12 ± 0.008	0.02	0.014	0.002	0.11	1.28	0.73
KAMT 2:1	2.95 ± 0.02	0.01	0.003	0.01	0.70	2.96	4.34
KAMT 2:2	3.31 ± 0.02	0.02	0.003	0.01	0.79	3.41	5.34
KAMT 2:3	3.09 ± 0.02	0.02	0.003	0.02	0.86	4.62	7.53
KAMT 2:5	3.19 ± 0.02	0.02	0.003	0.01	0.78	3.39	5.27
KAMT 2:6	2.99 ± 0.02	0.01	0.003	0.01	0.69	2.84	4.15
KAMT 2:7	3.09 ± 0.03	0.05	0.003	0.04	0.93	6.82	11.58
KAMT 2:8	2.95 ± 0.07	0.02	0.003	0.02	0.86	4.92	8.04
KAMT 2:9	3.13 ± 0.03	0.03	0.003	0.02	0.88	5.04	8.33
KAMT 2:10	3.33 ± 0.03	0.04	0.003	0.03	0.91	5.51	9.26
KAMT 2:11	3.12 ± 0.04	0.07	0.003	0.07	0.96	8.62	14.82
Blok II							
Kontrol	3.17 ± 0.007	0.02	0.014	0.002	0.11	1.30	0.74
KAMT 2:13	3.31 ± 0.02	0.02	0.002	0.02	0.88	4.11	6.79
KAMT 2:14	3.09 ± 0.02	0.01	0.002	0.01	0.76	2.88	4.43
KAMT 2:15	3.09 ± 0.02	0.01	0.002	0.01	0.77	2.94	4.54
KAMT 2:17	3.20 ± 0.04	0.08	0.002	0.08	0.97	8.57	14.84
KAMT 2:18	3.38 ± 0.02	0.02	0.002	0.02	0.86	3.63	5.93
KAMT 2:19	3.34 ± 0.02	0.01	0.002	0.01	0.80	2.98	4.70
KAMT 2:20	3.16 ± 0.02	0.02	0.002	0.02	0.90	4.62	7.69
KAMT 2:21	2.97 ± 0.01	0.01	0.002	0.01	0.68	2.41	3.48
KAMT 2:22	2.78 ± 0.11	0.01	0.002	0.01	0.83	3.88	6.21
KAMT 2:23	3.23 ± 0.03	0.03	0.002	0.02	0.91	4.89	8.22
Blok III							
Kontrol	3.14 ± 0.008	0.02	0.013	0.004	0.26	2.09	1.86
KAMT 2:24	3.20 ± 0.02	0.02	0.003	0.02	0.86	3.93	6.40
KAMT 2:25	3.04 ± 0.02	0.01	0.003	0.01	0.75	2.96	4.52
KAMT 2:26	3.05 ± 0.02	0.02	0.003	0.02	0.89	4.73	7.84
KAMT 2:27	2.97 ± 0.10	0.07	0.003	0.06	0.96	8.54	14.72

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
KAMT 2:28	3.11 ± 0.03	0.03	0.003	0.03	0.90	5.11	8.56
KAMT 2:12	2.95 ± 0.02	0.01	0.003	0.007	0.71	2.92	4.33
KAMT 2:30	2.97 ± 0.02	0.02	0.003	0.01	0.83	3.79	6.06
KAMT 2:31	2.97 ± 0.08	0.05	0.003	0.05	0.95	7.32	12.54
KAMT 2:32	3.06 ± 0.03	0.03	0.003	0.03	0.91	5.35	8.97
KAMT 2:33	3.09 ± 0.03	0.03	0.003	0.03	0.92	5.50	9.27
Blok IV							
Kontrol	3.123 ± 0.006	0.01	0.013	0.001	0.09	1.19	0.64
KAMT 2:34	3.03 ± 0.03	0.05	0.002	0.05	0.96	7.16	12.36
KAMT 2:35	3.22 ± 0.02	0.02	0.002	0.02	0.92	4.54	7.66
KAMT 2:37	2.96 ± 0.03	0.04	0.002	0.03	0.95	6.26	10.72
KAMT 2:38	2.94 ± 0.07	0.25	0.002	0.24	0.99	16.81	29.47
KAMT 2:39	3.18 ± 0.04	0.07	0.002	0.07	0.97	8.38	14.56
KAMT 2:40	3.11 ± 0.03	0.03	0.002	0.03	0.93	5.19	8.83
KAMT 2:41	3.11 ± 0.03	0.03	0.002	0.03	0.94	5.54	9.46
KAMT 2:42	2.99 ± 0.07	0.22	0.002	0.22	0.99	15.62	27.37
KAMT 2:43	3.02 ± 0.04	0.08	0.002	0.08	0.98	9.28	16.15
KAMT 2:44	2.94 ± 0.02	0.02	0.002	0.02	0.90	4.34	7.23
Blok V							
Kontrol	3.13 ± 0.007	0.02	0.016	0.001	0.06	1.07	0.48
KAMT 2:45	3.25 ± 0.03	0.03	0.003	0.02	0.90	4.81	8.03
KAMT 2:46	3.11 ± 0.02	0.01	0.003	0.01	0.80	3.38	5.34
KAMT 2:47	2.96 ± 0.01	0.01	0.003	0.01	0.67	2.51	3.61
KAMT 2:50	2.96 ± 0.02	0.01	0.003	0.01	0.78	3.21	4.99
KAMT 2:53	3.15 ± 0.02	0.02	0.003	0.02	0.88	4.40	7.25
KAMT 2:55	3.08 ± 0.02	0.02	0.003	0.02	0.88	4.67	7.72
KAMT 2:56	3.07 ± 0.03	0.03	0.003	0.03	0.91	5.29	8.86
KAMT 2:57	2.89 ± 0.07	0.21	0.003	0.20	0.99	15.54	27.16
KAMT 2:58	3.19 ± 0.02	0.02	0.003	0.01	0.84	3.73	6.02
KAMT 2:59	3.07 ± 0.02	0.02	0.003	0.02	0.85	4.02	6.53

Keterangan : σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan

ragam lingkungan pada blok 1 dan blok 3 lebih tinggi dibanding ragam lingkungan blok lainnya.

Tabel 14 menunjukkan hampir seluruh famili memiliki nilai heritabilitas tinggi ($h^2 > 0.5$). Nilai heritabilitas KAMT 2:38 paling tinggi dibandingkan famili lain dalam populasi M2. Koefisien Keragaman Genetik (KKG) untuk seluruh famili yang diamati menunjukkan kriteria rendah, nilai kurang dari 25 %. Nilai Kemajuan Genetik Harapan (KGH) beberapa famili tergolong dalam kategori tinggi. Dua belas famili menunjukkan nilai KGH tinggi (11.58% - 29.47%).

4.1.2.2.10 Bobot gabah total

Pada pengamatan bobot gabah total diketahui bahwa nilai rata-rata yang ditunjukkan tiap famili berbeda jika dibandingkan dengan nilai rata-rata. Nilai rata-rata tertinggi ditunjukkan oleh famili KAMT 2:24, yaitu 46.03 gr. Nilai gabah total perindividu dalam famili menunjukkan adanya keragaman.

Pendugaan keragaman yang terdapat pada plot kontrol menunjukkan bahwa keragaman lebih disebabkan oleh ragam lingkungan dibandingkan ragam genetik. Selain itu nilai heritabilitas serta koefisien keragaman genetik menunjukkan nilai yang rendah, sehingga faktor genetik tidak terlalu banyak berpengaruh pada penampilan keragaman pada plot kontrol.

Analisa statistik bobot gabah total menunjukkan bahwa terdapat keragaman pada karakter bobot gabah total. Nilai ragam fenotip karakter bobot gabah total famili dalam populasi M2 berkisar 71.89-365.75. Nilai heritabilitas yang ditunjukkan pada tabel 15 menunjukkan nilai heritabilitas yang tinggi. Nilai heritabilitas tertinggi ditunjukkan oleh KAMT 2:13.

Kemajuan Genetik Harapan (KGH) yang ditunjukkan oleh famili-famili dalam populasi M2 tergolong pada nilai KGH tinggi. Sedangkan Koefisien Keragaman Genetik (KKG) dari karakter bobot gabah total menunjukkan nilai KKG dengan kategori rendah sampai dengan cukup tinggi. Nilai KKG tertinggi ialah 55.40% ditunjukkan pada KAMT 2:7. Dari tabel 15 diketahui bahwa terdapat lebih dari 50%, yaitu 30 nomor dengan nilai KKG agak rendah, 2 nomor famili dengan kategori cukup tinggi dan 18 nomor famili dengan kategori KKG rendah.

