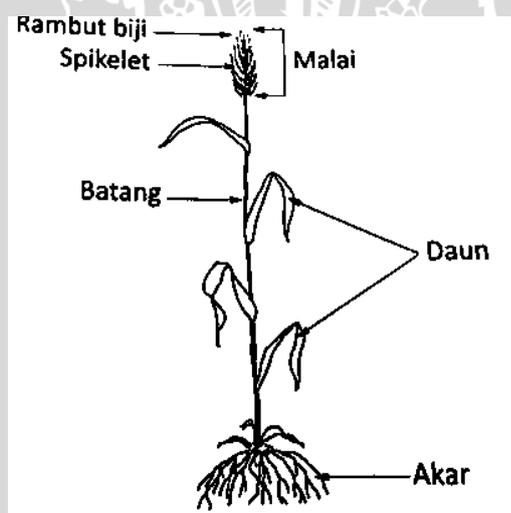


2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gandum

Gandum dapat diklasifikasikan ke dalam family *Gramineae*, genus *Triticum*, dan spesies *Triticum aestivum* L. Karakteristik dari gandum genus ini terdapat 2-5 anak bulir memanjang (spikelet) yang bertingkat setiap sumbu pembungaan di setiap bulir. Bagian tanaman gandum terdiri dari akar, batang, daun, dan bulir (Martin, 1966). Karena gandum merupakan tanaman penting dunia, 20% bahan makanan (kalori) yang dikonsumsi di dunia berasal dari gandum, 20% dari beras, 60% lainnya adalah jagung, kentang, dan lain-lain. Keunggulan gandum dibandingkan dengan tanaman sereal lainnya ialah mempunyai keunggulan protein lebih tinggi dibandingkan dengan padi dan jagung, selain itu asam amino pada gandum lebih lengkap dan besar jumlahnya dibandingkan dengan padi dan jagung (Wiyono, 1980).



Gambar 1. Morfologi tanaman gandum (Anonymous, 2014^b).

Gandum ialah komoditas yang banyak dikembangkan pada daerah subtropis, dimana siklus hidupnya membutuhkan suhu udara antara 4-13^oC dengan suhu optimum rata-rata 20^oC untuk tumbuh dan berproduksi dengan baik (Fischer, 1980). Karena di Indonesia beriklim tropis, maka gandum lebih sesuai dibudidayakan di dataran tinggi (>800 m dpl) dengan temperatur sekitar 22-24^oC.

Terdapat tiga jenis gandum yang dikembangkan sampai saat ini oleh petani yaitu *Triticum aestivum* (gandum untuk roti), gandum ini mencakup sekitar

90% dari gandum dunia yang biasa digunakan untuk bahan baku pembuatan roti. *Triticum durum* biasa digunakan sebagai bahan baku untuk membuat makaroni dan mie, kebutuhan gandum ini mencakup sekitar 9% dari kebutuhan gandum dunia. Dan *Triticum compactum* hanya mencakup sekitar 1% dari kebutuhan gandum dunia (Hanson, 1982).

Secara umum gandum diklasifikasikan menjadi *hard wheat*, *soft wheat* dan *durum wheat* (Anonymous, 2014^b).

1. *T. aestivum* (*hard wheat*)

T. aestivum adalah spesies gandum yang paling banyak ditanam di dunia dan banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan roti karena mempunyai kadar protein yang tinggi. Gandum ini mempunyai ciri-ciri kulit luar berwarna coklat, bijinya keras, dan berdaya serap air tinggi. Setiap bulir terdiri dari dua sampai lima butir gabah.

2. *T. compactum* (*soft wheat*)

