

Bab 1



Sistem Reproduksi pada Makhluk Hidup

Tujuan Pembelajaran

1. Mengidentifikasi fungsi bagian-bagian organ reproduksi manusia.
2. Menjelaskan tahapan-tahapan reproduksi pada manusia.
3. Menjelaskan pertumbuhan dan perkembangan manusia.
4. Mendata contoh kelainan dan penyakit pada sistem reproduksi manusia.
5. Menjelaskan upaya menjaga kesehatan organ reproduksi manusia.
6. Mengidentifikasi cara reproduksi pada tumbuhan dan hewan.
7. Menjelaskan proses yang terjadi setelah fertilisasi pada tumbuhan dan hewan.
8. Menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan dan hewan.
9. Menjelaskan perbedaan metamorfosis sempurna dan metamorfosis tidak sempurna.
10. Menjelaskan konsep kromosom dan pembelahan sel.

Profil Pelajar Pancasila

Bergotong royong, Bernalar kritis, dan Kreatif.

Kata Kunci

Estrogen, Fertilisasi, Fetus, Fragmentasi, Gametogenesis, Generatif, Janin, Kloaka, Kromosom, Meiosis, Metagenesis, Metamorfosis, Mitosis, Oogenesis, Ovarium, Oviduk, Ovipar, Ovovivipar, Ovum, Partenogenesis, Penis, Plasenta, Polinasi, Progesteron, Rizoma, Skrotum, Sperma, Spermatogenesis, Testis, Tunas adventif, Urogenital, Uterus, Vagina, Vasa deferensia, Vegetatif, Vivipar, Zigot

A. Sistem Reproduksi Manusia

Sistem reproduksi manusia, baik pada pria ataupun wanita, terdiri atas kelenjar-kelenjar dan saluran-saluran reproduksi.

1. Sistem Reproduksi Pria

Sistem reproduksi pria berfungsi untuk menghasilkan sel kelamin jantan yang disebut **sperma**. Sistem reproduksi pria terdiri atas kelenjar-kelenjar dan saluran-saluran untuk mengeluarkan sperma. Kelenjar dan saluran yang menyusun sistem reproduksi pria dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Organ-organ penyusun sistem reproduksi pria.

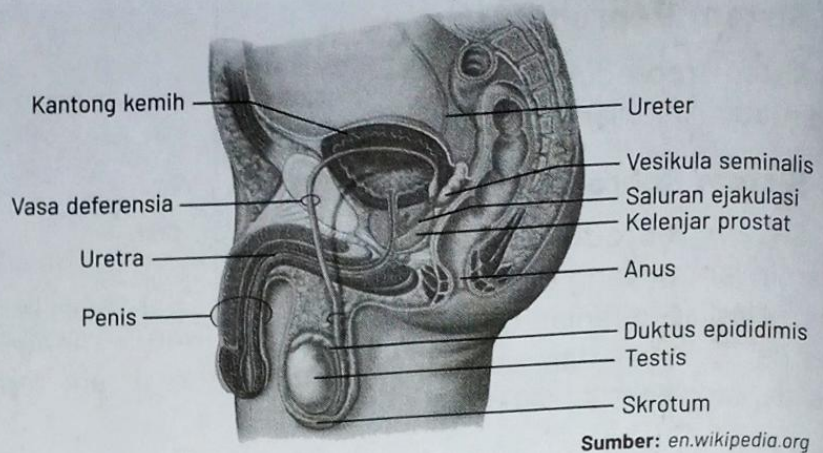
No.	Organ Penyusun	Fungsi
1.	Testis	Menghasilkan sel sperma dan hormon reproduksi.
2.	Skrotum	Kantong yang di dalamnya terdapat testis dan berfungsi untuk mengatur suhu yang cocok bagi kehidupan sperma.
3.	Tubulus seminiferus	Saluran yang terdapat di testis dan berfungsi sebagai tempat pembentukan sperma.
4.	Sel interstisial	Sel yang terdapat di testis dan berfungsi untuk menghasilkan hormon kelamin pria.
5.	Sel Sertoli	Sel yang terdapat di testis dan berfungsi untuk menyediakan makanan bagi sperma.
6.	Penis	Alat kopulasi.
7.	Vas deferens	Menyalurkan sperma ke kantong sperma.
8.	Duktus epididimis	Tempat pematangan dan penyimpanan sementara sperma.
9.	Kantong sperma	Tempat menampung sperma.
10.	Kelenjar prostat dan kelenjar Cowper	Menghasilkan cairan semen yang berfungsi memberi nutrisi dan mempermudah pergerakan sperma.

Sperma merupakan sel tunggal yang tersusun dari kepala dan ekor. Ekor berfungsi menggerakkan sperma, sedangkan kepala mengandung informasi genetik. Untuk keluar dari dalam tubuh, sperma berenang melewati duktus epididimis, vasa deferensia, dan bermuara di vesikula seminalis (kantong sperma). Lihat Gambar 1.1. Pada pertemuan uretra dengan vasa deferensia, terdapat kelenjar prostat dan di belakangnya terdapat kelenjar Cowper. Kedua kelenjar tersebut menghasilkan cairan semen yang berguna untuk memberi nutrisi dan mempermudah pergerakan sperma. Sperma dan cairan semen dikeluarkan melalui penis.



Poin IPA

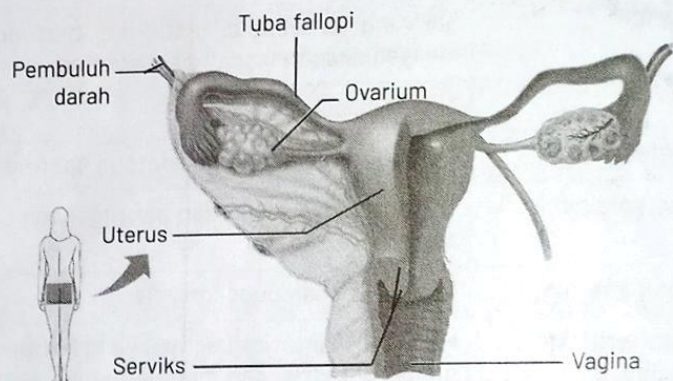
Organ utama sistem reproduksi pria terdiri atas testis, vasa deferensia, dan penis, sedangkan wanita terdiri atas ovarium, oviduk, uterus, dan vagina.



Gambar 1.1 Alat reproduksi pada pria.

