

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Padi

Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan utama di Indonesia dan beberapa negara lain di dunia (Song *et al.*, 2003). Produksi padi dunia saat ini menempati urutan ketiga dari semua sereal setelah jagung dan gandum (Purnamaningsih, 2006). Padi termasuk tanaman pangan golongan *Cerealia* (Marlina, *et al.*, 2012). Berdasarkan sistematika tumbuhan diklasifikasikan dalam Divisi *Spermatophyta*, Kelas *Monocotyledoneae*, Ordo *Poales*, Famili *Graminae*, Genus *Oryza*, Spesies *Oryza sativa* L. (Azhar, 2010).

Berdasarkan tempat budidayanya, padi dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu padi sawah, padi ladang (gogo) dan padi rawa (hidup di air yang dalam) (Supartopo, 2006). Budidaya dengan sistem padi ladang di Indonesia lebih dahulu dikenal daripada sistem padi sawah. Hal ini dikarenakan pola budaya nenek moyang yang hidup secara *nomaden* (berpindah-pindah) sehingga saat suatu lahan pertanian sudah menurun kesuburannya, maka mereka akan membuka lahan atau ladang baru untuk ditanami berbagai tanaman termasuk padi ladang (Utama, 2015).

Berikut adalah data luas panen, produktivitas dan produksi tanaman padi sawah dan padi ladang (gogo) di Indonesia:

Tabel 1. Perkembangan Luas Panen, Produktivitas, dan Produksi Padi Sawah Menurut Wilayah Tahun 2013-2015 (Haryonono, 2015)

Uraian	Tahun			
	2013	2014	2015	2016
a. Luas Panen (ha)				
- Jawa	6.034.176	5.985.129	6.057.258	6.474.373
- Luar Jawa	6.637.827	6.681.218	6.971.979	7.511.544
- Indonesia	12.672.003	12.666.347	13.029.237	13.985.927
b. Produktivitas (ku/ha)				
- Jawa	59,03	58,24	60,84	58,99
- Luar Jawa	47,86	48,26	46,47	44,83
- Indonesia	53,18	52,98	55,08	53,97
c. Produksi(ton)				
- Jawa	35.621.053	34.855.679	26.314.680	39.129.364
- Luar Jawa	31.770.555	32.246.682	45.451.816	36.356.865
- Indonesia	67.391.608	67.102.361	71.766.496	75.486.229

Keterangan : Kualitas produksi padi ladang adalah Gabah Kering Giling (GKG)

Tabel 2. Perkembangan Luas Panen, Produktivitas dan Produksi Padi Gogo Menurut Wilayah Tahun 2013-2015 (Haryonono, 2015)

Uraian	Tahun			
	2013	2014	2015	2016
a. Luas Panen (ha)				
- Jawa	432.897	414.909	371.868	406.469
- Luar Jawa	730.532	716.051	715.533	764.557
- Indonesia	1.163.249	1.130.960	1.087.401	1.171.026
b. Produktivitas (ku/ha)				
- Jawa	43,24	43,56	42,69	41,25
- Luar Jawa	27,60	27,05	28,23	27,03
- Indonesia	33,42	33,11	33,39	33,07
c. Produksi(ton)				
- Jawa	1.871.967	1.807.370	1.660.352	1.764.295
- Luar Jawa	2.016.134	1.936.734	1.970.993	2.107.916
- Indonesia	3.888.101	3.744.104	3.631.345	3.872.211

Keterangan : Kualitas produksi padi ladang adalah Gabah Kering Giling (GKG)

Berdasarkan data perkembangan luas panen, produktivitas dan produksi padi gogo di Jawa mayoritas mengalami penurunan dari tahun 2013 hingga 2015. Penurunan ini terjadi karena di daerah Jawa didominasi oleh lahan sawah (Winoto, 2005). Sedangkan di Luar Jawa menunjukkan peningkatan produksi padi gogo dari tahun 2015 ke 2016. Berdasarkan tabel 1 dan 2 dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan produksi padi sawah pada tahun 2014-2016 sedangkan padi gogo mengalami peningkatan produksi pada tahun 2014-2015. Faktor yang menyebabkan produktivitas padi gogo lebih rendah dari padi sawah karena padi gogo hanya ditanam sekali setahun pada awal musim hujan (Prasetyo, 2002). Berbagai varietas unggul padi gogo telah dilepas di Indonesia yang memiliki keunggulan masing-masing. Salah satu varietas padi gogo adalah varietas Situ Bagendit. Potensi hasil padi gogo Situ Bagendit mencapai 6 ton gabah kering giling per hektar (Lampiran 5). Padi gogo Situ Bagendit mempunyai tinggi 99-105 cm dengan masa pemeliharaan 110-120 hari. Padi gogo Situ Bagendit memiliki tekstur nasi pulen cukup tahan penyakit blas dan tungro serta agak terhadap penyakit hawar. Selain varietas Situ Bagendit terdapat pula varietas Inpago Unsoed 1 (Lampiran 8) yang memiliki potensi hasil cukup tinggi yakni sekitar 7,2 ton ha⁻¹ (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, 2010).