Tabel 15. Hasil Pendugaan ragam genotip, fenotip, lingkungan, heritabilitas dan koefisien keragaman genetik karakter bobot gabah total pada family dalam populasi M2

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
Blok I							
Kontrol	40.91 ± 0.82	141.64	128.65	12.99	0.09	8.81	4.70
KAMT 2:1	34.58 ± 1.36	83.30	30.49	52.82	0.63	21.02	29.45
KAMT 2:2	36.29 ± 1.43	91.69	30.49	61.20	0.67	21.56	31.00
KAMT 2:3	35.99 ± 1.38	85.18	30.49	54.69	0.64	20.54	28.97
KAMT 2:5	40.19 ± 1.43	91.83	30.49	61.35	0.67	19.49	28.04
KAMT 2:6	39.96 ± 1.84	151.80	30.49	121.32	0.80	27.56	43.37
KAMT 2:7	30.66 ± 2.66	318.97	30.49	288.48	0.90	55.40	92.72
KAMT 2:8	36.21 ± 2.20	218.42	30.49	187.94	0.86	37.86	61.80
KAMT 2:9	33.94 ± 1.86	155.56	30.49	125.07	0.80	32.95	52.01
KAMT 2:10	41.86 ± 1.69	128.20	30.49	97.72	0.76	23.61	36.29
KAMT 2:11	37.08 ± 1.78	141.90	30.49	111.41	0.79	28.46	44.39
Blok II							
Kontrol	42.76 ± 0.51	135.38	135.26	0.12	0.001	0.81	0.04
KAMT 2:13	39.89 ± 2.85	365.75	14.44	351.31	0.96	46.98	81.04
KAMT 2:14	38.36 ± 1.62	118.60	14.44	104.16	0.88	26.61	43.89
KAMT 2:15	40.78 ± 1.48	98.57	14.44	84.13	0.85	22.49	36.57
KAMT 2:17	37.57 ± 1.65	122.95	14.44	108.52	0.88	27.73	45.84
KAMT 2:18	42.06 ± 1.53	105.02	14.44	90.58	0.86	22.63	36.99
KAMT 2:19	45.76 ± 1.32	77.87	14.44	63.44	0.81	17.41	27.65
KAMT 2:20	43.58 ± 1.85	154.69	14.44	140.25	0.91	27.17	45.54
KAMT 2:21	37.58 ± 2.06	191.56	14.44	177.12	0.92	35.41	59.93
KAMT 2:22	41.07 ± 2.32	242.65	14.44	228.21	0.94	36.78	62.78
KAMT 2:23	43.89 ± 2.03	185.95	14.44	171.52	0.92	29.83	50.43
Blok III							
Kontrol	42.67 ± 0.60	118.46	108.72	9.74	0.08	7.31	3.69
KAMT 2:24	46.03 ± 1.44	93.43	21.59	71.83	0.77	18.41	28.41
KAMT 2:25	38.04 ± 1.76	139.33	21.59	117.73	0.85	28.53	46.15
KAMT 2:26	36.36 ± 1.82	149.07	21.59	127.47	0.86	31.06	50.56
KAMT 2:27	31.02 ± 2.57	296.32	21.59	274.73	0.93	53.43	90.54

No. Famili	$\bar{x} \pm S.E$	σ^2_p	σ^2_e	σ^2_g	h^2	KKG	KGH
KAMT 2:28	39.35 ± 1.53	104.87	21.59	83.28	0.79	23.19	36.37
KAMT 2:12	35.23 ± 1.33	79.89	21.59	58.30	0.73	21.67	32.58
KAMT 2:30	34.52 ± 2.18	214.23	21.59	192.64	0.90	40.21	67.10
KAMT 2:31	33.11 ± 2.38	255.21	21.59	233.62	0.92	46.16	77.73
KAMT 2:32	36.31 ± 1.88	159.50	21.59	137.91	0.86	32.34	52.93
KAMT 2:33	37.81 ± 1.61	116.97	21.59	95.38	0.82	25.83	41.05

Blok IV							
Kontrol	41.21 ± 0.80	140.40	128.13	12.27	0.09	8.50	4.42
KAMT 2:34	34.14 ± 2.01	182.38	29.82	152.56	0.84	36.17	58.23
KAMT 2:35	33.73 ± 2.10	198.99	29.82	169.17	0.85	38.56	62.58
KAMT 2:37	37.39 ± 1.26	71.89	29.82	42.07	0.59	17.35	23.35
KAMT 2:38	35.34 ± 2.10	199.16	29.82	169.34	0.85	36.82	59.76
KAMT 2:39	34.91 ± 2.64	313.65	29.82	283.84	0.90	48.26	80.80
KAMT 2:40	32.06 ± 1.68	127.18	29.82	97.36	0.77	30.77	47.39
KAMT 2:41	40.76 ± 1.73	133.86	29.82	104.04	0.78	25.02	38.83
KAMT 2:42	42.16 ± 1.87	156.93	29.82	127.12	0.81	26.75	42.36
KAMT 2:43	38.53 ± 2.22	221.18	29.82	191.36	0.87	35.90	58.78
KAMT 2:44	34.59 ± 1.91	163.65	29.82	133.83	0.82	33.44	53.23

Blok V							
Kontrol	40.89 ± 0.77	118.14	105.52	12.62	0.11	8.69	5.00
KAMT 2:45	37.08 ± 1.42	90.33	24.34	65.99	0.73	21.90	32.95
KAMT 2:46	34.89 ± 1.75	138.48	24.34	114.14	0.82	30.62	48.92
KAMT 2:47	36.85 ± 1.66	124.07	24.34	99.73	0.80	27.10	42.76
KAMT 2:50	36.29 ± 1.51	151.12	24.34	126.78	0.84	33.51	54.01
KAMT 2:53	37.75 ± 1.61	116.39	24.34	92.05	0.79	25.42	39.78
KAMT 2:55	37.31 ± 1.62	117.99	24.34	93.64	0.79	25.94	40.67
KAMT 2:56	41.53 ± 1.31	79.41	24.34	55.07	0.69	17.87	26.19
KAMT 2:57	36.81 ± 1.91	163.23	24.34	138.89	0.85	32.02	51.98
KAMT 2:58	39.87 ± 1.72	133.14	24.34	108.79	0.82	26.16	41.62
KAMT 2:59	36.07 ± 1.76	139.62	24.34	115.28	0.83	29.77	47.61

Keterangan : σ^2_p : ragam fenotip; σ^2_e : ragam lingkungan; σ^2_g : ragam genotip; h^2 : heritabilitas; KKG : Koefisien Keragaman Genetik; KGH : Kemajuan Genetik Harapan

4.2 Pembahasan

4.2.1 Keragaman karakter kualitatif

Pada penelitian ini, dapat diketahui bahwa pemberian sinar gamma pada padi Pandanwangi menimbulkan perubahan penampilan pada karakter kualitatif, yang nampak pada populasi M2 Pandanwangi. Perlakuan mutasi menggunakan mutagen sinar gamma, dengan dosis 300 gray, mengakibatkan adanya variasi karakter kualitatif pada generasi M2. Dari lima karakter kualitatif yang diamati, yaitu warna pelepah daun, warna helaian daun, tipe eksersi malai, bulu pada ujung gabah dan bentuk gabah, hampir seluruh karakter memberikan variasi dalam populasi M2. Namun hanya karakter warna pelepah batang saja yang tidak terdapat keragaman.

Pemberian sinar gamma dengan dosis 300 gray tidak mengakibatkan perubahan warna helaian daun yang mencolok pada generasi M2 Pandanwangi. Warna helaian daun M2 menunjukkan warna hijau seperti pada tanaman kontrol. Namun beberapa mutan menunjukkan warna helaian daun yang lebih muda (hijau muda) dibandingkan dengan kontrol. Chang and Badernas (1995) menyatakan bahwa mutasi dapat menimbulkan variasi pada pigmentasi anthocyanin. Helaian daun ialah satu dari beberapa organ vegetative tanaman yang warna organnya dipengaruhi oleh pigmen anthocyanin. Sehingga pada dasarnya warna helaian daun dikendalikan oleh gen pengendali pigmen anthocyanin. Tiga gen pengendali anthocyanin yaitu *C-A-P*. Chromagene dikendalikan oleh alel *C*, alel *A* sebagai activator, alel *P* mengendalikan lokasi atau organ (pada helaian daun ditunjukkan dengan gen *Pl*), pada sedangkan alel *I* sebagai Inhibitor. Variasi warna yang mungkin muncul ialah tidak berwarna (putih), hijau, merah muda, merah dan ungu.

Mutan generasi kedua Pandanwangi juga menunjukkan keragaman pada tipe eksersi malai. Pandanwangi kontrol memiliki tipe eksersi yang malai muncul sebatas leher malai, pada generasi mutan ditemukan variasi berupa mutan yang memiliki eksersi malai dan leher penuh serta eksersi malai penuh dengan leher malai sedang. Dua tipe eksersi malai pada mutan tersebut menguntungkan, karena

dengan kedua tipe eksersi malai tersebut seluruh malai padi dapat keluar dari daun bendera sehingga produktivitasnya pun bisa lebih optimal. Meski demikian terdapat beberapa mutan yang menunjukkan tipe eksersi malai kurang menguntungkan, sebagian malai keluar, sehingga produksi tiap malainya tidak optimal.

Keberadaan bulu pada ujung gabah ialah salah satu penciri tipe padi. Pandanwangi kontrol memiliki bulu pada ujung gabahnya, namun pada M2 ditemukan mutan dengan karakteristik tanpa bulu pada ujung gabah. Bulu pada ujung gabah penting perannya untuk menjaga gabah tidak mudah luruh. Padi tanpa bulu (cere) lebih mudah luruh dibandingkan padi bulu (Soemartono *et al.*, 1983). Sehingga adanya perubahan karakter M2 pandanwangi, menjadi padi cere, cenderung merugikan karena gabah menjadi mudah rontok, akibatnya kehilangan hasil menjadi lebih besar kemungkinannya dibanding pandanwangi padi bulu.

Pandanwangi memiliki bentuk gabah yang sedang. Setelah diirradiasi menggunakan sinar gamma perubahan terjadi pada bentuk gabah. Sehingga pada populasi M2 terdapat mutan dengan bentuk gabah berbeda dengan kontrol. Mutan-mutan tersebut menunjukkan bentuk gabah yang ramping dan bulat. Keragaman juga ditemukan dalam mutan Pandanwangi dengan bentuk gabah bulat, yaitu bulat kecil dan besar. Bentuk gabah ialah salah satu karakter kualitatif yang menunjang kualitas dari padi. Umumnya padi aromatic yang digemari konsumen ialah padi aromatic dengan bentuk gabah ramping (Singh *et al.*, 2000).