2. Sistem Reproduksi Wanita

Pada wanita, terdapat sepasang ovarium yang berfungsi untuk menghasilkan ovum (sel telur). Setiap ovarium mempunyai saluran telur yang disebut **tuba fallopi**. Kedua saluran telur bermuara pada **uterus** (rahim). Leher rahim (**serviks**) berhubungan dengan lubang tempat keluarnya bayi, yang disebut **vagina**. Lihat Gambar 1.2. Fungsi organ-organ penyusun sistem reproduksi wanita dapat dilihat pada Tabel 1.2.

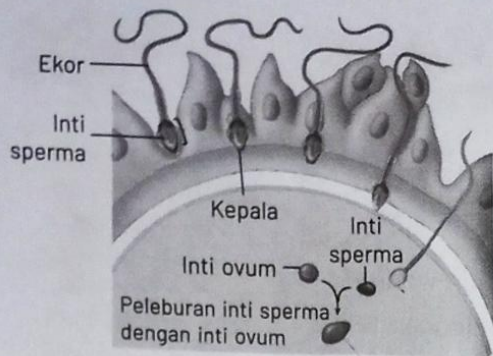


Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.2 Alat reproduksi pada wanita.

Tabel 1.2 Organ-organ penyusun sistem reproduksi wanita.

No.	Organ penyusun	Fungsi
1.	Ovarium	Tempat memproduksi sel telur.
2.	Tuba fallopi/oviduk/ saluran telur	Membawa sel telur dari ovarium menuju uterus dan tempat terjadinya pembuahan.
3.	Uterus	Tempat tumbuh dan berkembangnya embrio.
4.	Vagina	Tempat keluarnya bayi pada kelahiran alami.



Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.3 Proses pembuahan yang terjadi di saluran telur.

3. Proses Fertilisasi (Pembuahan)

Ketika ovum telah matang, ovum dikeluarkan dari ovarium menuju uterus. Proses pelepasan ovum dari ovarium disebut **ovulasi**. Dalam perjalanannya ke uterus, jika ovum bertemu dengan sperma di tuba fallopi (saluran telur), ovum akan dibuahi oleh sperma. Proses pembuahan ovum oleh sperma disebut **fertilisasi**. Ketika proses pembuahan berlangsung, hanya kepala sperma yang masuk ke dalam ovum. Inti sperma akan bergabung dengan inti ovum. Jika telah ada satu sperma yang masuk ke dalam ovum, sperma lain tidak dapat menembus membran ovum. Lihat Gambar 1.3.

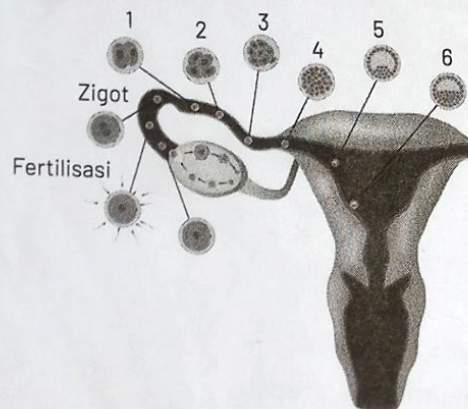


KEGIATAN 1.2

Judul : Proses Pembuahan pada Manusia

Tujuan : Memahami proses pembuahan manusia.

1. Sediakan charta ovulasi, fertilisasi, dan implantasi.
2. Amati charta ovulasi, fertilisasi, dan implantasi berikut dengan teliti, kemudian catat hasilnya.



1. Tahap 2 sel (48 jam)
2. Tahap 4 sel
3. Tahap 8 sel
4. Morula (72 jam)
5. Blastosis (4 hari)
6. Implantasi blastosis

Sumber: shutterstock.com

3. Isilah tabel hasil pengamatan berikut.

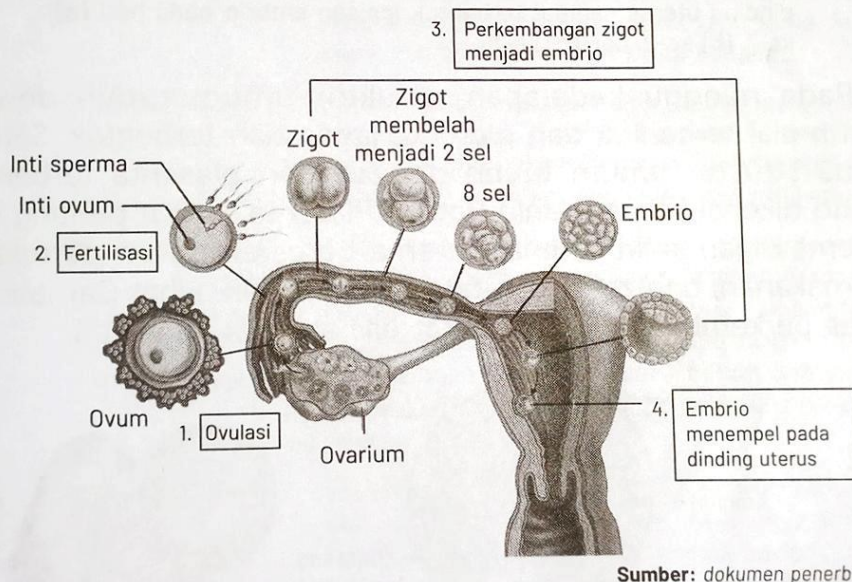
Hasil Pengamatan:

Perkembangan zigot					
1	2	3	4	5	6

4. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan tepat.
- Organ apa sajakah yang dilewati sel sperma hingga terjadi fertilisasi?
 - Apakah hasil peleburan sel sperma dengan sel telur?
 - Jelaskan pertumbuhan zigot hingga menjadi embrio.
 - Jika kita perhatikan dan kita pelajari dari awal pembentukannya, manusia yang hidup merupakan makhluk yang tangguh dan kuat. Jelaskan.
 - Buat simpulan dari kegiatan tersebut.