Sedangkan untuk varietas padi sawah yang banyak ditanam oleh petani adalah padi Ciherang yang dilepas tahun 2000. Varietas ciherang merupakan hasil

persilangan antara varietas IR64 dengan varietas/ galur lain IR18349-53-1-3-1-3/3 (Lampiran 7). Selain varietas Ciherang ada pula varietas padi sawah yang lain yaitu varietas IR64 (Lampiran 6). Varietas IR64 dapat beradaptasi dengan baik pada wilayah Jawa Timur. Selain itu varietas ini mempunyai potensi hasil sekitar 6 ton ha⁻¹ (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, 2010).

2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Padi

Padi merupakan tanaman yang mudah ditemui dimana-mana, namun tanaman padi tidak dapat tumbuh di sembarangan tempat. Padi memerlukan lingkungan yang mendukung, diantaranya adalah iklim dan tanah. Iklim sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman termasuk padi. Tanaman padi sawah dapat tumbuh dengan baik di daerah tropis pada 45°LU sampai 45°LS, cuaca panas dan kelembaban tinggi dengan musim hujan 4 bulan. Intensitas sinar matahari cukup terutama pada proses pengembungan dan kemasakan buah. Curah hujan yang baik, rata-rata 200 mm bulan⁻¹ atau 1.300-2.000 mm tahun⁻¹ dengan distribusi selama 4 bulan. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman padi adalah 23 °C dan ketinggian tempat yang cocok untuk tanaman padi berkisar antara 0-1500 mdpl. Tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman padi sawah adalah tanah sawah yang memiliki pH tanah berkisar antara 4-7 (Hasanah, 2007).

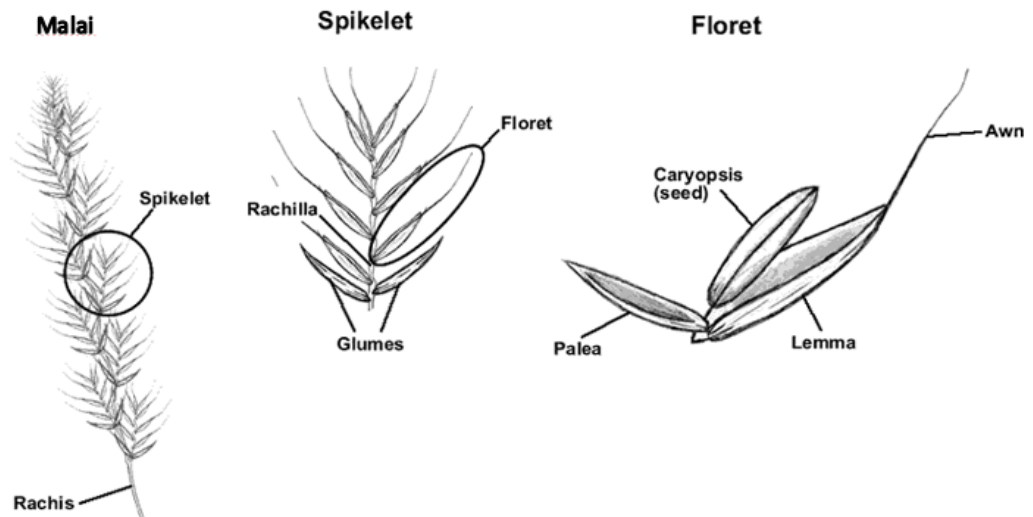
Pada tanaman padi sawah cocok ditanam pada lahan sawah bertekstur tanah berlumpur serta subur. Memiliki ketebalan lapisan olah tanah sedalam 18-22 cm dan pH berkisar antara 4,0-7,0. Tanah sawah yang mempunyai persentase fraksi pasir dalam jumlah besar kurang baik untuk tanaman padi, sebab tekstur ini mudah meloloskan air (Lopulisa, 2004).

