2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Padi

Padi adalah tanaman penghasil beras yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Padi diduga berasal dari India atau Indocina dan masuk ke Indonesia dibawa oleh nenek moyang yang migrasi dari daratan Asia sekitar 1500 SM. Produksi padi dunia menempati urutan ketiga dari semua serealia, setelah jagung dan gandum. Namun demikian, padi adalah sumber karbohidrat utama bagi mayoritas penduduk dunia (Purnomo dan Hanny, 2007). Tanaman padi termasuk family tumbuhan *Poaceae* atau rumput-rumputan dengan batang yang tersusun dari beberapa ruas. Tanaman padi memiliki sifat merumpun, yang dalam waktu singkat bibit padi yang ditanam hanya satu batang dapat membentuk rumpun sejumlah 20 sampai 30 anakan (Siregar, 1992).

Dari sekian banyak varietas, tanaman padi dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu golongan Indica dan Japonica. Menurut Irawan dan Kartika (2008), perbandingan karakteristik padi Indica dan Japonica dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Padi Indica dan Padi Japonica

Ciri Pembeda	Padi Indica	Padi Japonica
Jumlah anakan	Sedikit - banyak (6-29)	Sedikit (6-16)
Permukaan daun	Berbulu halus-kasar	Berbulu kasar
Permukaan bulir	Berbulu pendek, jarang – rapat	Berbulu panjang, rapat
Ekor pada ujung bulir	Tidak ada	Ada
Bentuk gabah	Sedang – ramping	Membulat – sedang
Ukuran gabah	Pendek – sangat panjang (7,5-10 mm)	Sedang – sangat panjang (8-10 mm)
Permukaan gabah	Berbulu pendek, jarang – rapat	Berbulu panjang – rapat
Ekor pada ujung gabah	Tidak ada	Ada
Kerontokan gabah	Mudah – sukar	Sukar
Umur tanam	Cepat (4-5 bulan)	Lama (5-6 bulan)

Padi golongan Indica pada umumnya terdapat di Negara-negara yang termasuk daerah tropis sedangkan padi Japonica pada umumnya terdapat di Negara-negara di luar daerah tropis. Padi yang ditanam di Indonesia banyak dari golongan Indica (Siregar, 1992).

2.2 Padi Hibrida

Padi hibrida adalah keturunan pertama dari hasil persilangan antara kedua genotip yang berbeda. Turunan pertama tersebut memiliki sifat kedua tetuanya. Jika sifat-sifat tetua yang saling mendukung bergabung akan menghasilkan turunan yang memiliki gabungan sifat yang lebih baik dari kedua tetuanya. Berbeda dengan padi biasa (inbrida), keturunan kedua hibrida yang sama tidak sebaik hibridanya. Untuk itu harus selalu ada galur mandul jantan, galur pelestari dan galur pemulih kesuburan untuk setiap kali akan memproduksi benih hibrida (Anonymous, 2006[a]).

Varietas unggul padi hibrida yang dilepas di Indonesia dirakit dengan menggunakan sistem tiga galur yaitu galur mandul jantan (GMJ/CMS atau galur A), galur pelestari (maintainer atau galur B) dan tetua jantan yang sekaligus berfungsi sebagai pemulihan kesuburan (restorer atau galur R). Varietas padi hibrida yang dirakit dengan menggunakan sistem tiga galur tersebut, dilaporkan rentan terhadap hama penyakit, salah satunya ialah penyakit hawar daun bakteri (HDB) (Satoto, Murdani dan Triny, 2008). Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, setiap kali menanam padi hibrida harus menggunakan benih baru. Hasil panen padi hibrida dianjurkan untuk tidak digunakan sebagai benih atau ditanam kembali (Suwarno *et al*., 2002).