4. Pertumbuhan dan Perkembangan Embrio

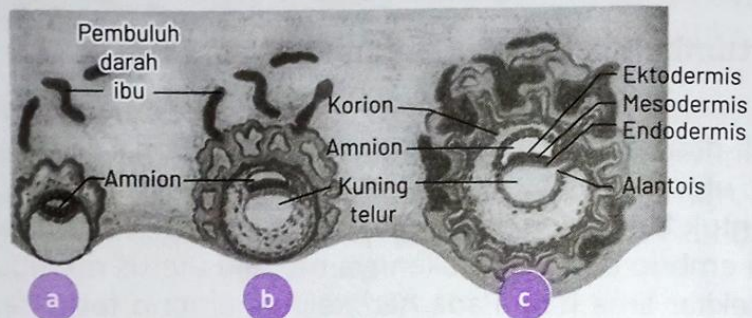
Hasil pembuahan ovum oleh sperma disebut **zigot**. Zigot terus bergerak dari saluran telur menuju uterus. Selama pergerakannya menuju uterus, zigot membelah terus-menerus secara mitosis membentuk kumpulan sel yang disebut **embrio**. Perubahan zigot menjadi embrio dan pergerakannya menuju uterus membutuhkan waktu sekitar lima hari. Pada hari kelima, embrio telah sampai di uterus. Pada hari ketujuh, embrio menempel pada dinding uterus. Lihat Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Proses perkembangan zigot setelah fertilisasi sampai menempel pada dinding uterus.

Setelah hari ke-12, terbentuklah lapisan luar (**ektodermis**) dan lapisan dalam (**endodermis**) pada embrio. Kemudian, terbentuk lagi lapisan tengah yang disebut **mesodermis**. Lihat Gambar 1.5. Ketiga lapisan tersebut akan membelah dan membentuk bagian-bagian tubuh manusia. Ektodermis akan membentuk kulit dan sistem saraf. Mesodermis akan membentuk rangka, otot, sistem peredaran darah, sistem ekskresi, dan sistem reproduksi. Endodermis akan membentuk sistem pernapasan dan pencernaan.

Selama tahap embrionik, membran-membran embrio mulai dibentuk. Membran embrio terdiri atas kantong kuning telur, amnion, korion, dan alantois. **Kantong kuning telur** merupakan pelebaran dari lapisan endodermis dan berfungsi sebagai tempat pembuatan darah. **Amnion** merupakan cairan tempat embrio mengapung dan berfungsi sebagai pelindung embrio dari guncangan dan benturan. **Korion** menyelubungi amnion dan kuning telur. **Alantois** berfungsi sebagai organ pernapasan dan ekskresi. Lihat Gambar 1.5.



Sumber: shutterstock.com

Gambar 1.5 Proses perkembangan embrio setelah menempel di dinding uterus sampai terbentuk lapisan embrio pada hari (a) ke-7, (b) ke-9, dan (c) ke-16.

Pada minggu kedelapan, struktur umum tubuh dewasa telah mulai terbentuk dan plasenta juga telah terbentuk. Setelah semua struktur umum tubuh dewasa dan plasenta terbentuk, embrio dikenal sebagai janin (**fetus**). Plasenta sangat penting bagi perkembangan janin karena plasenta berperan dalam pertukaran gas, makanan, dan zat sisa antara ibu dan janin. Lihat Gambar 1.6. Proses perkembangan janin dapat dilihat pada Tabel 1.3.



Gambar 1.6 Proses perkembangan embrio hingga terbentuk janin pada minggu (a) ke-4, (b) ke-7, dan (c) ke-13.

Sumber: dokumen penerbit



Pindailah QR Code untuk mengakses video animasi perkembangan embrio.

Tabel 1.3 Proses perkembangan janin.

Minggu ke-	Panjang dan bobot janin (kisaran)	Perkembangan janin
6	1 cm	Rongga mata sudah terbentuk. Bentuk kepala seperti kepala Reptilia dan mempunyai ekor. Benjolan yang akan menjadi lengan dan kaki mulai terlihat, tetapi kecil dan menyerupai sekop.
8	2,5 cm	Kepala tampak besar jika dibandingkan dengan tubuhnya dan daun telinga mulai terbentuk. Tonjolan tangan dan kaki sudah dilengkapi dengan jari-jari. Mata sudah dilengkapi dengan kelopak. Jantung mulai berdenyut. Saluran pencernaan mulai aktif dan ginjal mulai bekerja.
12	9 cm dan 14 g	Tubuh telah tumbuh, tetapi kepala tetap tampak lebih besar. Kuku-kuku sudah mulai terbentuk. Pada akhir minggu ini, gerakan mekanik tangan dan kaki sudah mulai lebih teratur. Kerja sama antara serabut saraf dan otot sudah lebih baik, meskipun gerakan yang dihasilkan masih kecil. Fetus sudah dapat menelan dan mulai menelan cairan ketuban yang merendamnya. Pada waktu yang sama, fetus mulai mengeluarkan urine ke air ketuban.
16	11 cm dan 100 g	Kepala masih tampak besar, tubuh kemerahan karena pembuluh darah membayang di bawah kulit yang tipis. Denyut jantung terasa kuat dan otot-otot mulai aktif. Jenis kelamin sudah dapat diketahui.
20	25 cm dan 300 g	Kulit semakin tebal dan diliputi rambut-rambut halus (lanugo) di seluruh tubuh. Rambut tumbuh di kepala. Alis mulai terbentuk, tetapi kelopak mata masih tertutup. Organ-organ dalam tubuh semakin sempurna, tetapi paru-paru belum sempurna. Makanan dan zat asam yang diperlukan disalurkan melalui tali pusat.
24	32 cm dan 650 g	Warna kemerahan pada kulit semakin berkurang dan kulit diliputi oleh lanugo. Kurangnya jaringan lemak menyebabkan kulit tampak keriput. Sejak bulan ini dan seterusnya lemak mulai ditimbun di bawah kulit. Kelopak mata sudah terbelah, tetapi bola mata masih terlapisi oleh selaput keruh. Kepalanya masih tampak besar. Paru-paru belum berkembang secara sempurna.
28	38 cm dan 1 kg	Badan masih kurus, kulit masih agak kemerahan, dan dilapisi oleh semacam lemak di luarnya. Zat ini dihasilkan oleh kelenjar-kelenjar kecil yang terdapat di kulit. Janin sudah mampu membuka mata dan selaput yang menutupi bola mata sudah hilang.
32	43 cm dan 1,8 kg	Kulit masih merah, agak keriput, tetapi sudah beris lemak. Tulang kepala masih lunak. Paru-paru sudah berkembang sempurna dan dapat menopang hidupnya.

Lanjutan Tabel 1.3 Proses perkembangan janin.