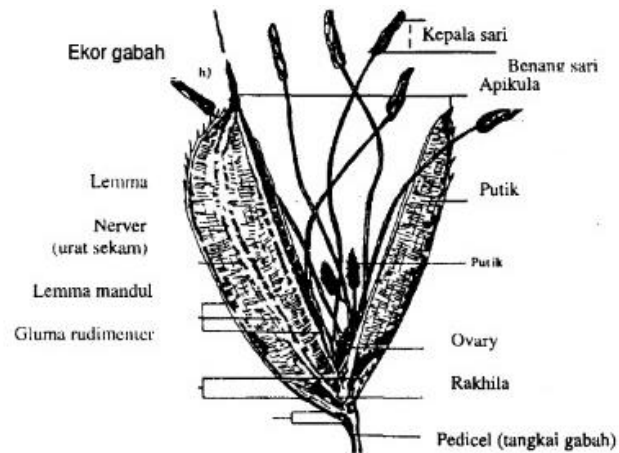
Faktor iklim terutama curah hujan merupakan faktor yang sangat menentukan keberhasilan budidaya padi gogo. Hal ini disebabkan kebutuhan air untuk padi gogo yang hanya mengandalkan air hujan. Pertumbuhan padi gogo juga dipengaruhi oleh sifat fisik, kimia dan biologi tanahnya. Tanah yang cocok bervariasi mulai dari yang berliat, berdebu halus, berlempung halus sampai tanah kasar dan air yang tersedia diperlukan cukup banyak. Sebaiknya tanah tidak berbatu, jika ada harus <50%. Keasaman (pH) tanah bervariasi dari 5,5 sampai 8,0 (Perdana, 2011).

2.3 Bunga Padi

Perkembangan bunga padi dapat dibagi menjadi dua tahapan, yaitu tahap pra-pembungaan dan tahap pembungaan. Tahap pra-pembungaan didasarkan pada perkembangan organ seksual (jantan dan betina) yang terdiri dari (1) pembentukan serbuk sari, (2) perkembangan ovarium yang merupakan ruang yang menyelubungi bakal biji, pada tahap ini jaringan pada bakal biji terbentuk dan mulai berkembang, (3) pembentukan kantung embrio yang merupakan tempat penyimpanan nutrisi bagi embrio. Pada saat kantung embrio selesai terbentuk, organ-organ bunga lainnya siap untuk pembungaan dan pembuahan.

Keseluruhan bunga padi disebut dengan malai (Makarim dan Suhartatik, 2009). Tiap unit bunga malai dinamakan *spikelet* yang terdiri dari tangkai, bakal buah, *lemma*, *palea*, putik dan benang sari. Bunga padi sebagai bunga majemuk dengan satuan bunga berupa *floret*. *Floret* tersusun dalam *spikelet*, khusus untuk padi satu *spikelet* memiliki beberapa *floret* (Gambar 1). Satu *floret* berisi satu bunga yang terdiri atas satu organ betina (*pistil*) dan 6 organ jantan (*stamens*) (Gambar 2). *Stamen* adalah organ jantan yang menjadi salah satu rute utama dari aliran gen yang berfungsi dalam penyerbukan silang dan merupakan perhatian utama dalam rekayasa genetika tanaman (Ma, 2005).





Gambar 1. Struktur Malai Padi (Chang, 1976)

Pada dasar bunga yang letaknya berdekatan dengan *palea* terdapat dua struktur transparan yang dinamakan *lodikula* (Gambar 2). Pada pangkal bunga terdapat *lodikula* atau daun bunga yang telah berubah bentuk. *Lodikula* mempunyai fungsi mengatur pembuahan pada *palea*. Pada waktu berbunga bagian ini mengembang karena menghisap air dari bakal buah. Perubahan bentuk ini mendorong *lemma* dan *palea* menjadi terbuka dan terpisah (Hasyim, 2000). Sudut membukanya bunga pada saat pembungaan maksimum adalah 25-30°. Hal ini memungkinkan benang sari yang memanjang keluar dari bagian atas atau samping bunga yang telah membuka. Pada saat tertentu seperti hujan, temperatur terlalu rendah atau tinggi, *lodikula* akan menyusut dan menyebabkan bunga padi menutup.