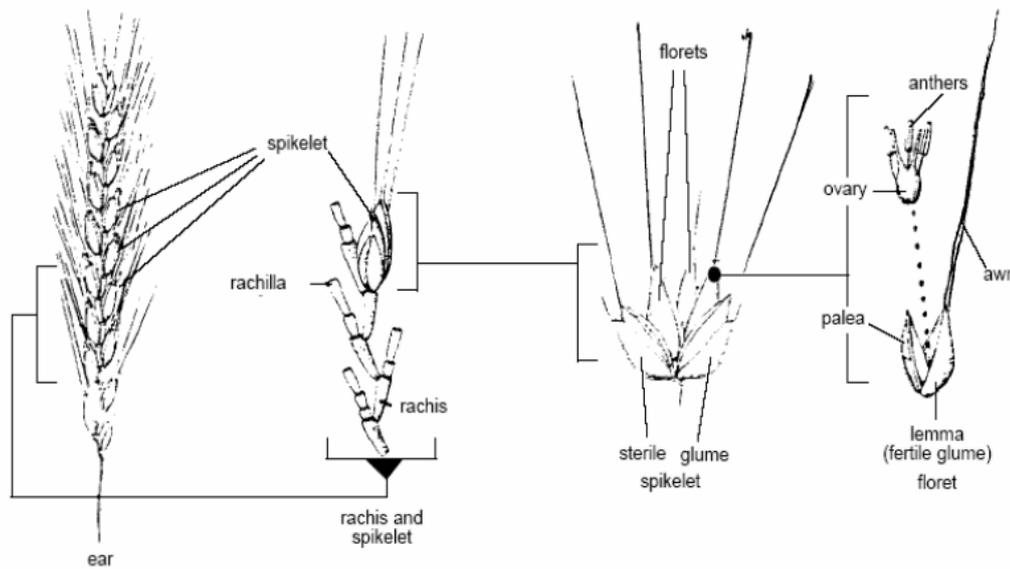
T. compactum merupakan spesies yang berbeda dan hanya sedikit ditanam. Setiap bulirnya terdiri dari tiga sampai lima buah, berwarna putih sampai merah, bijinya lunak, berdaya serap air rendah dan berkadar protein rendah. Jenis gandum ini biasanya digunakan untuk membuat biskuit dan kadang-kadang membuat roti.

3. *T. durum* (*durum wheat*)

T. durum merupakan jenis gandum yang khusus. Ciri dari gandum ini ialah bagian dalam (endosperma) yang berwarna kuning, bukan putih, seperti jenis gandum pada umumnya dan memiliki biji yang lebih keras, serta memiliki kulit yang berwarna coklat. Gandum jenis ini digunakan untuk membuat produk-produk pasta, seperti makaroni, spageti, dan produk pasta lainnya.

Gandum ialah sumber pangan penting di Indonesia, sebagian besar makanan berbahan dasar gandum seperti mie, roti, biskuit, donat, *cookies*, dan lain-lain. Pada gandum terdapat senyawa gluten yang tidak dimiliki oleh tanaman lain, hal ini membuat daya kembang pada tanaman gandum (Budiarti, 2005). Selain itu gandum juga kaya akan karbohidrat dan protein. Dalam setiap 100 g gandum terkandung 3,1 mg zat besi dan 36 mg kalsium yang bermanfaat, antara lain dapat menyembuhkan penyakit jantung koroner dan darah tinggi (Mahardika, 2010).

Gandum ialah tanaman semusim dengan karakter alami menyerbuk sendiri (*self polination*), penyerbukan silang hanya 1-4%. Pembungaan dimulai pada sepertiga bagian tengah malai kemudian menyebar secara bersama ke arah ujung dan pangkal malai. Bunga-bunga bermekaran pada pertengahan pagi menjelang siang. Kemampuan reseptif stigma berkisar antara 4-13 hari, sedangkan viabilitas polen hanya sekitar 30 menit. Bulir yang berada pada bagian tengah malai dan bagian proksimal dari floret cenderung membesar. Kondisi masak fisiologis dapat dicapai apabila kandungan kelembaban dari keseluruhan bulir yang terbentuk telah menurun antara 25-35% (Ginkel dan Villareal 1996). Pembungaan pada gandum bersifat majemuk. Bunga tanaman gandum berbentuk malai (*spike, ear* atau *head*) terdiri dari bulir-bulir. Tiap bulir (*spikelet*) membentuk sinus pada malai. Malai tersusun dari ruas dan buku yang pendek dan menyempit pada ujung bawah, sedangkan pada ujung atas melebar. Secara umum setiap spikelet akan menghasilkan dua sampai tiga biji. Tiap bulir mempunyai batang yang berukuran kecil yang disebut rachilla. Ujung butir ditumbuhi rambut yang bervariasi panjangnya. Rambut pada ujung *spikelet* berfungsi sebagai penahan kekurangan air jika terjadi kekeringan. Tiap bulir terdiri dari lima buah bunga. Setiap bunga terdiri dari kelopak-kelopak bunga yang disebut *lemma* (bagian yang besar) dan *palea* yang lebih kecil. Antara *lemma* dan *palea* terdapat alat reproduksi, yaitu tiga buah kepala sari, putik yang berbentuk bulat telur dan kepala putik. Kepala sari panjang dan kecil membentuk tabung silinder. Ujung bakal buah akan ditumbuhi rambut-rambut yang tersusun rapi. Selanjutnya lemma, palea, dan keseluruhan alat kelamin (yang menjadi biji atau kernel) merupakan satu kesatuan bunga (*floret*). Lemma dan palea lazim disebut sekam (Soeranto,1997).