Minggu ke-	Panjang dan bobot janin (kisaran)	Perkembangan janin
36	46 cm dan 2,5 kg	Lemak yang tersimpan di bawah kulit serta di sekitar bahu bertambah. Tubuh menjadi gemuk dan keriput di muka hilang. Kuku-kuku jari telah terbentuk sempurna.
40	50 cm dan 3,3 kg	Kulit halus, lanugo yang melapisi kulit sudah menghilang, kecuali di sekitar bahu. Lapisan lemak yang meliputi kulit masih tertinggal. Kepala sudah ditumbuhi rambut. Tulang kepala sudah lebih kokoh dan rapat, kecuali ubun-ubun dan di puncak kepala. Besar kepala sudah serasi dengan tubuh, yaitu kira-kira seperempat panjang tubuh. Mata sudah terbuka, telinga tegak, dan hidung telah terbentuk dengan sempurna. Demikian pula alat kelamin. Jika laki-laki, testisnya sudah dapat diraba di skrotumnya.

5. Tahapan Pertumbuhan dan Perkembangan Manusia

Bayi dan anak memiliki organ kelamin, tetapi belum dapat melepaskan sel telur atau sperma. Pada masa pubertas, organ kelamin anak laki-laki dan perempuan akan berkembang menjadi sempurna. Selain itu, terjadi pertumbuhan tubuh yang pesat. Perubahan-perubahan tersebut dikendalikan oleh zat kimia yang disebut hormon reproduksi. Hormon reproduksi dilepaskan ke aliran darah dari kelenjar hormon. Pada wanita, indung telur (ovarium) menghasilkan progesteron dan estrogen, yang menyebabkan payudara membesar dan jaringan lemak yang membentuk tubuh. Pada anak laki-laki, testis menghasilkan hormon reproduksi yang disebut testosteron. Hormon testosteron membuat rambut tumbuh pada wajah dan tubuh selama masa pubertas. Hormon ini juga membuat suara laki-laki lebih berat, memengaruhi pertumbuhan otot, dan mulai menghasilkan sperma.



Sumber: shutterstock.com

Gambar 1.7 Pertumbuhan dan perkembangan manusia.

Pada fase pubertas, terjadi rangkaian perubahan fisiologis yang membuat manusia menjadi mampu melakukan reproduksi atau menghasilkan keturunan. Anak di fase pubertas awal (prepubertas)

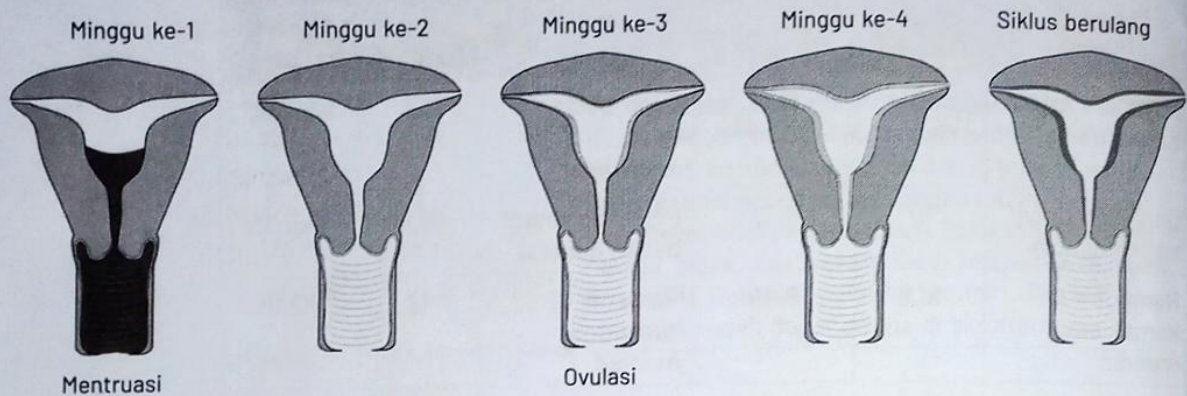
dan remaja di fase pubertas akhir (postpubertas) memiliki perbedaan penampakan fisik. Contohnya, perbedaan tinggi badan dan proporsi badan serta perkembangan ciri-ciri seks primer dan sekunder. Perhatikan Tabel 1.4 berikut.

Tabel 1.4 Perubahan fisik pada wanita dan pria di masa pubertas.

Wanita	Rerata usia (tahun)	Rentang usia (tahun)	Pria	Rerata usia (tahun)	Rentang usia (tahun)
Payudara mulai berpucuk	10	8-13	Buah zakar mulai membesar	11,5	9,5-13,5
Lonjakan tinggi badan dimulai	10	8-13	Lonjakan tinggi badan dimulai	12,5	10,5-16
Rambut kemaluan muncul	10,5	8-14	Rambut kemaluan muncul	12	10-15
Puncak lonjakan kekuatan	11,6	9,5-14	Penis mulai membesar	12	10,5-14,5
Puncak lonjakan tinggi badan	11,7	10-13,5	Puncak lonjakan tinggi badan	14	12,5-15,5
Menstruasi pertama	12,8	10,5-15,5	Penyemburan pertama air mani	13	12-16
Tinggi badan dewasa tercapai	13	10-16	Rambut wajah mulai tumbuh	14	12,5-15,5
Pertumbuhan buah dada tuntas	14	10-16	Suara mulai terdengar dalam	14	12,5-15,5
Pertumbuhan rambut kemaluan tuntas	14,5	14-15	Pertumbuhan penis tuntas	14,5	12-16
			Puncak lonjakan kekuatan	15,3	13-17
			Tinggi badan dewasa tercapai	15,5	13,5-17,5
			Pertumbuhan rambut kemaluan tuntas	15,5	14-17

6. Siklus Haid

Sejak masa pubertas (10–15 tahun), tubuh wanita mengalami proses bulanan, yang disebut dengan **siklus haid**. Perubahan tingkat hormon mempertebal jaringan endometrium/rahim dan memperbanyak darah, yang akan menjadi zat makanan bagi telur yang dibuahi. Perhatikan gambar berikut.



Sumber: shutterstock.com

Gambar 1.8 Perubahan dinding rahim pada saat sel telur masak dan menstruasi.

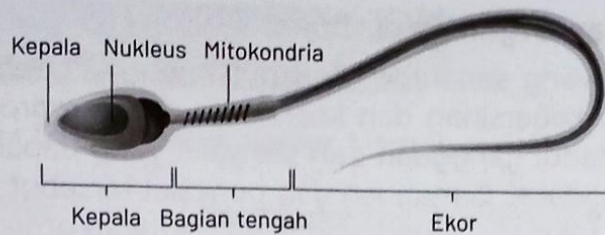
Keterangan:

- Minggu ke-1, lapisan rahim luruh dan keluar sebagai aliran darah haid melalui vagina.
- Minggu ke-2, lapisan rahim menebal kembali sebagai persiapan untuk sel telur berikutnya yang matang dalam indung telur.
- Minggu ke-3, telur matang lepas dari indung telur. Telur dapat dibuahi dalam waktu 36 jam di dalam saluran telur (oviduk atau tuba fallopi).
- Minggu ke-4, telur mencapai rahim. Jika telur tersebut telah dibuahi, akan tertanam (implantasi) di dinding rahim. Sebaliknya, jika telur tersebut tidak dibuahi, akan meluruh dan keluar bersama lapisan dinding rahim sebagai darah haid.