Gambar 2. (a) *Pistil* (organ betina), (b) *Stamen* (organ jantan) dan (c) *Lodikula* bunga padi (IRRI, 2007)

Terbukanya bunga diikuti oleh pecahnya kepala sari yang kemudian menumpahkan serbuk sarinya. Setelah pecah dari kepala sari, serbuk sari pada kondisi normal akan kehilangan viabilitasnya dalam 5 menit. Sedangkan pada padi liar, viabilitas serbuk sari dapat bertahan sampai 9 menit. Bunga padi dapat membuka selama 1-3 jam dan menutup setelah *anthesis*, setelah itu bunga tidak pernah lagi membuka.

2.4 Persilangan Tanaman Padi

Persilangan tanaman padi yang dilakukan dapat menghasilkan benih F1. Menurut Virmani (2002) benih padi F1 dikategorikan sebagai benih unggul yang mampu menghasilkan gabah 15-20% lebih tinggi. Persilangan padi dapat dilakukan secara alami maupun buatan. Persilangan padi secara alami dapat terjadi dengan bantuan angin sedangkan persilangan buatan melalui bantuan manusia. Persilangan padi secara buatan pada umumnya hanya dapat terjadi sekitar 0,2-0,7% pada tanaman padi. Hal ini disebabkan tanaman padi merupakan tanaman menyerbuk sendiri yang memiliki jenis bunga hermaprodit. Harahap (1982) menyatakan bahwa terdapat beberapa metode persilangan buatan yang dapat dilakukan untuk mendapatkan varietas unggul padi, yaitu metode silang tunggal (*single cross*) merupakan persilangan padi yang hanya melibatkan dua tetua saja, metode silang puncak (*top cross*) merupakan persilangan antara F1 dan tetua lainnya, metode silang ganda (*double cross*) merupakan persilangan antara F1 dan F1 dari persilangan tunggal, metode silang balik (*back cross*) merupakan persilangan F1 dengan salah satu tetuanya serta metode silang banyak (*multi cross*) merupakan persilangan yang melibatkan lebih dari empat tetua.

Persilangan dilakukan dengan 2 macam teknik persilangan. Teknik persilangan yang umum digunakan adalah teknik tabur dan teknik tempel. Teknik tabur dilakukan dengan cara serbuk sari digoyang-goyangkan di atas kepala putik yang telah siap diserbuki agar serbuk sari dapat menempel dan membuahi putik. Sedangkan untuk teknik tempel dilakukan dengan cara menempelkan benang sari ke kepala putik dengan pinset. Teknik tempel (Gambar 3) dilakukan dengan cara memotong 1/3 bagian dari *palea* dan *lemma* bunga padi, kemudian serbuk sari yang masih dalam bunga tersebut ditempelkan diatas bunga betina yang telah dikastrasi. Setelah bunga diserbuki segera ditutup dengan sungkup (Soedyanto, 1978) dan pada setiap malai diberi identitas (Gambar 4) tanggal persilangan, nama tetua padi, jumlah malai yang disilangkan dan nama orang yang menyilangkan (Harahap, 1982).



Gambar 3. Tahapan Persilangan Pada Tanaman Padi. Ket : (a) Bunga Padi; (b) Kastrasi dan Emaskulasi; (c) Polinasi pada teknik tempel; (d) Penyungkupan (Ardian, 2013).

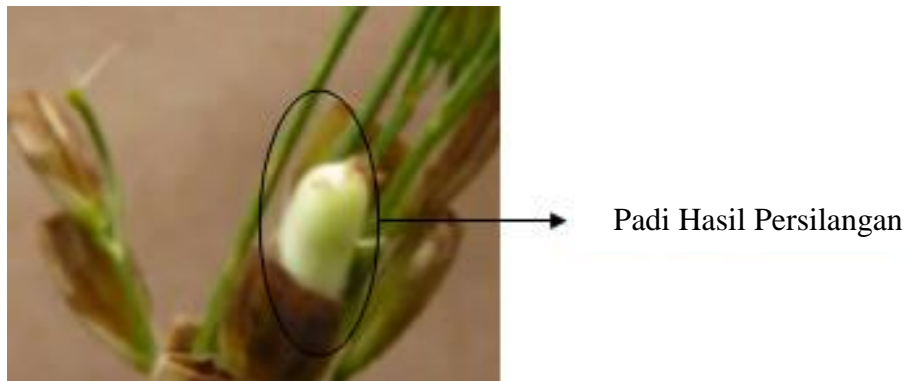


Gambar 4. Proses Penyungkupan dan Pemasangan Label Persilangan (Syukur, 2015)