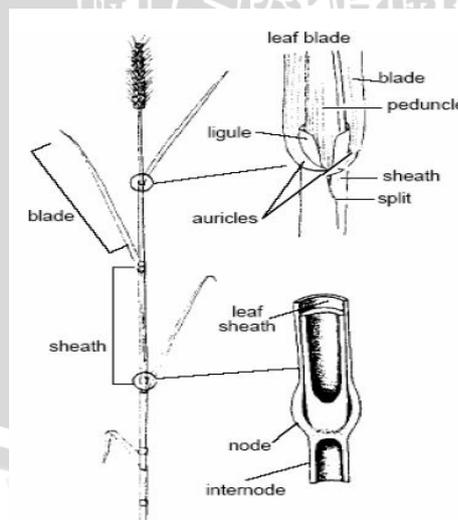


Gambar 2. Susunan malai gandum yang menunjukkan susunan bulir (spikelet) dan bunga (florete) (Anonymous, 2014^a)

Tanaman gandum memiliki dua macam akar, yaitu: akar kecambah (*seminal roots*) dan akar adventif. Akar kecambah merupakan akar pertama yang tumbuh kemudian dari embrio. Akar kecambah ini berbentuk silinder yang memiliki kesamaan diameter, yaitu terdiri dari: akar tunggang dan akar lateral. Akar lateral mempunyai bulu-bulu akar atau akar halus. Akar kecambah ini akan tetap kecil bahkan sering mati. Kemudian akar adventif tumbuh dari ruas terbawah batang utama dan membentuk sistem perakaran sedalam 10-30 cm di bawah permukaan tanah. Tudung akar adventif berbuku-buku pendek. Akar adventif bercabang dua atau lebih. Apabila perkembangan akar adventif terlambat karena kondisi pertumbuhan tertentu, akar seminal akan berfungsi sebagai akar utama untuk pertumbuhan tanaman gandum. Pada kondisi pertumbuhan yang cocok, tanaman gandum yang ditanam pada akhir musim penghujan akan membentuk sistem perakaran yang lebat dengan cabang akar banyak dan tersebar dengan radius 15-25 cm pada kedalaman rata-rata 5-10 cm. Tingkat penyebaran dan penetrasi akar adventif ke dalam tanah ditentukan oleh tekstur tanah, kelembaban aerasi tanah dan pemupukan. Hingga minggu kedua di awal pertumbuhan, kecambah hidup dari cadangan zat makanan yang disimpan dalam endosperm. Setelah tumbuh akar kecambah, hara dan air diperoleh dari tanah.

Kemudian fungsi akar kecambah diambil alih oleh akar adventif yang mulai berkembang sekitar dua minggu setelah berkecambah (Soeranto,1997).

Batang tanaman gandum tegak, berbentuk silinder dan membentuk ruas. Ruas-ruasnya pendek dan buku-bukunya berongga. Pada tanaman yang dewasa terdiri rata-rata enam ruas. Ruas terbawah dan ruas teratas terbungkus pelepah daun. Ruas terbawah terpendek dan akar adventif tumbuh dari ruas pertama ini beberapa sentimeter di atas permukaan tanah. Ruas selanjutnya semakin panjang dan terpanjang adalah yang berujung dengan tangkai malai yang mengecil diameternya. Tunas primer dari buku batang utama berkembang menjadi tunas-tunas sekunder dan tersier sehingga membentuk rumpun. Tinggi tanaman gandum dipengaruhi sifat genetik dan lingkungan tumbuh. Pada umumnya ada korelasi antara tinggi tanaman dan tingkat kerebahan (Soeranto,1997). Batang gandum umumnya berlubang tetapi terkadang ramping. Batang berbentuk silinder terdapat 3-6 ruas (*node*) dan antar ruas (*internode*). Susunan daun terdiri dari pelepah dan helaian daun yang terbentuk dari meristem terpisah. Pada dasar helaian daun, yang berbatasan dengan pelepah, terbentuk susunan yang disebut *ligule* dan daun telinga (*auricle*). Pelepah daun membungkus batang memberikan sokongan terhadap pucuk. Daun dihasilkan pada salah satu sisi batang dan berurutan sehingga semua bilangan daun tetap pada sisi tanaman. (Anonymous, 2014^a)