Perubahan karakter kualitatif yang ditemukan pada rumpun mutan sebagian besar hanya perubahan pada satu karakter kualitatif saja. Namun beberapa rumpun mutan mengalami perubahan pada dua karakter kualitatif, tiga karakter kualitatif dan sebagian kecil empat karakter kualitatif yang diamati mengalami perubahan. Secara lengkap kombinasi perubahan pada mutan ditunjukkan pada matriks perubahan karakter kualitatif (lampiran 9). Perubahan yang terjadi pada dua kombinasi karakter kualitatif ditemukan sebanyak 421 rumpun M2. Perubahan tiga kombinasi karakter ditemukan pada 63 rumpun M2, dan hanya ditemukan 2 rumpun yang empat karakter kualitatifnya mengalami perubahan dari karakter awal (kontrol). Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan mutasi terjadi secara

acak, sehingga masing-masing gen berpeluang untuk mengalami mutasi dan memunculkan fenotip yang beragam, meski diberikan perlakuan mutasi yang sama.

Karakter kualitatif ialah karakter yang mudah digolongkan ke dalam kategori fenotipe yang jelas. Pembatas masing-masing kelas fenotip jelas sehingga ketika digambarkan akan membentuk sebaran yang diskrit. Menurut Welsh (1991), pewarisan karakter kualitatif dapat dipisahkan dalam beberapa kategori atau kelas yang masing-masing kelas mempunyai fenotip yang tidak bertumpang tindih. Fenotipe-fenotipe tersebut berada dibawah kendali gen sederhana, hanya gen tunggal atau beberapa gen saja. Pengaruhnya secara individu mudah dikenali, cara pewarisannya sederhana, tidak dipengaruhi oleh lingkungan dan penyelidikan pengaruh gen dapat dilakukan dengan cara pengamatan (observasi).

Pada karakter kualitatif yang dikendalikan oleh gen sederhana, mutasi dapat memberikan pengaruh yang besar. Mutasi dapat menonaktifkan sejumlah gen yang mengendalikan karakter kualitatif maupun kuantitatif di dalam genom sel tanaman (Ahloowalia, 1986). Sehingga terjadi perubahan pada materi genetik dari tanaman tersebut. Suryo (1995) menegaskan bahwa kromosom dapat mengalami perubahan susunan atau jumlah bahan genetiknya, yang mengakibatkan adanya perubahan fenotip, perubahan gen berangkai dan perubahan nisbah yang diharapkan dalam keturunan. Sedangkan telah diketahui bahwa karakter kualitatif sangat dipengaruhi oleh faktor genetik, karena dikendalikan oleh gen tunggal, pengaruh lingkungan sangat kecil pada penampilan fenotip tanaman. Stanfield (1983) menyebutkan bahwa variabilitas fenotip yang diekspresikan dalam kebanyakan sifat kualitatif mempunyai suatu komponen genetik yang besar tanpa modifikasi-modifikasi lingkungan yang mengaburkan pengaruh gennya. Sehingga perubahan-perubahan yang ditemukan pada populasi M2 ialah hasil dari perubahan pada materi genetik individu akibat dari irradiasi sinar gamma yang kemudian mengalami segregasi dan diturunkan pada keturunannya.

4.2.2 Fenomena sterilitas pada populasi M2

Pandanwangi kontrol memiliki tingkat fertilitas yang tinggi, namun pada populasi M2 ditemukan rumpun-rumpun yang steril (lampiran 10). Hal tersebut

ditunjukkan dengan adanya spikelet yang tidak mengalami proses pengisian biji, sehingga gabah kosong. Gejala sterilitas ditunjukkan dengan gabah yang hampa dengan warna lemma tetap hijau meski lemma yang lainnya mengalami perubahan warna. Selain itu jika diterawang gabah terlihat transparan, hal tersebut dapat terjadi karena kotak sari kosong atau polen tidak diproduksi pada kotak sarinya.

Nasir (2002) menyebutkan bahwa penggunaan dosis atau konsentrasi yang tinggi pada suatu mutagen adalah mampu mengakibatkan sterilitas. Xiao *et al* (1996) menyatakan bahwa gen pengendali seed set terdapat pada kromosom 6 dan 7. Sterilitas terjadi karena terjadi abrasi kromosom, mutasi gen, mutasi sitoplasmik dan efek fisiologis. Abrasi kromosom seperti delesi, inverse, translokasi, haploid, triploid, tetraploid dan aneuploid juga dapat menimbulkan terjadinya sterilitas.

Chang and Badernas (1995) menambahkan bahwa sterilitas pada mutan dapat terjadi pada organ reproduktif tanaman pada saat fase perkembangan yang berbeda, baik disebabkan oleh abrasi morphological ataupun gangguan physiological pada proses reproduksinya. Kotaksari (*anther sacs*) yang kosong, *stigma* digantikan oleh *stamen* cadangan, *pistil* dan *stamen* diganti dengan *glumes* serta keabnormalan morfologi dari organ reproduksi lainnya. Sedangkan gangguan pada kegiatan fisiologis yang terjadi pada proses reproduksi ialah adanya asynapsis (*as*) dan desynapsis (*ds*) yang terjadi sebelum meiosis.

4.2.3 Fenomena mutan pada karakter kuantitatif

Keragaman karakter kuantitatif yang ditemukan pada populasi mutan ialah hasil ekspresi gen-gen aditif yang dipengaruhi oleh lingkungan. Tindak gen aditif ialah bentuk aksi gen yang berbeda lokus dan masing-masing lokus memberi pengaruh menambah atau meningkatkan nilai dari karakter tersebut. Induksi mutasi mengakibatkan perubahan susunan DNA sehingga dapat mengubah ekspresi dari gen tersebut.

Tinggi tanaman dikendalikan oleh gen *dwarf* (*D* dan *d*) dan *semidwarf* (*Sd* dan *sd*). Gen pengendali tersebut terletak pada kromosom 3. Gen-gen tersebut berada pada lokus yang berbeda dan bersifat saling menambah. Beberapa individu

hasil mutasi mengalami perubahan pada salah satu atau sebagian lokus, sehingga merubah ekspresi gennya. Tomita (1996) menyatakan bahwa mutant hokuriku dikendalikan oleh gen semidwarfing, yaitu *d60*. Locus *d60* tidak sealel dengan gen pengendali tinggi tanaman lain seperti *sd1*, *d1*, *d2*, *d6*, *dl8k*, *d29*, *d30*, *d35(t)*, *d49(t)* dan *d50(t)*.

Kemampuan untuk memanjang internode memiliki pengaruh besar terhadap penampilan tinggi tanaman padi. Pemanjangan batang ialah salah satu bentuk dari ekspresi gen. prosesnya diawali dengan pembelahan sel serta proses pemanjangan membentuk meristem sekunder. Beberapa gen yang berperan terhadap proses pembelahan serta pemanjangan internode ialah *XET* (*xyloglucan endotransglycosylase*)-related genes (*OsXTR1*, 2, 3, and 4), β -*tubulin*, *Expansin*, *Histon H4*, and γ -*TIP* (tonoplast intrinsic protein). Induksi mutasi dapat mengakibatkan perubahan sehingga ekspresi gennya pun dapat berubah. Tobina *et al* (2003) menyebutkan bahwa beberapa mutan yang berubah menjadi lebih pendek mengalami perubahan pada gen-gen tersebut, sehingga ekspresi pemanjangan batang padi mengalami penurunan sehingga penampakan padi menjadi lebih pendek.

Kegenjahan varietas padi dapat diketahui melalui umur berbunga serta umur panennya. Inisiasi pembungaan pada padi sering dikenal dengan *heading*, sedangkan Umur masak fisiologis pada padi sering dikenal dengan *maturity*. Inisiasi pembungaan pada padi dipengaruhi oleh faktor lingkungan serta dari dalam individu. Gen pengendali umur berbunga ditemukan pada kromosom 3 dan 4, sedangkan umur masak fisiologis dikendalikan oleh gen yang terdapat pada kromosom 6. Karakter umur berbunga pada padi dipengaruhi oleh tiga gen (*Se1*, *E1*, dan *Efl*). Okumoto *et al* (1996) menyatakan bahwa locus *E1*, *E2*, *E3* dan *Se1* ialah gen pengendali sensitivitas terhadap photoperiodisitas, sedangkan locus *Efl* mengendalikan pertumbuhan generative. Irradiasi sinar gamma mampu mengubah susunan DNA sehingga mengakibatkan perubahan ekspresi gen. Hasil penelitian menunjukkan keragaman umur berbunga pada populasi mutan. Hal tersebut dapat terjadi karena susunan DNA yang berubah. Perubahan dapat terjadi pada gen yang

mengendalikan photoperiodesitas ataupun gen yang mengendalikan pertumbuhan generative.

Karakter-karakter yang berkaitan dengan hasil dikendalikan oleh gen-gen yang berada dalam lokus kromosom. Xiao *et al* (1996) melalui penelitian Quantitative trait locus (QTL) menemukan gen pengendali Karakter panjang malai terletak pada kromosom 4 dan 8, karakter jumlah malai per rumpun dikendalikan oleh gen pada kromosom 4, jumlah gabah isi per rumpun dikendalikan gen pada kromosom 3 dan 4, berat 1000 gabah juga dikendalikan gen yang terdapat pada kromosom 3 dan untuk hasil dikendalikan gen yang terdapat pada kromosom 8 dan 11.

Gen *GIF1* (*Grain Incomplete Filling 1*) ialah gen yang mengendalikan pengisian biji, sehingga sangat penting pengaruhnya terhadap karakter bobot gabah. Penampilannya diatur pada lokus-lokus kuantitatif. Gen *GIF1* mengontrol aktivitas dari enzim invertase yang terdapat pada dinding sel dan mengubah sukrosa menjadi substansi yang digunakan untuk membentuk pati (Zuhua, 2008).

4.2.3 Pendugaan genetik karakter kuantitatif

Penampilan pada seluruh karakter kuantitatif pada populasi M2 Pandanwangi menunjukkan adanya keragaman. Namun perbedaan dalam populasi tersebut tidak dapat dipisahkan dalam klas-klas fenotip seperti pada karakter kualitatif. Sehingga diperlukan suatu analisa statistik untuk mengetahui seberapa besar keragaman pada karakter kuantitatif yang terdapat pada populasi tersebut. Keragaman populasi sasaran memegang peran penting dalam program pemuliaan tanaman tersebut. Sehingga keragaman yang tinggi sangat diharapkan pada populasi M2 Pandanwangi.