Siklus haid berlangsung hingga perempuan berusia sekitar 40 tahun hingga 50 tahun.

7. Ejakulasi

Pada alat reproduksi pria, spermatogonia akan matang menjadi spermatid. Spermatid matang menjadi spermatozoa (sperma). Proses ini pertama kali terjadi di masa pubertas (12–16 tahun). Sel sperma dapat bergerak, kaya DNA, dan memiliki bagian kepala yang sebagian besar dibentuk dari bahan kromosom. Perhatikan Gambar 1.9.



Sumber: shutterstock.com

Gambar 1.9 Struktur sperma.

Sperma akan dikeluarkan dari tubuh pada saat ejakulasi. Ejakulasi adalah pengeluaran semen dari uretra. Pada anak remaja, ejakulasi biasanya terjadi pada saat mimpi basah. Cairan yang diejakulasi adalah semen, yaitu cairan yang mengandung sperma. Walaupun hanya satu sperma yang diperlukan untuk membuahi ovum, dalam keadaan normal terdapat sekitar 100 juta sperma per mL semen.

8. Gangguan dan Penyakit pada Sistem Reproduksi Manusia

Sistem reproduksi manusia, baik pada pria maupun wanita, dapat mengalami gangguan atau menderita penyakit tertentu. Macam-macam penyakit pada sistem reproduksi manusia dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Macam-macam penyakit pada sistem reproduksi manusia.

Penyakit	Gejala/tanda-tanda	Masalah
Gonorea (kencing nanah), penyebabnya bakteri <i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Wanita: keluar nanah dari vagina dan saluran urine, tidak muncul gejala pada beberapa wanita Pria: keluar nanah pada penis dan saluran urine	Wanita: kebersihan, bayi dapat terinfeksi dari ibunya melalui proses kelahiran Pria: infeksi pada testis
Klamidiasis, penyebabnya bakteri <i>Chlamydia trachomatis</i>	Seperti halnya gonorea, tidak tampak gejala pada 70% wanita dan 10% pria	Wanita: kebersihan, bermasalah pada saat kehamilan Pria: kebersihan
Sifilis (raja singa), penyebabnya bakteri <i>Treponema pallidum</i>	Luka pada vagina atau penis	Melalui ibu hamil dapat ditularkan kepada fetusnya
Herpes genitalis, penyebabnya virus <i>Herpes simplex</i>	Luka pada vagina atau penis, berupa bercak-bercak berwarna kemerahan yang bergerombol di atas permukaan kulit	Bayi dapat terinfeksi dari ibunya melalui proses kelahiran
Kandidiasis (keputihan), penyebabnya jamur <i>Candida albicans</i>	Infeksi pada dinding vagina	Kurang menjaga kebersihan

9. Kesehatan Organ Reproduksi

Letaknya yang senantiasa tertutup membuat sebagian orang mengabaikan kebersihan dan kesehatan organ reproduksi. Kamu telah mengetahui gangguan dan penyakit yang dapat menyerang alat-alat reproduksi. Gangguan dan penyakit tersebut dapat terjadi jika kita tidak menjaga kebersihan dan kesehatan organ reproduksi. Oleh karena itu, sebagaimana bagian tubuh yang lain, organ-organ reproduksi juga harus dijaga dan dirawat dengan baik.

a. Pentingnya menjaga kesehatan organ reproduksi

Menjaga kesehatan organ reproduksi sangat penting karena kesehatan organ reproduksi menentukan kualitas generasi penerus atau keturunan. Organ reproduksi yang sehat akan menghasilkan keturunan yang sehat, demikian pula sebaliknya.

Kesehatan organ reproduksi dapat dijaga dengan beberapa cara, di antaranya sebagai berikut.

- a. Menjaga kebersihan organ reproduksi bagian luar.
- b. Mengonsumsi makanan yang higienis dan cukup nutrisi, yaitu makanan yang steril, serta bebas racun dan bahan kimia berbahaya.
- c. Tidak mengenakan celana yang terlalu ketat karena dapat menyebabkan peradangan pada organ reproduksi.
- d. Mengenakan pakaian dalam berbahan katun yang dapat menyerap keringat untuk mencegah kondisi lembap yang dapat memicu berkembangbiakan bakteri.
- e. Tidak melakukan hubungan seks bebas karena berisiko tinggi terkena penyakit kelamin yang berbahaya, seperti AIDS dan sifilis.

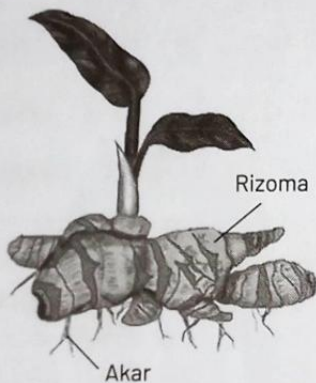
b. Menghindari pernikahan dini

Anjuran untuk menikah di usia dewasa sangat beralasan karena di usia tersebut diharapkan sudah terjadi kematangan fisik dan kematangan psikologi. Kematangan fisik sangat diperlukan ketika seorang wanita mengandung dan melahirkan anak. Kematangan fisik menandakan perkembangan organ-organ reproduksinya sudah siap untuk melaksanakan proses reproduksi.

Melakukan pernikahan sebelum cukup umur atau belum mencapai kematangan fisik akan berisiko bagi anak maupun ibunya. Anak yang dilahirkan kemungkinan tidak sempurna atau tidak sehat. Selain itu, organ reproduksi ibu kemungkinan juga belum berkembang sempurna untuk dapat menjaga pertumbuhan dan perkembangan janin.

Selain belum mencapai kematangan fisik, orang yang belum cukup umur juga belum matang secara mental (psikologis). Hal ini juga akan memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan janin.

- f. Apakah yang disebut rizoma? Tuliskan contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan rizoma.
- g. Apakah perbedaan cara berkembang biak tumbuhan singkong dengan ubi jalar?
- h. Bagaimana cara berkembang biak tumbuhan bawang merah?
- i. Apakah yang disebut tunas adventif? Tuliskan contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan tunas adventif.
- j. Dari hasil pengamatan dan diskusi kelompokmu, buatlah simpulan dari kegiatan ini.



Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.10 Rizoma jahe.

a. Rizoma

Rizoma (rimpang) merupakan batang yang tumbuh di dalam tanah. Oleh karena itu, rizoma mempunyai ciri yang sama dengan batang, yaitu berbuku-buku dan bertunas. Pada buku rizoma, terdapat kuncup yang dapat berkembang menjadi tunas. Tunas tersebut akan tumbuh menjadi tumbuhan baru di atas tanah. Akan tetapi, tumbuhan baru tetap bergabung dengan tumbuhan induk sehingga membentuk rumpun. Contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan rizoma adalah jahe, kunyit, temulawak, dan kencur. Lihat Gambar 1.10.



Sumber: shutterstock.com

Gambar 1.11 Umbi lapis pada bawang merah.

b. Umbi lapis (bulbus)

Umbi lapis merupakan batang yang tertutup lapisan daun berdaging. Lapisan daun berdaging merupakan cadangan makanan. Batangnya berbuku-buku sangat rapat. Setiap buku dapat tumbuh daun. Karena buku-bukunya sangat rapat, daun-daunnya berimpit berlapis-lapis. Daun terluar mengering dan berubah menjadi daun sisik yang melindungi daun

di sebelah dalam. Di ketiak daun, terdapat tunas yang dapat tumbuh menjadi umbi lapis baru yang disebut siung. Tumbuhan yang berkembang biak dengan umbi lapis adalah bawang merah, bawang putih, dan bakung. Lihat Gambar 1.11.

c. Umbi batang

Umbi batang merupakan bagian batang yang tumbuh di dalam tanah dan mengandung cadangan makanan, khususnya dalam bentuk amilum atau pati. Umbi batang mempunyai tunas yang dapat berkembang menjadi tumbuhan baru. Kentang dan ubi jalar merupakan contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan umbi batang. Lihat Gambar 1.12.

d. Umbi akar

Umbi akar merupakan akar yang digunakan untuk menyimpan cadangan makanan. Singkong, bengkuang, dan dahlia merupakan contoh tumbuhan yang menghasilkan umbi akar.

e. Tunas

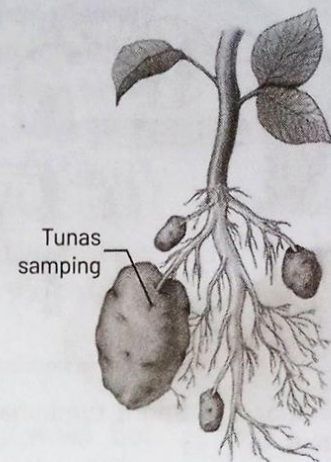
Tunas berasal dari ujung batang atau ketiak daun. Pisang dan tebu berkembang biak dengan tunas.

f. Tunas adventif

Tunas adventif merupakan tunas yang tumbuh tidak pada ujung batang dan ketiak daun. Tunas ini dapat tumbuh pada akar atau tepi daun. Tunas adventif yang dipisahkan dari tumbuhan induknya dapat tumbuh membentuk tumbuhan baru. Contoh tumbuhan yang dapat berkembang biak dengan tunas adventif pada daun adalah cocor bebek. Tumbuhan yang berkembang biak dengan tunas adventif pada akar adalah cemara, sukun, dan kesemek. Lihat Gambar 1.13.

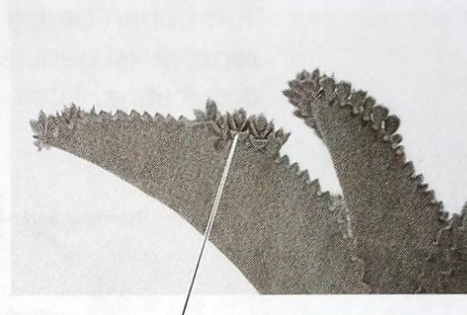
g. Stolon (geragih)

Stolon merupakan batang yang tumbuh menjalar di atas tanah. Pada ruas-ruas batang terdapat tunas yang dapat tumbuh menjadi tumbuhan baru. Walaupun tumbuhan baru tetap berhubungan dengan tumbuhan induknya, tumbuhan baru tidak bergantung pada tumbuhan induknya. Apabila stolonnya dipotong,



Sumber: dokumen penerbit

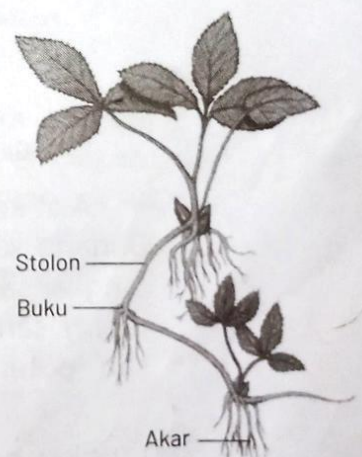
Gambar 1.12 Umbi batang pada kentang.



Tunas adventif di daun

Sumber: shutterstock.com

Gambar 1.13 Tunas adventif pada daun cocor bebek.



Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.14 Stolon pada stroberi.



Sumber: shutterstock.com

Gambar 1.15 Spora tumbuhan lumut.

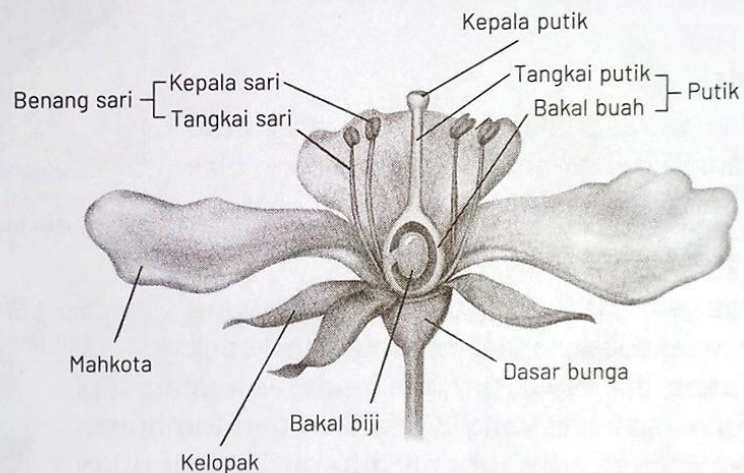
tumbuhan baru dapat terus tumbuh. Contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan stolon, yaitu arbei, stroberi, pegagan, dan rumput teki. Lihat Gambar 1.14.

h. Pembentukan spora

Beberapa tumbuhan, seperti lumut dan paku, berkembang biak dengan membentuk spora. Spora ini akan tumbuh dan berkembang menjadi tumbuhan baru. Lihat Gambar 1.15.