Teknologi padi hibrida dikembangkan atas dasar pemanfaatan pengaruh heterosis dari tetua-tetuanya. Heterosis atau disebut juga sebagai vigor hibrida adalah fenomena F1 yang bersifat superior melebihi tetua-tetuanya. Menurut Solekha (2014), ekspresi heterosis ini hanya terdapat pada generasi pertama, sehingga untuk mendapatkan karakter unggul, petani harus selalu embeli benih hibrida dari produsen benih. Heterosis dapat bersifat positif maupun negatif. Baik heterosis positif maupun heterosis negatif bermanfaat dalam pengembangan galur hibrida tergantung pada

tujuan pemuliaan yang diinginkan. Heterosis positif dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang tinggi sedangkan heterosis negatif banyak digunakan untuk memperoleh tanaman dengan umur berbunga lebih genjah.

Pada kombinasi persilangan tertentu, gejala heterosis yang muncul mampu meningkatkan potensi hasil varietas padi sebesar 15-20% lebih tinggi dibandingkan dengan varietas inbrida yang banyak ditanam petani (Komarudin dan Kartasasmita, 2003). Cina adalah negara pertama di dunia yang menggunakan padi hibrida secara komersial sejak tahun 1976 dan di negara tersebut luas areal pertanaman padi hibrida meningkat hingga mencapai 17 juta ha dengan rata-rata hasil 6-7 ton/ha. Pengujian daya hasil padi hibrida sejak tahun 1982 hingga 1985 menunjukkan keunggulan dibandingkan padi inbrida dalam hasil gabah kering dan umur (Lestari *et al*., 2007).

2.3 Galur Mandul Jantan (GMJ)

Mandul jantan adalah suatu kondisi bunga dimana tanaman tidak mampu memproduksi polen fungsional. Sistem mandul jantan berfungsi mempermudah produksi benih hibrida dari sejumlah tanaman menyerbuk sendiri seperti padi, Pengembangan padi hibrida dengan menggunakan sistem GMJ sitoplasmik-genetik mutlak memerlukan tetua jantan yang disebut galur pemulih kesuburan (*restorer line*).

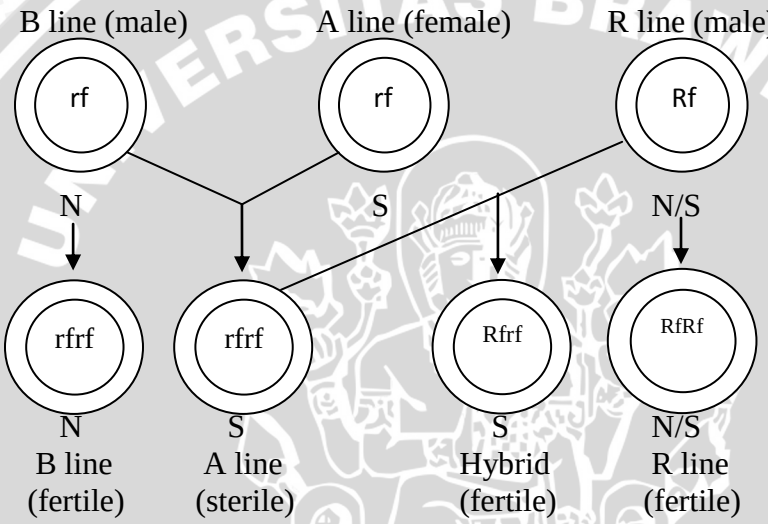
Sifat kemandulan yang mantap dan stabil merupakan salah satu sifat yang harus dimiliki oleh galur mandul jantan, karena kestabilan merupakan faktor penentu untuk meningkatkan produksi benih hibrida. Selain itu galur mandul jantan harus memiliki potensi persilangan alami yang tinggi, dan beradaptasi baik dimana padi hibrida akan dikembangkan, tahan hama-penyakit, sifat agronomi dan daya gabung yang baik. Sampai saat ini galur mandul jantan yang diperoleh sudah lebih tahan terhadap hama penyakit utama di daerah tropis, tetapi potensi persilangan alami dan kemandulan tepung sarinya masih rendah. Upaya untuk memaksimalkan potensi heterosis pada hibrida turunannya dapat ditempuh dengan memurnikan dan menstabilkan galur mandul jantan (Munarso, Sutaryo dan Swarno., 2001).