Keragaman dalam karakter kuantitatif tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh gen, karena pada dasarnya karakter kuantitatif dikendalikan lebih dari satu gen, bisa 10-100 gen, masing-masing gen memberikan kontribusi terhadap penampilan fenotip dari tanaman tersebut. Sehingga faktor lingkungan juga berpengaruh besar pada penampilan fenotip tanaman tersebut.

Pemberian sinar gamma pada generasi awal mengakibatkan terjadinya mutasi secara acak, sehingga mengakibatkan perubahan susunan materi genetik

dalam tanaman dan menimbulkan keragaman. Hal tersebut juga ditegaskan oleh Sofia (2007), bahwa mutasi terjadi secara acak dan mutagen jarang mengubah hanya satu gen tertentu, maka perlakuan mutagenic terhadap karakter yang diwariskan secara kuantitatif juga dapat dipertimbangkan. Kemudian pada generasi selanjutnya perubahan tersebut diturunkan. Nasir (2002) juga menambahkan bahwa mutagen yang telah diaplikasikan pada taraf tertentu mampu menghasilkan sejumlah mutasi yang dapat terlihat, juga untuk menimbulkan keragaman pada karakter yang diwariskan secara kuantitatif.

Meski seluruh karakter kuantitatif populasi M2 Pandanwangi menunjukkan keragaman, keragaman yang disebabkan faktor genetikal yang sebenarnya menjadi sasaran utama untuk program pemuliaan. Sedangkan lingkungan juga berpengaruh besar pada penampilan fenotip dari kakarakter kuantitatif, oleh sebab itu diperlukan analisa yang dapat menunjukkan seberapa besar kontribusi factor genetik pada penampilan fenotip suatu karakter. Semakin besar kontribusi faktor genetik, maka kegiatan pemuliaan akan semakin efektif dilaksanakan.

Heritabilitas ialah salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar faktor genetik memberi kontribusi terhadap penampilan fenotip suatu karakter tanaman. Sehingga pada penelitian ini pendekatan kuantitatif untuk mengetahui peran dari faktor genetik dalam populasi M2 Pandanwangi digunakan pendugaan nilai heritabilitas.

Dari hasil perhitungan nilai heritabilitas, diketahui bahwa populasi M2 Pandanwangi hasil irradiasi sinar gamma memiliki nilai heritabilitas yang tinggi pada seluruh karakter kuantitatif pengamatan. Nilai heritabilitas tertinggi ditunjukkan oleh karakter gabah isi per malai (0.957), hal tersebut dapat diartikan bahwa pada karakter gabah isi per malai faktor genetik berpengaruh besar terhadap penampilan fenotip dari populasi tersebut, sehingga seleksi menjadi efektif dilakukan pada karakter tersebut.

Jika populasi dipersempit menjadi famili-famili dalam populasi M2, maka akan diperoleh 50 populasi famili dalam populasi M2 Pandanwangi. Plot kontrol digunakan sebagai penduga ragam lingkungan. Keragaman ditemukan pada plot

kontrol. Namun hasil dari analisa statistic, nilai ragam genetik pada plot kontrol lebih kecil jika dibandingkan ragam lingkungan.

Nilai ragam genetik yang rendah, jika dibandingkan dengan nilai ragam genetik pada populasi mutan, menunjukkan bahwa keragaman genetik yang terdapat dalam plot kontrol lebih kecil dibandingkan keragaman genetik populasi famili mutan. Nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG) pada plot kontrol tergolong rendah, dan jika dibandingkan dengan nilai KKG pada populasi famili M2 nilai KKG plot kontrol cenderung lebih rendah. Hal tersebut mempertegas bahwa keragaman genetik dalam plot kontrol rendah, sehingga penampilan fenotip yang beragam pada plot kontrol dapat diasumsikan lebih dipengaruhi oleh faktor selain genetik (lingkungan). Oleh sebab itu plot kontrol dapat digunakan sebagai penduga ragam lingkungan.

Pada 50 populasi famili M2 Pandanwangi ditemukan keragaman karakter kuantitatif. Hasil pendugaan heritabilitas, diketahui bahwa karakter jumlah anakan produktif, daun bendera, panjang malai, total gabah per malai, gabah isi per malai, bobot 100 biji dan bobot gabah total memiliki nilai heritabilitas tinggi pada seluruh famili tersebut. Sedangkan pada karakter kuantitatif tinggi tanaman, umur berbunga dan umur panen, tiap famili menunjukkan nilai pendugaan heritabilitas yang berbeda. Hal tersebut dapat terjadi karena nilai heritabilitas dalam suatu populasi dipengaruhi oleh nilai ragam populasi yang diperoleh, susunan genetik tetua dan pengaruh dari faktor lingkungan. .

Masing-masing famili dalam populasi M2 Pandanwangi memiliki nilai heritabilitas yang berbeda satu sama lain. Jika famili dalam populasi M2 pandanwangi memiliki nilai heritabilitas yang tinggi pada suatu karakter dapat diartikan bahwa pada karakter tersebut keragaman yang terjadi lebih dikontribusikan oleh faktor genetik, sedangkan jika nilai heritabilitas sedang atau rendah menandakan bahwa faktor genetik tidak memberi pengaruh yang nyata pada penampilan fenotip tanaman. Sutopo, *et al.* (2000) menyatakan bahwa heritabilitas mencerminkan kerja dari gen-gen yang terletak pada inti, nilai heritabilitas tinggi menunjukkan bahwa keterlibatan gen-gen dalam inti sel cukup tinggi dalam penampilan suatu karakter. Sehingga hanya famili dengan nilai

heritabilitas tinggi yang berpeluang untuk kegiatan pemuliaan selanjutnya, yaitu untuk seleksi.

Nilai heritabilitas yang tinggi pada mutan dapat digunakan untuk seleksi. Peningkatan nilai heritabilitas dapat dijadikan indikasi efektifnya suatu kegiatan seleksi (Ibrahim and Sharaan, 1975). Sehingga pada generasi M2 pandanwangi seleksi menjadi efektif ketika dilakukan pada famili-famili yang memiliki nilai heritabilitas tinggi. Hal tersebut juga ditegaskan oleh Moedjiono dan mejaya (1994) bahwa nilai duga heritabilitas yang tinggi untuk suatu sifat dapat dimulai pada generasi awal, nilai heritabilitas yang rendah menunjukkan besarnya pengaruh lingkungan terhadap keragaan, sehingga seleksi akan lebih efektif bila dilakukan pada generasi lanjut.

Keragaman genetik memiliki peran penting dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Semakin besar keragaman genetik dalam suatu populasi maka kegiatan pemuliaan akan semakin efektif dilakukan. Keragaman genetik menunjukkan perbedaan genotip antar individu tanaman dalam populasi.

Pengamatan serta analisa kuantitatif terhadap karakter kuantitatif pada famili-famili dalam populasi M2 Pandanwangi menunjukkan adanya perbedaan nilai KKG. Dari hasil analisa, diketahui bahwa nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG) pada populasi M2 Pandanwangi menunjukkan nilai dengan kategori agak rendah sampai dengan cukup tinggi. Seluruh famili dalam populasi M2 Pandanwangi menunjukkan nilai KKG yang rendah pada karakter panjang daun bendera, tinggi tanaman, umur berbunga, umur panen, bobot 100 biji dan panjang malai. Sedangkan untuk karakter bobot gabah total, gabah isi per malai, total gabah per malai dan anakan produktif, beberapa nomor famili menunjukkan nilai KKG yang agak rendah. Nilai KKG yang cukup tinggi hanya ditemukan pada karakter bobot gabah total, yaitu pada famili KAMT 2:7 dan KAMT 2:27

Moedjiono dan Mejaya (1994) menyatakan bahwa karakter dengan kriteria KKG relative rendah sampai agak rendah digolongkan sebagai karakter bervariabilitas sempit, sedangkan karakter dengan kriteria KKG relative cukup tinggi dan tinggi digolongkan sebagai karakter bervariabilitas luas. Kegiatan pemuliaan bertumpu pada adanya keragaman genetik, serta keragaman genetik

yang dibutuhkan ialah keragaman genetik yang luas. Sehingga kegiatan pemuliaan selanjutnya, yaitu seleksi, akan lebih efektif jika dilaksanakan pada famili yang memiliki nilai KKG yang tinggi.

Pendugaan terhadap kenaikan hasil yang mungkin dapat diperoleh dari populasi yang digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan menghitung kemajuan genetiknya. Johnson *et al.* (1955) menyebutkan bahwa pendugaan nilai heritabilitas yang disertai dengan kemajuan genetik sangat bermanfaat dalam memprediksi hasil atau efektifitas dari seleksi. Hal tersebut karena heritabilitas lebih menunjukkan pada interaksi genotip-lingkungan (Kaul and Kamar, 1983), sedangkan kemajuan genetik menunjukkan tingkat dari stabilitas dan peningkatan genetik dari suatu karakter pada suatu sistem seleksi (Khan and Goyal, 2009)

Perhitungan kemajuan genetik harapan (KGG) menggunakan tekanan seleksi 10%, sehingga nilai intensitas seleksinya adalah 1.76. Dari perhitungan KGG masing-masing karakter pada seluruh populasi menunjukkan nilai yang tinggi, terutama pada karakter hasil, seperti gabah isi per malai dan bobot gabah total. Sehingga dengan memilih 10% tanaman dari populasi M2 Pandanwangi dengan jumlah gabah isi per malai terbaik, diperkirakan kemajuan seleksi yang dapat dicapai adalah 71.304 gabah atau 64.311% dari nilai rata-rata populasi. Begitu juga untuk karakter bobot gabah total dengan memilih 10% tanaman dari populasi M2 Pandanwangi dengan bobot gabah total terbaik, kemajuan seleksi yang mungkin dapat terjadi adalah 51.724% dari rata-rata populasi.