Gambar 3. Susunan batang dan daun pada gandum yang telah masak.

(Anonymous, 2014^a)

Daun pertama tanaman gandum berongga, berbentuk silinder dan diselubungi plumula yang terdiri dari dua sampai tiga helai daun. Daun pertama plumula yang pertama mekar merupakan *prophyll primer*, yaitu helaian daun tanpa tangkai daun berwarna hijau pucat sampai putih karena hasil fotosintesisnya masih sedikit. Helaian daun gandum tersusun di setiap batang tanaman dan membentuk sudut 180° dari daun yang satu dengan daun yang lainnya. Setiap daun memiliki tangkai pelepah, helai daun dan ligula dengan dua pasang daun telinga pada dasar helai daun. Pelepah daun yang normal menutupi dua per tiga bagian dari batang. Tulang daun sejajar dan memanjang layaknya *familigraminaeae*. Tulang daun utama kokoh, berujung tumpul dan meruncing. Tulang-tulang daun tersusun secara longitudinal secara rapi. Permukaan daun bagian tulang daun tengah berbentuk agak cekung. Stomata terdapat pada permukaan daun. Permukaan daun yang bawah tidak bertulang daun dan lebih halus daripada atas. Daun telinga (*auricle*) terdapat antara pelepah daun dan helaian daun berwarna pucat atau kemerah-merahan. Lidah daun (*ligula*) terletak antara pelepah dan helai daun, tipis, tidak berwarna, berujung bulu-bulu dan halus (Soeranto, 1997).

Butir gandum (*kernel, grain*) secara botani adalah buah (*caryopsis*). Biji gandum terdiri dari tiga bagian yaitu kulit (*bran*), bagian endosperma, dan bagian lembaga (*germ*). Bentuk butir bervariasi dari lonjong bundar sampai lonjong lancip. Permukaan butir gandum halus, kecuali pada ujung. Pada permukaan tengah dari butir gandum berwarna merah kecoklat-coklatan, putih dan warna di antara keduanya. Warna biji dipengaruhi oleh tekstur gandum kuat (*hard*) berwarna merah lebih gelap daripada gandum lunak. Endosperma merupakan bagian yang terbesar dari biji gandum (80-83%) yang mengandung protein, pati, dan air. Pada proses penggilingan bagian ini yang diambil paling banyak untuk diubah menjadi tepung terigu. Lembaga pada biji gandum sebesar 2,5-3%. Lembaga merupakan cadangan makanan yang mengandung banyak lemak, pada kondisi yang mendukung akan terjadi perkecambahan yaitu biji gandum akan tumbuh menjadi tanaman yang baru (Jones dan Amos, 1967).

2.2 Syarat Tumbuh

Gandum ditanam dengan ketinggian minimum kurang dari 800 m dpl. Suhu minimum yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman gandum adalah 2-4⁰C, suhu optimum mencapai 20-25⁰C dan suhu maksimum 37⁰C. Tanaman ini ditanam pada daerah dengan kisaran curah hujan 350-1.250 mm. Curah hujan efektif (825 mm/tahun) dapat memberikan produksi tinggi dalam penanaman gandum. Kisaran pH yang baik untuk tanaman gandum ialah 6-8 (Samekto, 2008).