Melalui pembuahan, induk betina menyumbangkan nukleus haploid berikut sitoplasmanya melalui sel telur, sedangkan induk jantan, melalui serbuk sarinya, hanya memberikan nukleus haploid yang sitoplasmanya hampir tidak dijumpai. Melalui sitoplasma betina, hasil ini diteruskan dari generasi ke generasi (Welsh, 1991). Perbanyakan galur mandul jantan merupakan satu langkah penting dalam pengembangan padi hibrida. Galur mandul jantan tersebut tidak dapat menghasilkan biji sendiri, maka perlu disilangkan dengan galur pelestari pasangannya (Munarso, Sutaryo dan Suwarno, 2001).

Pemanfaatan mandul jantan dimaksudkan untuk menghindari tindakan emaskulasi, sehingga persarian lebih efektif dan pembentukan hibrida secara komersial menjadi lebih ekonomis. Oleh karena itu, pembentukan padi hibrida masih bertumpu pada sistem tiga galur utama, yaitu galur mandul jantan atau *cytoplasmic male sterile line* (A), galur pelestari atau *maintainer line* (B), dan galur pemulih kesuburan atau *restorer* (R) (Satoto, Utomo dan Widyastuti, 2008).

Menurut Virmani, *et al* (2003) mandul jantan dikontrol oleh interaksi antara faktor genetik S yang berada pada sitoplasma dan gen inti. Diketahui bahwa faktor mandul jantan S terletak pada DNA mitokondria di sitoplasma. Suatu galur A akan menjadi mandul jantan apabila di dalam sitoplasma terdapat gen S dan di dalam inti sel terdapat alel resesif (rf) yang merupakan alel pengendali kesuburan. Galur pelestari (galur B) adalah galur yang memiliki gen inti sama dengan galur A, akan tetapi berbeda pada gen sitoplasma. Galur pelestari membawa gen N (normal) pada sitoplasma sehingga bersifat fertil. Akan tetapi apabila galur B (sebagai tetua jantan) disilangkan dengan galur A (sebagai tetua betina), maka galur A dapat melestarikan sifat mandul pada keturunannya karena gen pada sitoplasma galur B diwariskan kembali pada keturunannya. Suatu galur pemulih (galur R) memiliki gen pemulih kesuburan (Rf) yang bersifat dominan dan berbeda dengan galur A. Persilangan antara galur A sebagai tetua betina dan galur R sebagai tetua jantan dapat memulihkan kesuburan pada hibridanya (F1).

Gen pemulih kesuburan bersifat homozigot dominan (RfRf) atau heterozigot (Rfrf) mampu memulihkan kesuburan pada generasi F1 meskipun pada sitoplasma terdapat gen S pembawa sifat mandul yang diturunkan dari tetua bentina (galur A). Sistem ilustrasi CMS seperti pada gambar 1. Beberapa kemungkinan kombinasi gen pengendali pemulih kesuburan (restorer) dalam inti sel dan gen pengendali kemandulan dalam sitoplasma adalah S rfrf (sterile, CMS), N rfrf (fertile, *maintainer*), S/N RfRf (fertile, *restorer*) dan S Rfrf (fertile, hibrida).



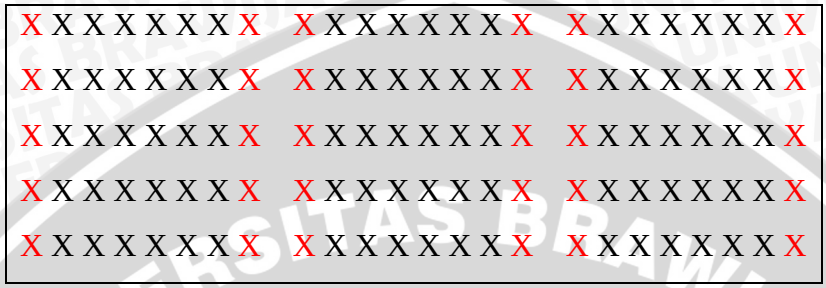
Gambar 1. Skema persilangan pada sistem tiga galur. N = Normal, S = Steril, A line = CMS, B line = Maintainer dan R line = Restorer (Virmani *et al*., 1997).

Produksi benih hibrida terdiri dari 2 tahap yaitu perbanyakan CMS dan produksi benih hibrida.