Faktor yang mempengaruhi keberhasilan persilangan meliputi: (1) Penyesuaian waktu berbunga antara bunga jantan dan betina. Penyesuaian waktu berbunga ini sangatlah penting sehubungan dengan masaknya putik dan *pollen*. Penyesuaian waktu berbunga ini dilakukan dengan cara membedakan waktu penanaman antara tetua jantan dan tetua betina. (2) Faktor yang mempengaruhi selanjutnya adalah waktu emaskulasi dan waktu penyerbukan. Emaskulasi harus dilakukan sebelum bunga mekar atau sebelum terjadi peyerbukan sendiri. Selain itu, waktu penyerbukan juga harus diperhatikan yaitu pada saat kondisi putik *reseptif*. (3) Faktor manusia dan teknik persilangan juga menjadi penyebab tingkat keberhasilan persilangan padi karena dibutuhkan keahlian khusus dalam persilangan padi (Yunianti *et al.*, 2009).

Hasil penelitian Ardian (2013) menunjukkan bahwa persilangan dinyatakan berhasil jika terbentuknya biji pada bunga yang telah diserbuki. Biji yang telah terbentuk kemudian dipelihara hingga matang secara fisiologis yang selanjutnya disimpan atau langsung ditanam untuk kepentingan seleksi. Hampa atau berisinya gabah padi juga disebabkan oleh hubungan antara *source* dan *sink* (Makarim dan Suhartatik, 2009). *Source* merupakan organ tanaman yang berfungsi sebagai penyuplai asimilat, sedangkan *sink* merupakan tempat tujuan translokasi asimilat.

Hubungan antara *source* dan *sink* ini berfungsi untuk menganalisis produksi hasil tanaman sehingga keselarasan antara kedua hal tersebut harus diperhatikan.



Gambar 5. Persilangan yang Berhasil Ditandai dengan Munculnya Buah Padi Berupa Biji (Syukur, 2015)

Kastrasi dan emaskulasi merupakan bagian dari kegiatan persilangan. Kastrasi pada tanaman padi adalah kegiatan pembuangan bagian tanaman berupa pembuangan daun bendera, membuang 1/3 malai bagian atas dan 1/3 malai bagian bawah. Pembuangan 1/3 malai atas dilakukan sebagai antisipasi telah terjadinya penyerbukan dahulu, sedangkan pembuangan 1/3 malai bagian bawah dilakukan untuk antisipasi bagian bunga yang masih terlalu muda (Syukur, 2015).

Selain itu, kastrasi juga mencakup kegiatan pemotongan ujung gabah. Pemotongan ini dilakukan 1/3 bagian dari ujung gabah secara miring dengan sudut 45° untuk memudahkan polen jatuh pada kepala putik. Proses kastrasi ini dilakukan sebelum emaskulasi. Ketika melakukan kastrasi harus dilakukan secara hati-hati agar putik yang menyerupai rambut tidak ikut terpotong yang dapat menyebabkan rusaknya putik. Kerusakan pada putik akan menyebabkan kegagalan dalam proses persilangan (Syukur, 2015). Setelah dilakukan kastrasi, malai dibungkus dengan menggunakan *glacyne bag* (kertas sungkup) agar putik tidak terserbuki oleh tepung sari yang tidak diinginkan (Supartopo, 2006).

Emaskulasi merupakan kegiatan pembuangan alat kelamin jantan (*stamen*) pada tetua betina yang dilakukan sebelum bunga mekar atau sebelum terjadi penyerbukan sendiri (Syukur, 2015). Emaskulasi sangat penting dilakukan agar putik tidak terkontaminasi serbuk sari yang tidak diinginkan. Benang sari dibuang satu persatu sampai habis. Kegiatan ini dapat dilakukan dengan menggunakan pinset maupun *vacuum* (pompa hisap). Jika menggunakan pinset maka harus dijaga

kesterilannya dengan menggunakan alkohol 70% kemudian dibersihkan menggunakan lap sampai kering.

Waktu yang tepat untuk melakukan kastrasi dan emaskulasi pada bunga padi adalah pukul 15.00 WIB. Stadia bunga padi yang baik untuk dikastrasi dan emaskulasi ialah saat ujung benang sari berada tepat di pertengahan bunga, karena pada saat tersebut benang sari akan mekar dalam 1-2 hari (Supartopo, 2006).