Gandum dapat beradaptasi dengan baik pada kelembaban 80-90%. Hal ini disebabkan pada bulan pertama dan kedua diperlukan distribusi air yang merata dan cukup jumlahnya dalam pembentukan tunas dan primordia. Sedangkan pada bulan ketiga mulai fase pematangan bulir dan tidak memerlukan air kembali untuk perkembangan tanaman gandum hingga panen. Di Indonesia sebaiknya penanaman gandum di mulai Bulan Maret-Juni dengan curah hujan mencapai 643-841 mm dan hari hujan antara 2,8-3,6 hari perbulan, serta suhu berkisar antara 15,1-20,6⁰C. Intensitas matahari sangat mempengaruhi semua komponen hasil, yaitu jumlah malai per satuan luas, jumlah isi per malai dan bobot rata-rata gabah. Intensitas matahari sangat berpengaruh terhadap pembentukan karbohidrat melalui fotosintesis. Intensitas penyinaran diatas 60% dengan lama 9-12 jam/hari. Jika intensitas penyinaran di bawah 60%, maka dapat mengakibatkan penurunan hasil pengisian bulir kurang sempurna sehingga produktivitas yang diperoleh menjadi rendah (Ginkel dan Villareal, 1996).

Tanah yang baik untuk tanaman gandum ialah jenis tanah yang dapat menahan air dalam jumlah yang cukup selama pertumbuhan. Karena tanaman gandum tidak membutuhkan hujan dalam jumlah yang banyak selama masa pertumbuhannya. Jumlah minimum air yang dibutuhkan agar dapat tersedia untuk tanaman ialah 250 mm pada 1,5 m lapisan tanah atas (Martin, 1996).

2.3 Persilangan

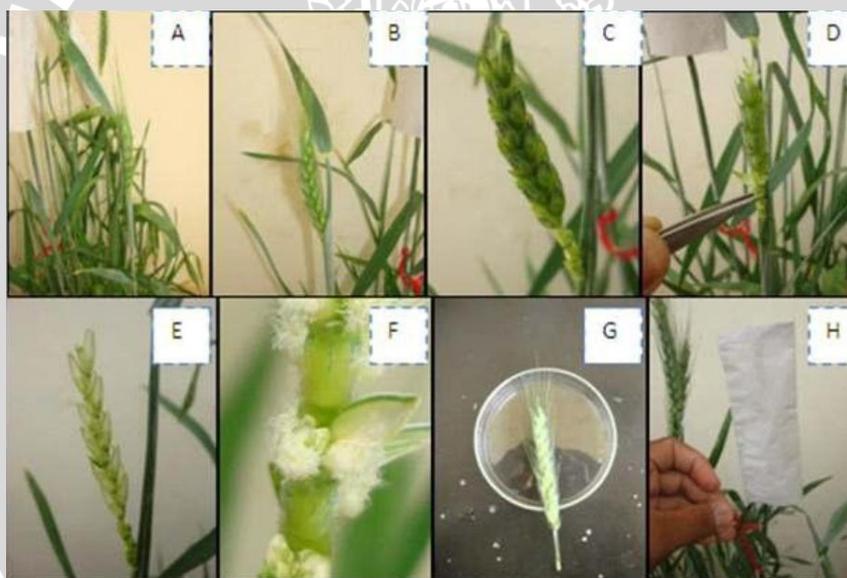
Penyerbukan adalah jatuhnya polen di kepala putik. Kepala putik yang telah masak biasanya mengeluarkan lendir yang mengandung larutan gula dan zat-zat lain yang diperlukan untuk perkecambahan polen. Jika polen jatuh diatas kepala putik maka dalam keadaan normal akan menyerap cairan yang dihasilkan oleh

putik, kemudian akan menggebung dan berkecambah. Pada saat itu, salah satu pori pada dinding luar polen akan pecah. Oleh karena butir polen terus-menerus menyerap cairan dari kepala putik maka volumenya makin bertambah bertambah besar dan isi polen (protoplasma + dua buah inti) yang terbungkus oleh selaput yang tipis dan lunak dapat keluar melalui pori yang telah pecah sebagai tabung polen (*pollen tube*) (Syukur, 2012). Tujuan utama dari persilangan adalah untuk menciptakan keragaman genetik. Selain itu persilangan juga berfungsi untuk menyatukan karakter kualitatif yang diinginkan pada tanaman yang berbeda atau galur tanaman yang satu ke tanaman atau galur yang lain, yaitu mentransfer karakter yang diinginkan dari satu varietas ke varietas lain yang dituju. Karena itu persilangan digunakan untuk membuat F₁ unggul sebagai hibrida dan perbaikan satu atau lebih karakter kuantitatif (Cisar dan Cooper, 2010).