1. Perbanyakan galur CMS

Untuk memperbanyak galur CMS dibutuhkan galur pelestari (maintainer) kemudian disilangkan antara galur CMS dan galur maintainer baik secara alami maupun manual pada lahan yang telah diisolasi baik waktu tanam maupun jaraknya. Untuk memperoleh keberhasilan dalam memproduksi galur CMS, galur CMS ditanam dalam 6 atau 8 baris dan disela-selanya ditanam 2 baris galur maintainer secara berseling-seling (Gambar 2). Karena terdapat perbedaan durasi pertumbuhan

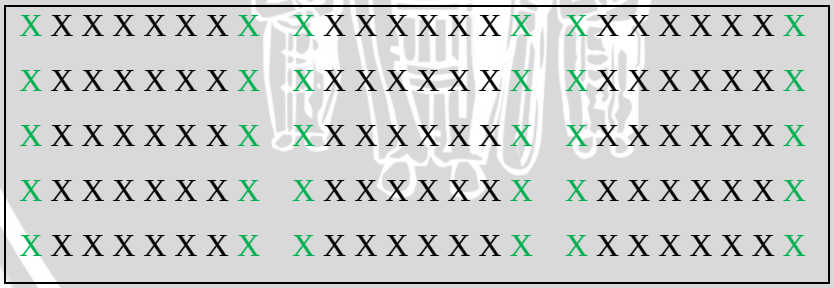
galur A dan B, maka waktu persemaian diatur sehingga masaknya bunga bersamaan (misalnya menjepitan daun bendera, aplikasi GA3) digunakan untuk meningkatkan tingkat keberhasilan persilangan alami.



Gambar 2. Penanaman untuk Perbanyakan Galur Mandul Jantan, ■ = CMS, ■ = Maintainer (Virmani *et al*., 1997).

2. Produksi benih hibrida

Produksi benih hibrida dilakukan dengan persilangan galur CMS dengan galur restorer terpilih yang ditanam dengan tanaman betina dan jantan dengan isolasi jarak dan waktu. Galur CMS biasanya ditanam dengan ditanam 6-8 baris dan disela-sela, ditanami 2 baris restorer secara berselingan (Gambar 3). Tanggal semai galur A dan R diatur agar pembungaan keduanya dapat bersamaan saat terjadi penyerbukan.



Gambar 3. Penanaman untuk Produksi Benih Hibrida, ■ = CMS, ■ = Restorer (Virmani *et al*., 1997).

Karakter yang diinginkan dalam perakitan GMJ adalah laju persilangan alami tinggi, sterilitas tepung sari 100% dan stabil, kemandulannya mudah dipulihkan, mampu menyesuaikan dengan lingkungannya, tahan terhadap hama dan penyakit

utama, mempunyai daya gabung yang baik dengan berbagai galur pemulih kesuburan, tanaman sedang (semidwarf), malai keluar sempurna, stigma keluar lebih dari 70%, dan kualitas biji baik (Virmani *et al*., 1997). Namun pembentukan GMJ masih banyak mengalami kendala. Sangat sulit mendapatkan GMJ dengan tingkat sterilitas 100% dan stabil di daerah tropika.

2.4 Uji Sterilitas Tepung Sari

Kemandulan tepungsari pada padi dapat diamati secara visual dan mikroskopis. Secara visual tepung sari dinyatakan mandul, apabila kepala sari (*anthera*) berwarna pucat dan tidak ada tepungsari. Tepung sari dinyatakan subur apabila kepala sari berwarna kuning dan terdapat banyak tepung sari (Munarso, Sutaryo dan Swarno., 2001). Malai biasanya tidak keluar penuh, bagian bawah (basal) tetap dalam pelepah daun bendera, kepala sari pucat atau putih dan berkerut dan waktu pembungaan biasanya berlangsung selama 7 hari. Secara visual galur CMS yang diinginkan yaitu malai (*panicle*) harus sejauh mungkin keluar dari daun bendera, setiap malai mengandung paling sedikit 100 butir gabah (*spikelet*), bunga harus terbuka lebar dan tetap terbuka selama paling sedikit 45 menit atau lebih, bunga yang sempurna harus mempunyai stigma (kepala putik) dan menyembul keluar, dan kepala putik masih dapat menerima penyerbukan selama 5-7 hari (Anonymous, 2006[b]).