Adapun beberapa metode emaskulasi yang digunakan diantaranya adalah:

1. Metode *Kliping* atau Pinset

Pada umumnya kuncup bunga dibuka dengan pinset atau dipotong dengan gunting, kemudian *anther* atau *stamen* dibuang dengan pinset. Cara ini mudah dilakukan pada tanaman yang bunganya relatif besar, misalnya cabai, kedelai, tomat dan tembakau. Cara emaskulasi ini praktis, murah dan mudah dilakukan, namun kemungkinan rusaknya putik dan pecahnya *anther* sangat besar, sehingga terjadinya penyerbukan sendiri sangat besar.

Adapun cara melakukan emaskulasi menggunakan metode ini adalah sebagai berikut :

- a. Setelah dipilih bunga yang akan digunakan sebagai betina, bagian ujung kuncup bunga dipotong dengan pisau silet atau gunting, sehingga kepala putiknya kelihatan jelas dari atas. Pekerjaan ini harus dilakukan dengan hati-hati jangan sampai putiknya turut terpotong atau rusak.
- b. Mahkota dari kuncup bunga dibuka perlahan-lahan satu per satu dengan menggunakan pinset sampai semua benang sari terlihat jelas dari luar.
- c. Benang sari dapat dibuang satu per satu sampai habis dengan sebuah pinset.
- d. Baik pinset, maupun gunting kecil dan alat lain yang dipakai untuk emaskulasi bunga harus steril. Setiap kali hendak dipakai, alat tersebut perlu dicelupkan ke dalam spiritus atau alkohol 70-85% dan kemudian dilap sampai kering dan bersih.
- e. Setelah melakukan emaskulasi, pada tangkai bunga segera digantungkan sebuah label yang telah diberi nomor.

2. Metode Pompa Isap (*Sucking Method*)

Teknik ini mudah dilakukan pada padi. Pada tahap awal metode ini relatif mahal, karena diperlukan biaya untuk pengadaan alat. Keuntungan menggunakan metode ini adalah kemungkinan rusaknya kepala putik (*stigma*) dan pecahnya *anther* dan penyerbukan sendiri sangat kecil. Teknik pengerjaannya adalah ujung bunga dibuka dengan gunting, kemudian *anther* dihisap keluar dengan alat pompa hisap.

3. Metode Pencelupan dengan Air Panas, Air Dingin atau Alkohol

Digunakan pada tanaman yang bunganya kecil-kecil, seperti sorghum, rumput-rumputan dan padi, pembuangan *stamen* dengan menggunakan pinset atau gunting sangat sulit. Cara emaskulasi untuk jenis bunga ini adalah dengan mencelupkan bunga ke dalam air hangat yang mempunyai temperatur tertentu, biasanya antara 43-53⁰C selama 1-10 menit. Cara ini mahal dan tidak praktis. Hal yang sama bisa dilakukan pada air dingin atau alkohol.

4. Metode Kimia

Beberapa bahan kimia dapat mendorong terbentuknya mandul jantan (*male sterile*) pada tanaman. Bahan kimia tersebut diantaranya adalah GA3, sodium dichloroasetat, ethrel, GA4/7, 2,4 D, NAA. Caranya bahan tersebut disemprotkan pada bunga yang sedang kuncup dengan konsentrasi tertentu. Salah satu bahan kimia seperti GA3 menunjukkan bahwa GA3 saat diterapkan pada sebelum atau selama bunga mekar sangat menghambat pollen perkecambahan dan pertumbuhan tabung polen (Kimura *et al.*, 1996).

5. Metode Jantan Mandul

Pada beberapa tanaman menyerbuk sendiri seperti barley, sorghum, atau padi pelaksanaan emaskulasinya sukar, maka bisa memanfaatkan tanaman mandul jantan yaitu yang anternya steril dan tidak menghasilkan polen yang viabel. Sifat mandul jantan ini bisa dikendalikan secara genetik maupun sitoplasmik atau sering disebut *cytoplasmic male sterility*. CMS sering digunakan dalam pemuliaan yang memberi hasil 15% -20% lebih tinggi dari cara konvensional. Kerja dari CMS lebih memudahkan dari pada emaskulasi yang dilakukan oleh tangan serta mencegah kontaminasi benih menyerbuk sendiri (Huang *et al.*, 2014).