Perhitungan KGG dalam famili populasi M2 Pandanwangi menunjukkan nilai tinggi pada hampir seluruh karakter. Meski terdapat beberapa karakter dengan nilai KGG rendah, yaitu karakter tinggi tanaman, umur berbunga serta umur panen, dan panjang malai. Nilai heritabilitas dan kemajuan genetik yang tinggi juga dilaporkan oleh Lokaprakash *et al.* (1992) pada karakter jumlah gabah per malai dan berat gabah per malai. Panse (1957) menyatakan bahwa gabungan dari tingginya nilai kemajuan genetik dan nilai heritabilitas yang tinggi dapat dijadikan indikasi bahwa ada efek gen aditif yang mungkin berpengaruh penting terhadap penampilan karakter tersebut.

Nilai heritabilitas, KKG dan KGH tinggi yang dimiliki oleh suatu populasi mengindikasikan bahwa seleksi akan efektif dilakukan pada karakter tersebut. Dari seluruh karakter yang diamati pada seluruh populasi M2, nilai KKG agak rendah sampai cukup tinggi serta heritabilitas dan KGH tinggi ditunjukkan pada empat karakter, yaitu anakan produktif, total gabah per malai, gabah isi per malai dan bobot gabah total gabah.

Hampir seluruh famili dalam populasi M2 Pandanwangi menunjukkan nilai heritabilitas dan KGH yang tinggi pada karakter jumlah anakan produktif. Meski nilai KKG bekisar antara rendah sampai agak rendah. Sehingga diindikasikan seleksi tersebut efektif dilakukan pada famili yang memiliki nilai heritabilitas dan KGH tinggi serta KKG yang agak rendah. Karakter daun bendera juga menunjukkan hal yang serupa, yaitu nilai heritabilitas dan KGH yang tinggi pada seluruh populasi famili M2 Pandanwangi, namun nilai KKG termasuk kategori rendah. Meski demikian seleksi dapat mungkin saja dilakukan pada famili-famili yang memiliki nilai pendugaan tinggi. Lima famili dalam populasi M2 Pandanwangi menunjukkan nilai pendugaan genetik yang tinggi dan dapat dijadikan sebagai bahan untuk seleksi.

Seleksi pada karakter tinggi tanaman serta panjang malai hanya efektif dilakukan pada beberapa nomor famili saja. Karena sebagian besar nilai heritabilitas bernilai sedang serta nilai KKG dan KGH yang rendah. Karakter tinggi tanaman efektif dilakukan pada famili dengan nomor KAMT 2:17, KAMT 2:27, KAMT 2:34, KAMT 2:37, KAMT 2:38, KAMT 2:39 dan KAMT 2:44. Pada empat populasi famili tersebut jika dilakukan pemilihan 10% dari total tanaman per famili yang terbaik kemungkinan terjadi kemajuan seleksi yang dicapai antara (20-10) % dari rata-rata masing-masing populasi. Hal yang sama juga terjadi pada karakter panjang malai, terdapat sembilan famili dalam populasi M2 Pandanwangi, yaitu KAMT 2:3, KAMT 2:7, KAMT 2:8, KAMT 2:9, KAMT 2:10, KAMT 2: 11, KAMT 2: 27, KAMT 2:39 dan KAMT 2:44.

Umur berbunga dan umur panen menunjukkan nilai heritabilitas yang tinggi, namun nilai KKG dan KGH rendah sampai agak rendah, sehingga jika seleksi dilakukan maka kemungkinan seleksi tidak dapat efektif dilakukan. Perbedaan

yang ditunjukkan dari hasil pengamatan umur berbunga dan umur panen yang dibandingkan dengan kontrol, meski tidak menunjukkan nilai yang berbeda nyata namun dapat berpengaruh besar. Sehingga beberapa famili dapat dipilih untuk bahan seleksi selanjutnya. Famili-famili yang dapat diseleksi berdasar umur berbunga ialah KAMT 2:1, KAMT 2:8, KAMT 2:17 dan KAMT 2:35. Sedangkan famili-famili yang dapat diseleksi berdasar umur panen ialah KAMT 2:9, KAMT 2:10, KAMT 2:17, KAMT 2:30, KAMT 2:44 dan KAMT 2:53.

Seleksi untuk memperoleh individu yang lebih genjah dibandingkan Pandanwangi kontrol, dilakukan dengan berdasarkan pada nilai rata-rata umur berbunga serta umur panen. Nilai umur berbunga dan umur panen yang lebih rendah dibandingkan Pandanwangi kontrol dapat dijadikan sebagai individu terpilih untuk kegiatan pemuliaan selanjutnya. Sehingga dengan memperhatikan nilai pendugaan genetik serta nilai rata-rata pada famili-famili M2 maka individu yang dapat terpilih ialah individu pada famili KAMT 2:17 pada baris kedua.

Pada karakter hasil serta komponennya menunjukkan nilai heritabilitas dan KGH yang tinggi pada seluruh famili dalam populasi M2 Pandanwangi. Dengan demikian seleksi efektif dilakukan pada seluruh famili. Seleksi pada karakter hasil akan lebih efektif jika ikut mempertimbangkan nilai dari KKG. Sehingga jika memperhatikan tiga nilai pendugaan, yaitu heritabilitas, KKG dan KGH maka seleksi efektif jika dilakukan pada famili nomor KAMT 2:7 dan KAMT 2:56 untuk karakter total gabah per malai. Berdasar nilai heritabilitas, KKG dan KGH seleksi untuk karakter gabah isi per malai efektif dilaksanakan pada famili KAMT 2:7, KAMT 2:8, KAMT 2:9, KAMT 2: 27, KAMT 2: 30, KAMT 2:31, KAMT 2:35, KAMT 2:39, KAMT 2:43 dan KAMT 2:50.

Karakter bobot 100 biji memiliki nilai heritabilitas tinggi pada seluruh famili dan beberapa famili menunjukkan nilai KGH tinggi, namun nilai KKG yang ditunjukkan rendah. Sehingga hanya beberapa famili saja yang mungkin dapat dipilih untuk kegiatan pemuliaan selanjutnya, yaitu KAMT 2:7, KAMT 2:11, KAMT 2:17, KAMT 2: 27, KAMT 2:34, KAMT 2:37, KAMT 2:38, KAMT 2:39, KAMT 2:42, KAMT 2:43 dan KAMT 2:57

Karakter hasil yang ditunjukkan dengan bobot gabah total per rumpun menunjukkan nilai pendugaan yang tinggi pada sebagian besar famili. Hanya 18 nomor famili yang tidak efektif dilakukan seleksi. Sehingga seluruh famili dapat diseleksi kecuali famili dengan nomor KAMT 2:1, KAMT 2:2, KAMT 2:3, KAMT 2:5, KAMT 2:10, KAMT 2: 15, KAMT 2: 18, KAMT 2:19, KAMT 2:24, KAMT 2:28, KAMT 2:12, KAMT 2:33, KAMT 2:37, KAMT 2:41, KAMT 2:45 KAMT 2:53, KAMT 2:55 dan KAMT 2:56.

Pembandingan nilai rata-rata antara kontrol dengan famili dalam populasi M2 Pandanwangi menunjukkan perbedaan. Perbedaan yang ditunjukkan fluktuatif, menjadi lebih tinggi dan lebih rendah dibandingkan dengan kontrol, meski perbedaan tersebut tidak berbeda nyata.

Nilai rata-rata lima karakter kuantitatif yang diamati pada masing-masing famili. Nilai rata-rata karakter yang ditunjukkan masing-masing beragam. Beberapa famili memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi dibanding kontrol, dan yang lainnya memiliki nilai rata-rata yang lebih rendah dibandingkan kontrol. Khan dan Goyal (2009) menyebutkan hasil yang sama, bahwa hasil dari tanaman mutan tidak memberikan nilai yang sangat significant hal tersebut dapat disebabkan karena pengaruh dari poligenik dengan kelebihan serta kekurangannya.

Pada karakter anakan produktif, cenderung terjadi penurunan nilai rata-rata pada famili-famili dalam populasi M2 Pandanwangi pandanwangi. Hanya KAMT 2:8 dan KAMT 2:22 yang menunjukkan nilai rata-rata lebih tinggi dibandingkan rata-rata Pandanwangi kontrol. Pada karakter tinggi tanaman, umur berbunga dan umur panen, peningkatan dan penurunan nilai rata-rata juga ditemukan dalam famili populasi M2 Pandanwangi. Pada ketiga karakter ini akan lebih menguntungkan jika mutan mengalami penurunan nilai rata-rata.

Nilai rata-rata karakter hasil dan komponen hasil diketahui bahwa nilai rata-rata karakter panjang malai tidak terlalu mengalami perubahan, baik peningkatan maupun penurunan. Sedangkan untuk karakter gabah isi permalai, total gabah per malai, bobot 100 biji dan bobot gabah total menunjukkan perubahan nilai rata-rata. Peningkatan nilai rata-rata pada karakter-karakter tersebut akan lebih menguntungkan untuk kegiatan selanjutnya.

Beberapa nilai rata-rata untuk karakter hasil dan komponen menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibanding nilai rata-rata kontrol. Rubaihayo (1976) mengemukakan bahwa terdapat hasil yang tinggi dan keragaman genetik yang signifikan pada hasil dan kemasakan dari kedelai yang terirradiasi gamma. Famili-famili tersebut juga dapat dijadikan sebagai materi untuk seleksi. Sedangkan untuk karakter tinggi tanaman, umur berbunga dan umur panen, ditemukan juga famili yang milainya lebih rendah dibanding nilai rata-rata kontrol. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Sharma *et al.* (1974) dan Reddy (1975) memperoleh mutan padi yang memiliki nilai kemasakan lebih cepat dibanding tetuanya.

Nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol dapat dijadikan suatu indicator untuk melakukan seleksi. Namun jika hanya didasarkan pada nilai rata-rata, seleksi yang dilakukan pada karakter tersebut mungkin menjadi tidak efektif karena tidak diketahui kemajuan dari hasil seleksinya. Oleh sebab itu pendugaan nilai heritabilitas, KKG dan KGH membantu pemulia untuk memprediksikan keefektifan kegiatan seleksi yang akan dilaksanakan.

Dari hasil penghitungan kemajuan atau peningkatan nilai rata-rata yang mungkin terjadi pada family M2 (lampiran 10) diketahui bahwa terdapat famili-famili yang memiliki nilai rata-rata tinggi yang didukung dengan nilai heritabilitas dan KGH yang tinggi, sehingga pendugaan rata-rata dari individu yang terpilih mengalami peningkatan nilai. Namun dari tabel tersebut juga ditemukan beberapa famili yang meski memiliki nilai rata-rata M2 tinggi namun nilai pendugaan rata-rata dari individu terpilih menjadi lebih kecil dibanding famili lainnya, hal tersebut dapat terjadi karena nilai rata-rata tersebut tidak didukung dengan nilai KGH yang tinggi. Sehingga jika seleksi tetap dilakukan pada individu tersebut maka seleksi menjadi tidak efektif, karena kemajuan seleksinya kecil.

Pada karakter hasil dan komponen hasil diketahui terdapat enam famili yang memiliki nilai pendugaan genetik yang tinggi, sehingga seleksi efektif jika dilakukan pada individu dalam famili tersebut. Enam famili tersebut yaitu KAMT 2:7, KAMT 2:8, KAMT 2:9, KAMT 2:11, KAMT 2: 27 dan KAMT 2:39. Individu-individu yang mungkin dapat dijadikan materi untuk kegiatan pemuliaan

selanjutnya adalah KAMT 2:7 baris ke-4, KAMT 2:8 baris ke-3, KAMT 2:9 baris ke-2, KAMT 2:11 baris ke-5, KAMT 2:27 baris ke-5 dan KAMT 2:39 baris ke-2.

Secara keseluruhan informasi yang diperoleh dalam penelitian ini ialah pada populasi M2 Pandanwangi hasil irradiasi sinar gamma, menunjukkan adanya keragaman dalam karakter yang diamati, baik kualitatif maupun kuantitatif. Keragaman tersebut dapat dijadikan modal dasar kegiatan pemuliaan selanjutnya, yaitu perbaikan varietas Pandanwangi, melalui seleksi.

Penampilan fenotip dari individu dalam populasi M2 Pandanwangi ialah hasil dari segregasi tetuanya (mutan generasi pertama) yang mengalami perubahan perubahan materi genetik akibat mutasi. Sehingga beberapa karakter mutan belum dapat diamati secara jelas pada M2 Pandanwangi, karena dimungkinkan proses segregasi akan terus terjadi pada generasi selanjutnya dan memunculkan variasi mutan yang dapat diamati pada generasi M3. Penelitian yang dilakukan Suryandari (2000) menegaskan bahwa belum ditemukan kemantapan dari karakter yang diamati, dimana masing-masing peubah mengalami perubahan pada generasi M3 dari generasi M1 dan M2, hal tersebut diduga karena segregasi pembawa sifat yang masih terjadi hingga generasi M3 sehingga menyebabkan belum terbentuknya gen yang homosigot.

Keragaman populasi sasaran menjadi modal utama untuk pemuliaan tanaman, untuk perbaikan varietas Pandanwangi, melalui proses seleksi. Informasi mengenai besarnya kontribusi faktor genetik, melalui pendugaan nilai heritabilitas, KKG dan KGH, dapat dijadikan sebagai indikasi keefektifan seleksi yang akan dilakukan pada populasi tersebut, semakin tinggi nilai ketiganya diindikasikan seleksi akan semakin efektif dilakukan. Sehingga dapat membantu pemulia untuk mengembangkan strateginya dalam usaha menuju sarannya, yaitu perbaikan varietas Pandanwangi.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Pada populasi M2 Pandanwangi hasil irradiasi sinar gamma ditemukan keragaman, baik pada karakter kualitatif maupun kuantitatif. Keragaman pada karakter kualitatif ditemukan pada karakter warna helaian daun, eksersi malai, bulu pada ujung gabah dan bentuk gabah. Keragaman pada karakter kuantitatif ditemukan pada seluruh karakter kuantitatif yang diamati.
2. Seluruh karakter kuantitatif menunjukkan nilai heritabilitas yang tinggi. Nilai Koefisien Keragaman Genetik (KKG) agak rendah ditunjukkan oleh karakter gabah isi per malai dan bobot gabah total. Karakter anakan produktif, panjang daun bendera, panjang malai, total gabah per malai, gabah isi per malai, bobot 100 biji dan bobot gabah total menunjukkan nilai Kemajuan Genetik Harapan yang tinggi. Sehingga seleksi dapat dilakukan pada karakter tersebut.
3. Dari penelitian ini diperoleh family yang dapat diseleksi berdasar kegenjahannya yaitu KAMT 2:17. Selain itu dari penelitian ini diperoleh 6 famili dalam populasi M2 pandanwangi, yaitu KAMT 2:7, KAMT 2:8, KAMT 2:9, KAMT 2:11, KAMT 2: 27 dan KAMT 2:39, yang memiliki nilai heritabilitas, KKG dan KGH tinggi pada karakter hasil, yaitu gabah isi per malai, bobot 100 biji dan bobot gabah total, sehingga seleksi untuk perbaikan varietas Pandanwangi efektif dilakukan pada famili-famili tersebut.

5.2 Saran

1. Pengujian lanjutan, dengan menggunakan metode seleksi pedigree, terhadap famili-famili terpilih perlu dilakukan untuk mengetahui stabilitas karakter-karakternya.
2. Pengujian pada tataran molekuler dan karakter-karakter kualitas pada famili-famili terpilih perlu dilakukan

DAFTAR PUSTAKA

- Ahloowalia, BS. 1986. Limitation to the Use of Somaclonal Variation in Crop Environment. Somaclonal Variation and Crop Improvement. Martimus Nijhoff pub. New York . p 14-27
- Allard , R.W. 1992. Pemuliaan Tanaman I. Rineka Cipta. Jakarta. pp 365
- Brown T.A..1992. Genetics. a Molecular Approach. 2nd edition.Chapman & Hall
- Chang T. and Bardenas E.A. 1965. The Morphology and Varietal Characteristics of the Rice Plant. The International Rice Research Institute. Philipines. pp 40
- Daradjat, A. A., A. Setyono, A. K. Makarim dan Andi H. 2009. Padi, Inovasi dan Teknologi Produksi, Buku 2. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Sukamandi. p 1-27
- Finroll News. 2009. Varietas Padi Pandanputri Diluncurkan Akhir 2009. <http://news.id.finroll.com/home/archive>
- Harten, A. M. 1998. Mutation Breeding: Theory and Practical Application. Cambridge University Press. New York. p 230-240
- Hawkes, J. G. 2000. The Ex-situ Conservation of Plant Genetic Resources. Kluwer Academic Publisher. London. pp 250
- Herison, C., Rustikawati, S. H. Sutjahjo dan S. I. Aisyah. 2008. Induksi Mutasi melalui Iradiasi Sinar Gamma terhadap Benih untuk Meningkatkan Keragaman Populasi Dasar Jagung (*Zea mays L.*). Akta Agrosia. 11 (1):57-62
- Ibrahim AF and A N Sharaan, 1975. Studies on Certain Early Barley Mutants in M3 and M4 Generation after Seed Irradiation with Gamma Rays. Z. pflanzenzuent. 73:44-57
- IPGRI. 1993. Diversity for Development. International Plant Genetic Resources Institute. Rome
- Jabeen, N. and B. Mirza. 2004. Ethylmethane Sulfonate Induced Changes in *Capsicum annum*. Journal of Agriculture and Biology. 6(2):340-345
- Jain, S.M., D.S. Brar, B.S. Ahloowalia. 1998. Somaclonal Variation and Induced Mutations in Crop Improvement. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. p 465-467
- Johansen, I. and P. H. Flanders. 1965. Macromolecular Repair and Free Radical Scavenging in the Protection of Bacteria Again X-rays. Radiat. Res. 24
- Johnson H.W., Robinson H.F. dan Comstock R. 1955. Estimation of Genetic and Environment Variability in Soybean. Agron J. 47:314-318