Hibridisasi atau persilangan menurut Handayani (2014) ialah proses produksi satu atau lebih organisme hibrid melalui perkawinan tetua-tetua yang berbeda secara genetik. Teknik ini banyak dimanfaatkan dalam kegiatan pemuliaan tanaman untuk merakit varietas unggul baru. Prinsip dasar dalam pemuliaan adalah adanya keragaman, terutama keragaman genetik. Apabila keragaman dalam suatu populasi tinggi, maka seleksi yang dilakukan akan lebih efektif. Keragaman tersebut bisa didapatkan dalam dari koleksi plasma nutfah, atau melalui introduksi, apabila keragaman dalam suatu populasi koleksi terbatas, maka dilakukan berbagai upaya untuk memperluas keragaman. Pemilihan tetua menjadi salah satu tahap yang sangat penting dalam proses persilangan. Keberhasilan persilangan akan meningkat apabila tetua yang digunakan dan kombinasi persilangannya tepat, sehingga dengan jumlah kombinasi persilangan yang sedikit, efisiensi pemuliaan akan meningkat.

Beberapa hal lain yang harus diperhatikan dalam menentukan tetua antara lain: 1) Salah satu tetua memiliki dan membawa karakter unggul atau karakter yang menjadi target pemuliaan; 2) Salah satu atau kedua tetua memiliki adaptasi dan penampilan agronomis yang baik, dan 3) Kedua tetua sebaiknya memiliki jarak kekerabatan yang jauh sehingga dapat menghasilkan keragaman genetik tinggi pada progeni (keturunannya). Karakter target yang dimiliki oleh salah satu tetua (jantan) dipindahkan melalui persilangan ke tetua yang lainnya (betina).

Diharapkan hasil dari persilangan adalah progeni yang memiliki gabungan karakter dari kedua tetua. Tanaman tetua yang digunakan dalam persilangan, baik sebagai tetua jantan penyedia polen maupun tetua betina, pertumbuhannya harus terjaga, bebas hama dan penyakit. Agar persilangan dapat dilakukan dengan efektif, waktu penanaman tetua jantan dan betina diatur sehingga diperoleh waktu berbunga yang tepat, dimana putik bunga tetua betina telah reseptif dan polen tetua jantan telah masak dan siap diserbukkan. Rendahnya keberhasilan persilangan dipengaruhi oleh ketepatan waktu berbunga (sinkronisasi), keadaan lingkungan yang mendukung, kemungkinan inkompatibilitas, dan sterilitas keturunan. Keterampilan teknis dari petugas juga dapat berpengaruh pada keberhasilan persilangan. Selain itu ada beberapa faktor seperti kegagalan tanaman untuk berbunga, kuncup dan bunga rontok sebelum atau setelah fertilisasi, rendahnya produksi polen, polen tidak viabel, mandul jantan, dan *self incompatibility* (Multhoni *et al.* 2012).



Gambar 4. Skema persilangan tanaman gandum (A) persiapan tanaman induk; (B) pemilihan bunga betina untuk persilangan; (C,D) tahapan emaskulasi dan kastrasi; (E) rangkaian bunga betina yang sudah di emaskulasi dan kastrasi; (F) bunga betina yang siap diserbuki (reseptif); (G) persiapan pollen atau bunga jantan untuk penyerbukan; (H) persilangan dan pelabelan hasil persilangan (Anonymous, 2014^c).

2.4 Emaskulasi

Sebelum dilakukan suatu persilangan didahului dengan kastrasi dan emaskulasi. Kastrasi adalah membersihkan bagian tanaman yang ada disekitar bunga yang akan diemaskulasi dari kotoran, serangga, dan kuncup-kuncup bunga yang tidak dipakai. Membuang mahkota dan kelopak juga termasuk kegiatan kastrasi (Syukur, 2012). Pengertian emaskulasi adalah suatu tindakan membuang semua benang sari yang masih muda atau yang belum masak (reseptif) dari kuncup bunga betina, dengan maksud agar bunga tersebut tidak mengalami penyerbukan sendiri. Setelah di lakukan emaskulasi maka selang beberapa saat di lakukan persilangan.