Secara mikroskopis, tepung sari dinyatakan mandul apabila diberi larutan IKI 1% tidak memberikan reaksi pewarnaan (warnanya kuning jernih), sedangkan tepungsari yang subur bila diberi senyawa tersebut akan berubah menjadi biru (Munarso, Sutaryo dan Swarno., 2001). Pengamatan sterilitas serbuk sari secara mikroskopis dapat dilakukan berdasarkan Virmani *et al*., (1997) yaitu dengan mengumpulkan 15–20 bunga dari 12 tanaman dan difiksasi dengan alkohol 70%. Tepung sari ditempatkan pada kaca preparat dan ditetesi dengan zat pewarna 1% *Iodine Potassium Iodide* (IKI). IKI dibuat dengan mencampur 1 g *Iodine* dan 2 g *Potassium Iodide* pada 100 ml air. Serbuk sari yang sudah ditetesi IKI kemudian

ditekan dengan penutup kaca preparat (*cover glass*) dan siap untuk diamati pada mikroskop dengan perbesaran 10 x 10.

Category	Appearance	Classification
Unstained withered sterile (UWS)		Sterile
Unstained spherical sterile (USS)		Sterile
Stained round (light) sterile (SRS)		Sterile
Stained round fertile (SRF)		Fertile

Gambar 4. Klasifikasi polen yang dinyatakan steril atau fertil berdasarkan bentuk, ukuran, dan pewarnaan (Virmani *et al*., 1997).

Sterilitas polen diklasifikasikan berdasarkan bentuk, ukuran, dan pewarnaan (gambar 7). Polen yang layu dan tidak terwarnai (*unstained withered, unstained spherical*) atau terwarnai sebagian (*partially stained round*) dikelompokkan sebagai polen steril, sedangkan yang berwarna (*stained round*) merupakan polen yang fertil. Persentase polen fertil merupakan rasio dari jumlah polen fertil terhadap jumlah total polen pada tiga daerah pengamatan mikroskop. Kemandulan polen pada setiap galur mandul jantan perlu diamati untuk memastikan bahwa galur-galur tersebut benar-benar memiliki kemandulan tepung sari yang murni sebelum digunakan untuk produksi benih hibrida.

Pollen sterility (%)	Category
100	Completely sterile (CS)
91-99	Sterile (S)
71-90	Partially sterile (PS)
31-70	Partially fertile (PF)
21-30	Fertile (F)
0-20	Fully fertile (FF)

Gambar 5. Galur mandul jantan diklasifikasikan berdasarkan persentase sterilitas polen (Virmani *et al*., 1997).

2.5 Keragaman Genetik

Pemilihan galur-galur harapan menentukan potensi perbaikan genetik yang maksimum yang dapat diharapkan dari pemuliaan, sedangkan cara atau prosedur pemuliaan yang dipakai menentukan berapa dari potensial maksimum dapat dicapai (Moedjiono dan Mejaya, 1994). Keberhasilan suatu kegiatan pemuliaan tanaman pada hakekatnya sangat tergantung pada ragam genetik populasi dasar. Pemuliaan mempergunakan prinsip genetika untuk memperbaiki suatu tanaman. Untuk memuliakan suatu tanaman, adanya keragaman genetik merupakan syarat mutlak. Dengan adanya keragaman, memudahkan kita untuk memilih tanaman dengan sifat-sifat yang kita inginkan.

Ragam genetik adalah bagian dari ragam fenotip yang dapat dianggap sebagai suatu perbedaan yang disebabkan genotip. Ragam lingkungan adalah bagian dari ragam fenotipe yang dianggap sebagai perbedaan yang disebabkan oleh lingkungan yang berbeda. Penampilan suatu sifat tidak dapat dikatakan secara mutlak oleh faktor lingkungan atau faktor genetik. Meskipun demikian harus dapat dibedakan apakah keragaman yang diamati pada suatu sifat terutama disebabkan oleh faktor genetik atau faktor lingkungan.