- Juliano, B.O. and D. Duff. 1991. Rice Grain Quality as an Emerging Priority in National Rice Breeding Programmes. *In: Rice Grain Marketing and Quality Issues*. Los Banos, Laguna, IRRI. p. 55-64
- Karmana, M.H., A. Baihaki, G.S.T. Danakusuma dan A.H. Permadi. 1990. Variasi Genetik Sifat-sifat Tanaman Bawang Putih di Indonesia. *Zuriat*.1:32-36
- Kaul, MLH. and V. Kumar 1983. Mutation Genetic Studies in Rice IV Variability Components and Penetic Parameter. *Boil Zbl* 102:559-566
- Keputusan Menteri Pertanian. 2004. Pelepasan Galur Padi Sawah Lokal Pandanwangi Cianjur sebagai Varietas Unggul dengan Nama Pandanwangi. Jakarta
- Khan, S and S. Goyal. 2009. Mutation Genetic Studies in Mungbean IV. Selection Off Early Maturing Mutants. *The Journal of Agriculture Science*. 42(2):109-113
- Kompas. 2007. Pandanwangi Palsu dari Cianjur Beredar di Jabotabek. <http://www.kompas.com/kompas-cetak>
- Kompas. 2009. Dibanding 2007, Produksi Padi 2008 Naik 5.54 persen. <http://bisniskeuangan.kompas.com>
- Las, I., I. N. Widiarta, S. Bahri, P. Wardana, A.K. Makarim, M. O. Adnyana, A. Setyono dan A. Ruskandar. 2005. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. pp 30
- Lokaprakash, R. Shivasankar, G. W. Mahadevappa, M.Gowa BTS and Kulkarni, R. S. 1992. Study of Genetic Variability, Heritability and Genetic Advance in Rice. *Indian J. genet*. 52: 416-421
- Makmur, A. 1985. Pokok Pokok Pengantar Pemuliaan Tanaman . Bina Aksara. Jakarta pp.49
- Mangoendidjojo, W. 2003. Dasar-Dasar Pemuliaan Tanaman. Kanisius. Yogyakarta. pp 182
- Micke, A. and Donini B. 1993. Induced Mutation: Plant Breeding Principles and Prospect. Chapman and Hall. New York
- Moedjiono dan M.J. Mejaya. 1994. Variabilitas Genetik Beberapa Karakter Plasma Nutfah Jagung Koleksi Balittan Malang. *Zuriat* 5 (2):27-32
- Nasir, M. 2001. Pengantar Pemuliaan Tanaman. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. pp 326
- Nasir, M. 2002. Bioteknologi Molekuler, Teknik Rekayasa Genetik Tanaman. PT Citra Aditya Bakti. Bandung. p 59-93
- Okumoto, Y., H. Inoue, K. Ichitani, and T. Tanisaka. 1996. Rice genetics III: Effects of Three Genes That Control Heading Date (*Se1*, *E1*, and *Ef1*) in Four Varietal Groups of Japonica Rice. *International Rice Genetics*

- Symposium. International Rice Research Institute. Manila (Philippines). pp 423-427
- Panse, V.G. 1957. Genetic of quantitative characters in relation to plant breeding. Indian J. genet. 17: 318-329
- Poespodarsono, S. 1988. Dasar-dasar Ilmu Pemuliaan Tanaman. Pusar Antar Universitas. IPB-Bogor. pp 169
- Pusat Diseminasi Iptek Nuklir. 2006. Kedelai Varietas Unggul Baru Hasil Pemuliaan Mutasi Radiasi. www.batan.go.id
- Puseglove, J.W. 1977. Tropical Crop Monocotyledons Volume I. Longmans Groups Ltd. London
- Reddy, GM. 1975. Induced Grain Type Dwarf Mutants in Rice Breeding. J Cytol genet Congr: suppl. 143-145
- Rubaihayo, P.R. 1976. Utilization of γ Rays for Soybean Improvement. Egypt J. Genet Cytol. 5:136-140
- Sastrosupadi, Adji. 2000. Percobaan Praktis Bidang Pertanian. Kanisius. Yogyakarta. pp 276
- Sharma, D., GS Lal, ML Tawar and MN Shrivastava. 1974. EMS Induced Variation for Heading Date and The Performance of Early Flowering Mutants in Rice. Indian J genet plant breed. 34:216-220
- Singh, J.N. and B.R. Mutty. 1982. Diallel Analysis in Tetralocular *Brassica campestris*. Indian J. Genet 42:257-260
- Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publisher. New Delhi. pp 317
- Singh, R.K., U. S Singh and G. S. Khush. 2000. Aromatic Rice. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. Calcuta. pp 292
- Siregar, H. 1981. Budidaya Tanaman Padi di Indonesia. Sastra Hudaya. Jakarta. pp 318
- Soedjono, S. 2003. Aplikasi Mutasi Induksi dan Variasi Somaklonal dalam Pemuliaan Tanaman. Litbang Pertanian. 22(2):70-79
- Soemartono, Bahrinsamat dan Hardjono. 1983. Bercocok Tanam Padi. Yasaguna. Jakarta. pp 228
- Soeranto, H. 2005. Pemuliaan Tanaman dengan Teknik Mutasi. Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional. Jakarta
- Sofia, D. H. 2007. Respon Pertumbuhan dan Produksi Mentimun (*Cucumis sativus* L.) dengan Mutagen Kolkhisin. <http://www.library.usu.ac.id>.
- Stenfield, W. D. 1983. Theory and Problem of Genetic, Second Edition (Schaum series). McGraw-Hill Inc. New York. pp 248
- Suharsono. 2005. Serealia. STTP Jurusan Penyuluhan Pertanian. Yogyakarta

- Suprpto dan N. Md. Kairudin. 2007. Variasi Genetik, Heritabilitas, Tindak Gen dan kemajuan Genetik Kedelai (*Glycine max* Merrill) pada Ultisol. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. 9 (2):183-190
- Suryandari, R. 2000. Penampakan Generasi M3 Dua Varietas Semangka (*Citrullus vulgaris* Schard) dengan Beberapa Konsentrasi Kolkhisin. Universitas Brawijaya. Malang
- Suryo. 1995. Sitogenetika. Gadjah mada university press. Yogyakarta
- Sutopo,L., L.Sulistyowati dan P.Suwardike. 2000. Parameter Genetik Ketahanan terhadap Penyakit Hawar Daun (*Phytophthora infestans* (Mont Debray))pada beberapa galur tomat. Agrivita (22)2: 103-107
- Tobina , H., S. Uozu, M. Matsuoka, H. Kitano, and K. Hattori. 2003. Advances in Rice Genetics: Gene Expression Pattern of Cell Division/Elongation Factors In Rice Dwarf Mutants. Proceedings of the Fourth International Rice Genetics Symposium. International Rice Research Institute. Philippines. p 470-473
- Tomita, M. 1996. Rice Genetics III: The Gametic Lethal Gene *gal* : Activated Only in the Presence of the Semidwarfing gene *d60* in Rice. International Rice Genetics Symposium. International Rice Research Institute. Manila (Philippines). p 396-403
- Welsh, J. R. 1991. Dasar-dasar Genetika dan Pemuliaan Tanaman. Erlangga. Jakarta. p 98-124
- Xiao, J., J. Li, L. Yuan, and S.D. Tanksley. 1996. Rice Genetics III: Dominance as The Major Genetic Basis of Heterosis in Rice. International Rice Genetics Symposium. International Rice Research Institute. Manila (Philippines). p 327-340

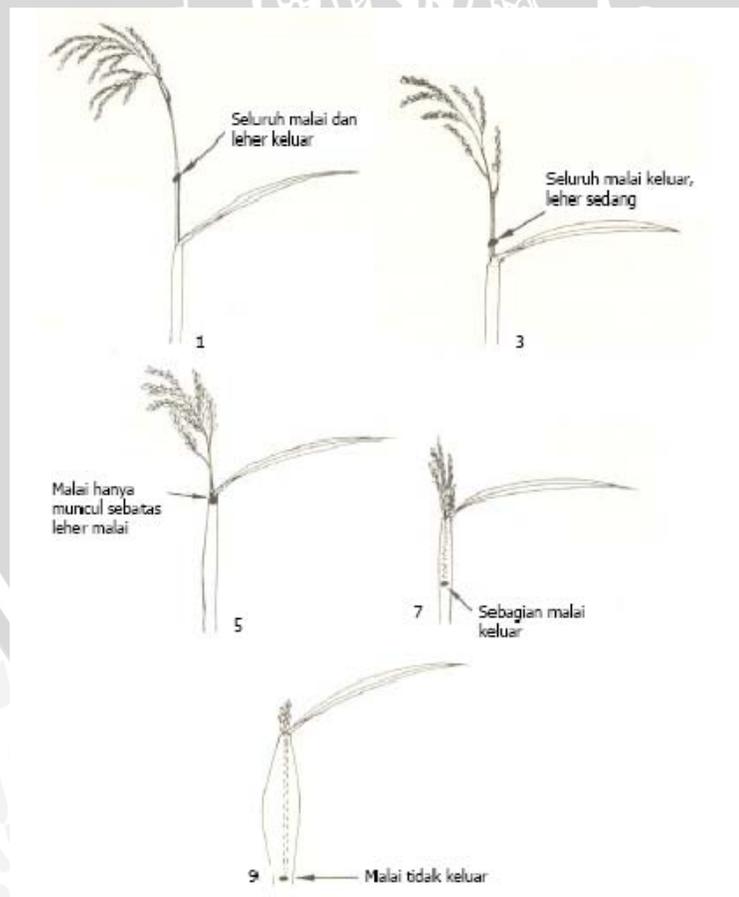
Lampiran 1. Tabel karakteristik

No.	Karakter	Notasi dan keterangan	Keterangan
1.	Warna pelepah daun	1 Hijau 2 Garis-garis ungu 3 Ungu muda 4 Ungu	
2.	Warna helaian daun	1 Hijau muda 2 Hijau 3 Hijau tua 4 Ungu pada bagian ujung 5 Ungu pada bagian pinggir 6 Campuran ungu dan hijau 7 Ungu	Pembedaan intensitas warna hijau daun menggunakan <i>leaf color chart</i>
3.	Eksersi malai (keluarnya malai)	1 Seluruh malai dan leher keluar 3 Seluruh malai keluar, leher sedang 5 Malai hanya muncul sebatas leher 7 Sebagian malai keluar 9 Malai tidak keluar	
4.	Bulu pada ujung gabah	1 Ada 9 Tidak ada	
5.	Bentuk gabah	1 Ramping (<i>slim</i>) 5 Medium 9 Bulat (<i>bold</i>)	