Pada padi emaskulasi dilakukan sehari sebelum penyerbukan agar putik menjadi masak sempurna saat penyerbukan sehingga keberhasilan persilangan lebih tinggi. Setiap bunga (spikelet) terdapat enam benang sari. Dua kepala putik yang menyerupai rambut tidak boleh rusak (Supartopo, 2006). Hibridisasi pada tanaman menyerbuk silang biasanya dimaksudkan untuk mendapatkan galur inbrida dan menguji potensi satu atau beberapa tetua (Supartopo, 2006). Fungsi hibridisasi yang lain menurut (Supartopo, 2006) adalah untuk menguji potensi satu atau beberapa tetua. Hibridisasi dilakukan dengan menggosok-gosokkan pinset halus (dimasukkan) satu benang sari pada putik dari bunga yang telah di emaskulasi. Cara yang lainnya dari hibridisasi adalah dengan menggoyang-goyangkan bunga yang mekar diatas bunga-bunga yang telah di emaskulasi tersembunyi oleh organ bunga yang sudah terbuka, stigma memanjang melalui tabung staminal segera sesudah anter membuka, bunga teknik hibridisasi, yaitu menyerbuki bunga-bunga yang telah dikebiri dengan tepung sari dan jenis-jenis tanaman yang dikehendaki sifat-sifatnya matang serempak.

Dalam melakukan suatu emaskulasi terdapat beberapa jenis metode-metode yang di gunakan dalam proses emaskulasi suatu tanaman yang akan di silangkan.

Metode tersebut antara lain adalah sebagai berikut :

1. Metode klipang atau pinset

Adapun cara melakukan emaskulasi menggunakan metode ini adalah bagian ujung dari 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. Kemudian mahkota dari kuncup bunga dibuka perlahan-lahan satu persatu dengan menggunakan sebuah pinset sampai semua kotak polen terlihat jelas diluar. Bila perlu semua mahkota dibuang. Polennya dapat dibuang satu persatu sampai habis menggunakan pinset. Pinset, gunting kecil, dan alat lain yang dipakai untuk menggebiri bunga harus steril. Alat tersebut perlu dicelupkan kedalam spirtus atau alkohol 75-85% kemudian di lab sampai kering. Setelah dilakukan emaskulasi, pada tangkai bunga tersebut segera digantungkan sebuah label yang telah diberi nomor. Cara emaskulasi ini praktis, murah dan mudah dilakukan. Hanya kemungkinan rusaknya putik dan pecahnya anter sangat besar sehingga terjadinya persarian sendiri sangat besar.

2. Metode Pompa isap (*sucking method*)

Teknik ini mudah dilakukan pada padi. Tahap awal metode ini relatif mahal (untuk pengadaan alat), tetapi kemungkinan rusaknya kepala putik (*stigma*) dan pecahnya anter dan penyerbukan sendiri sangat kecil. Teknik pengerjaannya adalah ujung bunga dibuka dengan gunting, kemudian antera di isap keluar dengan menggunakan alat pompa isap.

3. Metode air panas, air dingin, dan alkohol

Pembuangan *stamen* dengan menggunakan pinset atau gunting sangat sulit untuk tanaman yang bunganya kecil-kecil, seperti sorghum, rumput-rumputan, dan rumput pakan. Cara emaskulasi untuk jenis bunga ini adalah dengan mencelupkan bunga ke dalam air hangat yang mempunyai temperatur tertentu, biasanya antara 43° - 53° selama 1-10 menit. Cara ini 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 GA_3 , *sodium dichloroasetat*, *ethrel*, $GA_{4/7}$, 2,4 D, dan NAA. Bahan disemprotkan pada bunga yang sedang kuncup dengan konsenrasi tertentu.

5. Metode jantan mandul

Pada beberapa tanaman menyerbuk sendiri (seperti barley dan sorghum), pelaksanaan emaskulasinya sukar. Oleh karena itu bisa memanfaatkan tanaman mandul jantan yaitu yang anternya steril dan tidak menghasilkan polen yang viable. Karakter mandul jantan ini bisa dikendalikan oleh gen pada inti maupun sitoplasmik (Syukur, 2012).