2. Reproduksi Generatif pada Tumbuhan Berbiji

Reproduksi generatif (seksual) pada tumbuhan tingkat tinggi contohnya terjadi pada tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae). Tumbuhan berbiji tertutup memiliki bunga. Bunga merupakan alat reproduksi generatif. Di dalam bunga, terdapat alat kelamin jantan dan betina. Lihat Gambar 1.16.



Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.16 Struktur bunga.

Alat kelamin jantan terdiri atas sejumlah benang sari (**stamen**). Benang sari memiliki kepala sari (**anther**) yang letaknya di ujung tangkai sari (**filamen**). Dalam kepala sari terdapat satu atau lebih ruang sari (**teka**) yang merupakan tempat terbentuknya serbuk sari (**polen**). Serbuk sari inilah yang disebut gamet jantan.

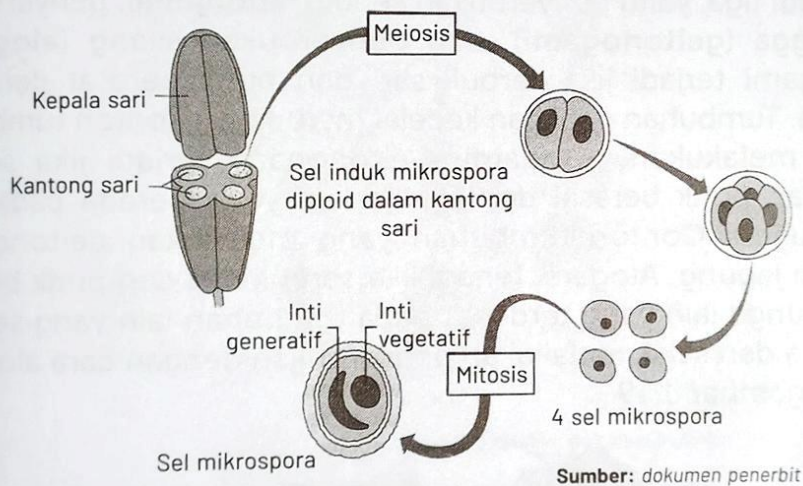
Alat kelamin betina (**putik**) tersusun atas bakal buah (**ovarium**), tangkai putik (**stilus**), dan kepala putik (**stigma**). Bakal buah merupakan tempat terdapatnya bakal biji. Bakal buah terletak di dasar bunga (**reseptakel**) dan bentuknya menggelembung.

Di dalam bakal biji, terdapat sel telur yang merupakan gamet betina. Tangkai putik merupakan suatu saluran sempit tempat lewatnya serbuk sari ketika pembuahan. Fungsi tangkai putik adalah menyokong kepala putik. Kepala putik merupakan bagian yang paling atas dari putik. Pada umumnya, kepala putik lengket dan berambut karena merupakan tempat melekatnya serbuk sari ketika terjadi penyerbukan.

Sebelum mempelajari cara reproduksi generatif pada tumbuhan lebih lanjut, simak penjelasan tentang pembelahan sel mitosis dan meiosis berikut.

a. Pembentukan sel kelamin jantan dan betina

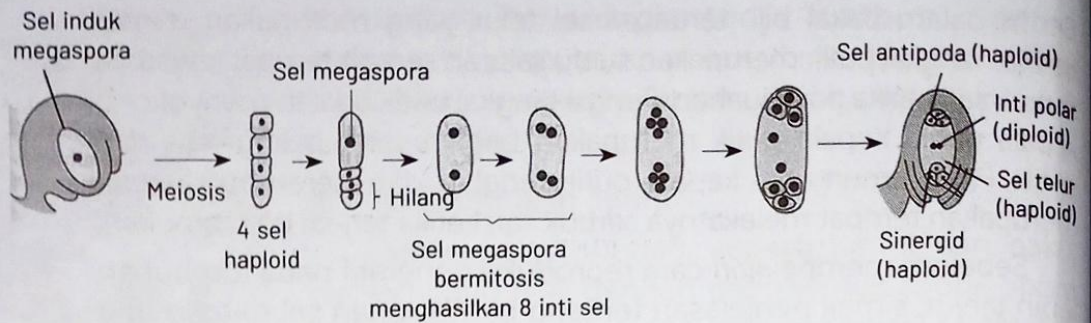
Di dalam ruang sari, terdapat sel induk mikrospora diploid. Sel induk mikrospora membelah secara meiosis dan menghasilkan empat sel mikrospora haploid. Setiap sel mikrospora haploid akan membelah secara mitosis dan menghasilkan dua inti, yaitu inti generatif dan inti vegetatif. Ketika bunga sudah dewasa, kantong sari akan pecah dan serbuk sari akan keluar dan jatuh di atas kepala putik. Lihat Gambar 1.17.



Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.17 Pembentukan sel kelamin jantan pada tumbuhan.

Di dalam bakal biji, terdapat sel induk megaspora (betina) diploid. Sel induk megaspora bermeiosis menghasilkan empat sel haploid. Dari empat sel tersebut, hanya satu yang hidup menjadi sel megaspora. Sel megaspora kemudian mengalami tiga kali mitosis menghasilkan delapan inti haploid. Enam inti akan berkembang menjadi enam sel haploid. Selanjutnya, tiga sel dari enam sel haploid tersebut bergerak ke kutub antipoda dan tiga sel lainnya bergerak ke kutub mikropil. Dua inti yang tersisa bergerak ke bagian tengah bakal biji. Dua inti ini melebur menjadi satu inti polar diploid. Tiga sel yang terdapat di kutub antipoda disebut **sel-sel antipoda**. Tiga sel yang terdapat pada kutub mikropil terdiri atas **satu sel telur** dan **dua sel sinergid**. Lihat Gambar 1.18.



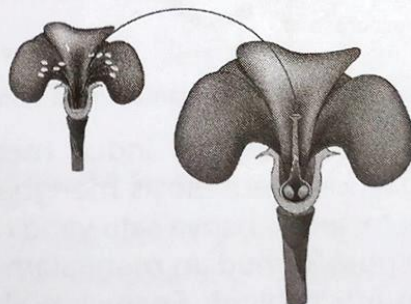
Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.18 Pembentukan sel kelamin betina pada tumbuhan.

b. Penyerbukan pada tumbuhan berbiji

Ketika bunga telah dewasa, kantong sari akan pecah dan serbuk sari keluar dari kantong sari. Kemudian, serbuk sari jatuh di atas kepala putik. Peristiwa jatuhnya atau menempelnya serbuk sari di atas kepala putik disebut **penyerbukan (polinasi)**.