Sumber daya genetik yang beragam penting bagi kegiatan pemuliaan tanaman, karena keragaman genetik ialah sumber setiap program pemuliaan tanaman. Apabila terdapat keragaman genetik, maka kemungkinan besar penampilan dari karakter tanaman juga akan beragam. 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 memberi hasil yang lebih baik. Besarnya kenaikan hasil yang diperoleh tersebut diperkirakan dari kemajuan genetiknya.

Menurut Das *et al*., (2013) pada program pemuliaan hibrida, pemanfaatan galur-galur tetua dengan menggunakan keragaman yang sesuai merupakan prinsip utama dalam mengeksploitasi F1 yang memiliki tingkat vigor hibrida semaksimal mungkin. Untuk memperoleh galur-galur tetua yang baik pada teknologi padi hibrida

diperlukan pendugaan keragaman genetik di antara tetua-tetuanya. Analisis varian (anova) digunakan untuk mengetahui tingkat perbedaan variasi pada karakter-karakter dari genotip yang diuji.

Martono (2004) menyatakan bahwa sebelum menetapkan metode seleksi yang akan digunakan dan kapan seleksi akan dimulai, perlu diketahui berapa besar keragaman genetik, karena keragaman genetik akan berpengaruh terhadap keberhasilan suatu proses seleksi dalam program pemuliaan tanaman. Tetapi dengan melihat keragaman genetic saja sangat sulit untuk mempelajari suatu karakter. Untuk itu, diperlukan parameter genetik lain seperti heritabilitas. Heritabilitas menentukan keberhasilan seleksi karena heritabilitas dapat memberikan petunjuk suatu sifat lebih dipengaruhi oleh faktor genetik atau faktor lingkungan. Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa faktor genetik lebih berperan dalam mengendalikan suatu sifat dibandingkan faktor lingkungan. Suprapto dan Narimah (2007) mengatakan bahwa nilai heritabilitas suatu sifat tergantung pada tindak gen yang mengendalikan sifat tersebut. Jika heritabilitas dalam arti sempit suatu sifat bernilai tinggi, maka sifat tersebut dikendalikan oleh tindak gen aditif pada kadar yang tinggi. Sebaliknya jika nilai heritabilitas dalam arti sempit suatu sifat bernilai rendah, maka sifat tersebut dikendalikan oleh tindak gen bukan aditif (dominan dan epistasis) pada kadar yang tinggi. Jika heritabilitas dalam arti luas suatu sifat bernilai tinggi, maka sifat tersebut dikendalikan oleh faktor genetik. Jika heritabilitas dalam arti luas suatu sifat bernilai rendah, maka sifat tersebut dikendalikan oleh faktor lingkungan.

Gen aditif adalah aksi gen yang saling menambah, satu alel memberi nilai atau kontribuasi yang sama terhadap perubahan karakter sifat yang dipengaruhi. Gen dominan adalah aksi gen dimana alel yang satu bersifat dominan terhadap alelnya sendiri. Gen epistasis adalah aksi gen dimana alel satu menutupi alel yang lainnya yang berbeda alel sehingga terjadi interaksi antar alel.

Heritabilitas dari suatu populasi bersegregasi penting untuk diketahui untuk memahami besarnya ragam genetik yang mempengaruhi suatu fenotip tanaman. Nilai duga heritabilitas yang akurat juga perlu untuk membangun sistem seleksi dan evaluasi yang optimum. Nilai duga heritabilitas yang diperoleh sangat beragam

tergantung dari populasi, generasi dan metode pendugaannya. Untuk menduga nilai heritabilitas diperlukan beberapa pupulasi yaitu homogen dan populasi heterogen (populasi bersegregasi). Populasi homogen dapat berupa populasi tetuanya atau populasi tanaman hibrida dan populasi heterogen dapat berupa populasi tanaman bersegregasi (Susiana, 2006). Jika ragam genetik untuk setiap generasinya semakin besar maka nilai heritabilitas akan meningkat dan dikatakan bahwa karakter tersebut sebagian besar disebabkan oleh faktor genetik. Heritabilitas dapat digunakan sebagai strategi untuk menyeleksi genotip-genotip dalam populasi.