Lampiran 2. Gambar leaf color chart dan eksersi malai



Gambar leaf color chart

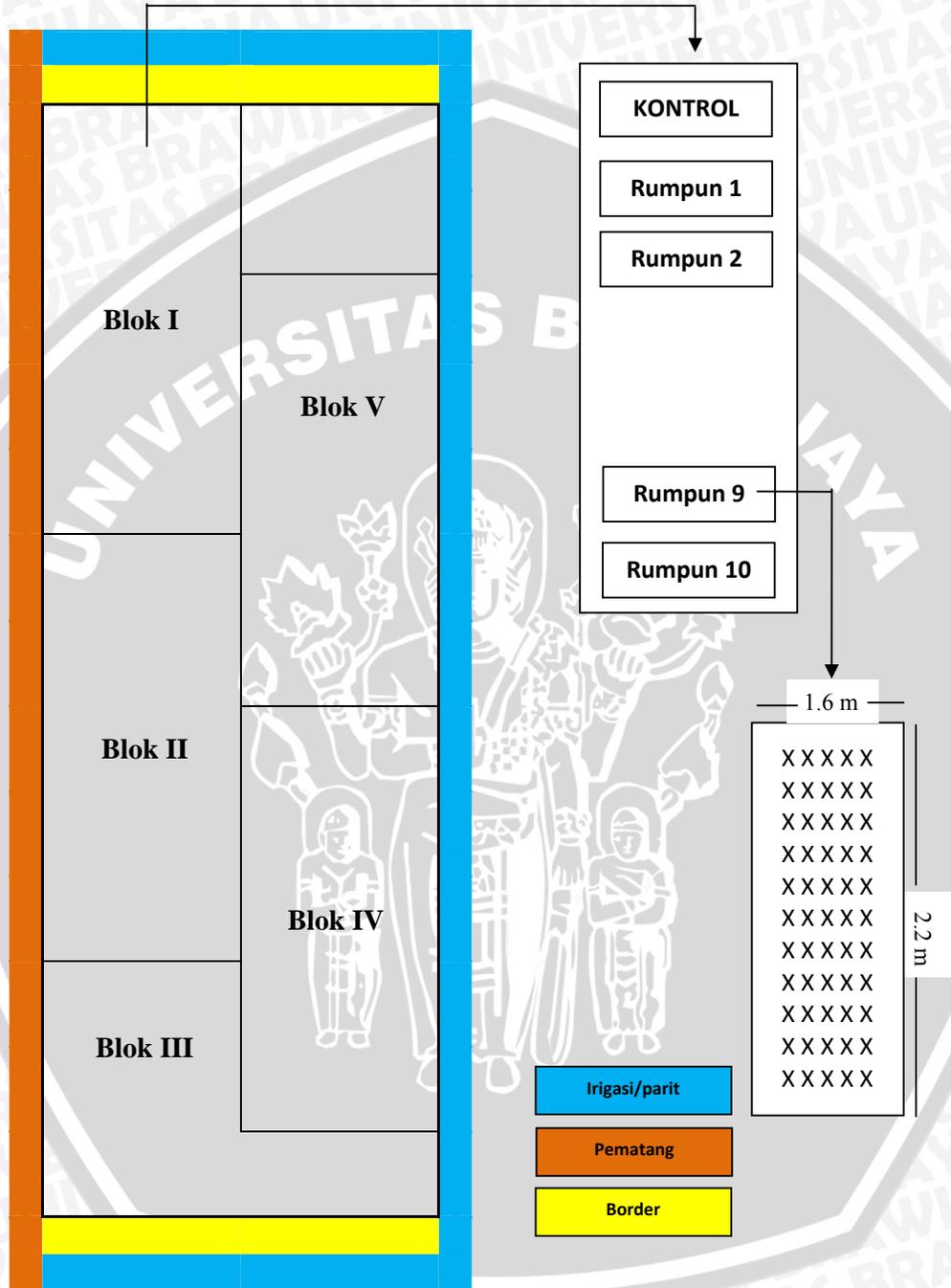


Gambar eksersi malai

Lampiran 3. Deskripsi Padi Varietas Pandan wangi

	Deskripsi
Asal	: Populasi varietas lokal Pandanwangi Cianjur
Metode	: Galur murni
Seleksi Golongan	: Berbulu
Umur tanaman	: 155 hari
Bentuk tanaman	: Kompak
Tinggi tanaman :	: 168 cm
Anakan produktif	: 15 – 18 batang
Warna kaki	: Hijau
Warna batang	: Hijau
Warna telinga daun	: Tidak berwarna
Warna lidah daun	: Tidak berwarna
Warna helai daun	: Hijau
Muka daun	: Kasar
Posisi daun	: Tegak
Daun bendera	: Tegak
Warna gabah	: Kuning mas
Kerontokan	: Tahan
Kerebahan	: Kurang tahan
Tekstur nasi	: Pulen
Bobot 1000 butir	: 29,7 gram
Kadar amilosa	: 24,96 %
Potensi hasil	: 7,4 ton GKG/Ha
Rata-rata hasil	: 5,7 ton GKG/Ha
Ketahanan terhadap hama dan penyakit	: Rentan terhadap hama wereng coklat biotipe 2 dan 3, rentan terhadap penyakit hawar daun bakteri strain 4, rentan terhadap penyakit tungro.
Keterangan	: Baik ditanam di Kabupaten Cianjur.
Peneliti Pemulia	: 1. Dr. Aan A. Daradjat 2. Ir. Suwito MS.
Tim Peneliti	: Aan A. Daradjat, Suwito, Mariani P, Hamzah B, Mamat R, Supardi, Hardedi, M. Jumadi, Tuteng Dj, Tansyah A, Iyus R, Machpudin dan H. Mansyur.

Lampiran 4. Denah tata letak petak percobaan

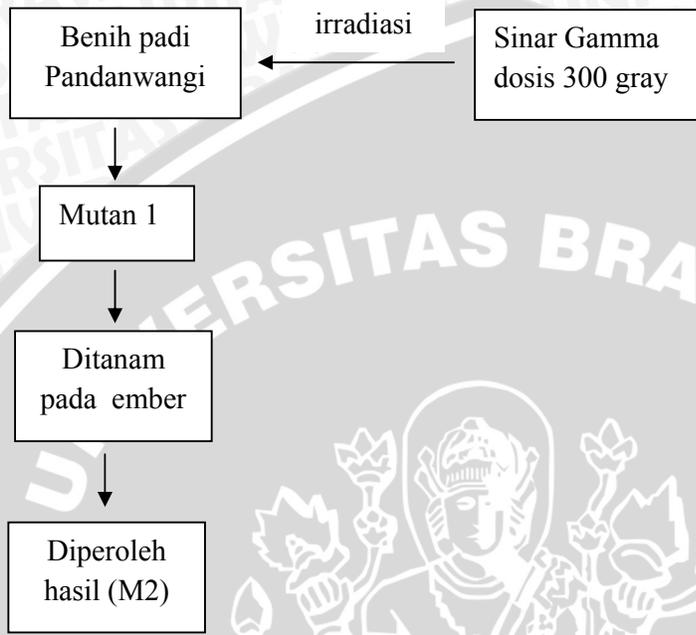


Keterangan :

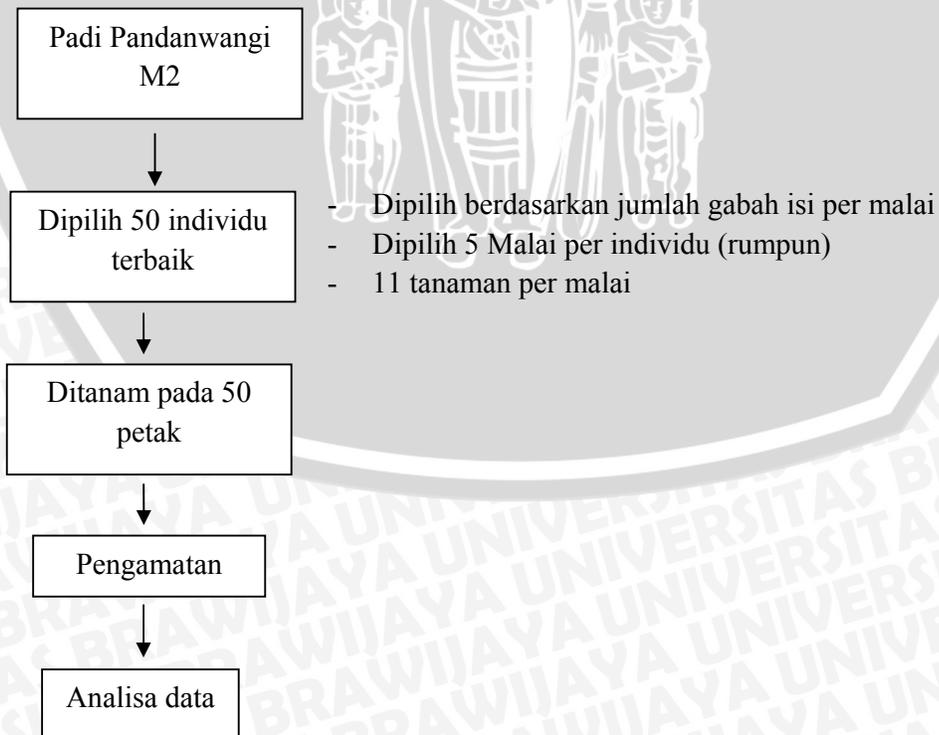
1. Sistem tanam yang digunakan adalah jajar legowo dengan jarak tanam (20 cm x 40 cm) tidak ada jarak antar blok ataupun plot.
2. Tiap blok terdiri dari 10 plot rumpun M1 dan satu plot kontrol
3. Tiap plot terdiri dari baris tanaman, masing-masing baris berisi 11 individu tanaman (2 border, 9 individu yang diamati)

Lampiran 5. Alur penelitian

Alur penelitian M1



Alur penelitian M2



Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian



Pertanaman padi Pandanwangi generasi mutan 2 umur 60 hss (hari setelah semai)



Perbedaan waktu anthesis padi



Mutan2 berbulu



Mutan 2 tidak berbulu



Mutan 2 berbulu dan bentuk gabah *medium* Mutan 2 tidak berbulu dan bentuk gabah *slim*

Lanjutan



Eksersi malai penuh



Eksersi malai sedang



Eksersi sebatas leher malai



Eksersi sebatas leher malai



Fenomena sterilitas



Bentuk gabah *slim*



Bentuk gabah *medium*



Bentuk gabah *bold*