Berdasarkan asal serbuk sari, penyerbukan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu penyerbukan sendiri (**autogami**), penyerbukan tetangga (**geitonogami**), dan penyerbukan silang (**alogami**). Autogami terjadi jika serbuk sari dan putik berasal dari satu bunga. Tumbuhan padi dan kedelai merupakan contoh tumbuhan yang melakukan autogami. Geitonogami terjadi jika serbuk sari dan putik berasal dari bunga lain yang berada pada satu tumbuhan. Contoh tumbuhan yang melakukan geitonogami adalah jagung. Alogami terjadi jika serbuk sari dan putik berasal dari bunga lain yang terdapat pada tumbuhan lain yang sejenis. Pepaya dan salak melakukan penyerbukan dengan cara alogami. Lihat gambar 1.19.



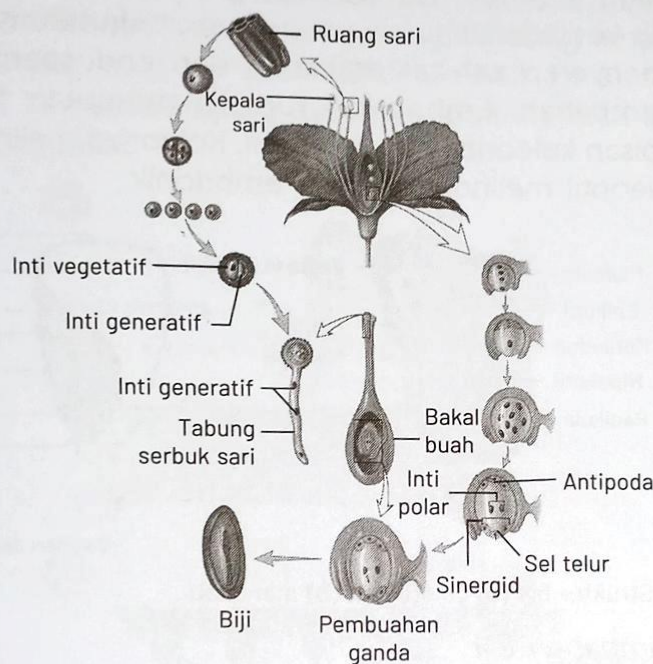
Sumber: shutterstock.com

Gambar 1.19 Penyerbukan silang.

c. Pembuahan pada tumbuhan berbiji

Pembuahan merupakan proses peleburan inti sel kelamin jantan dan betina. Ketika serbuk sari telah jatuh di atas kepala putik, inti generatif akan bermitosis membentuk dua inti generatif.

Sementara itu, inti vegetatif akan membentuk tabung serbuk sari yang bergerak sepanjang tangkai putik. Kedua inti generatif bergerak mengikuti di belakang inti vegetatif. Setelah sampai di kandung lembaga (bakal biji), satu inti generatif akan membuahi sel telur dan membentuk zigot diploid. Satu inti generatif lainnya akan membuahi inti polar membentuk inti kandung lembaga (bakal biji) sekunder yang triploid. Inti kandung lembaga (bakal biji) sekunder akan berkembang menjadi jaringan endosperma yang merupakan cadangan makanan untuk calon tumbuhan baru. Jadi, pada tumbuhan berbiji tertutup terjadi dua kali pembuahan sehingga disebut **pembuahan ganda**. Lihat Gambar 1.20.



Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.20 Proses pembuahan ganda pada tumbuhan berbunga.

d. Perkembangan biji

Setelah terjadi pembuahan, bakal biji akan berkembang menjadi biji dan bakal buah berkembang menjadi buah. Biji terletak di dalam buah. Biji akan berkecambah dan tumbuh menjadi individu baru di lingkungan yang sesuai.

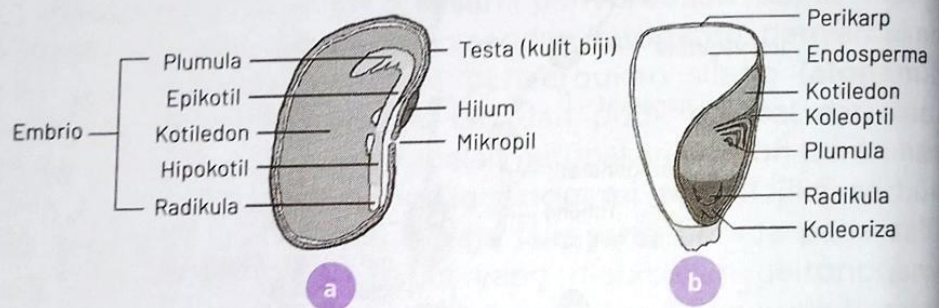
1) Struktur biji

Embrio dikelilingi oleh kotiledon dan endosperma yang merupakan persediaan makanan. Embrio dan persediaan makanannya terbungkus oleh selaput biji. Jika kita membuka biji kacang (dikotil), terlihat bahwa embrio melekat pada kotiledon. Di bawah titik pelekatan embrio dan kotiledon,

terdapat sumbu embrionik yang disebut **hipokotil**. Di bawah hipokotil, terdapat **radikula** yang merupakan bakal akar. Bagian sumbu embrionik di atas kotiledon adalah **epikotil**. Pada ujungnya terdapat **plumula** yang merupakan bakal daun.

Pada kacang-kacangan, sebelum biji berkecambah, kotiledon biji kacang-kacangan berdaging tebal. Sementara itu, kotiledon biji jarak sangat tipis dan menyimpan persediaan makanannya di endosperma. Kotiledon ini akan menyerap zat-zat makanan dari endosperma dan memindahkannya ke embrio ketika biji jarak mulai berkecambah.

Anggota famili rumput-rumputan, misalnya jagung, memiliki kotiledon khusus yang disebut **skutelum**. Skutelum akan menyerap zat-zat makanan dari endosperma selama perkecambahan. Embrio biji rumput-rumputan terbungkus oleh lapisan koleoriza dan koleoptil. Koleoriza melindungi akar dan koleoptil melindungi tunas embrionik.



Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.21 Struktur biji (a) dikotil dan (b) monokotil.

2) Perkecambahan biji

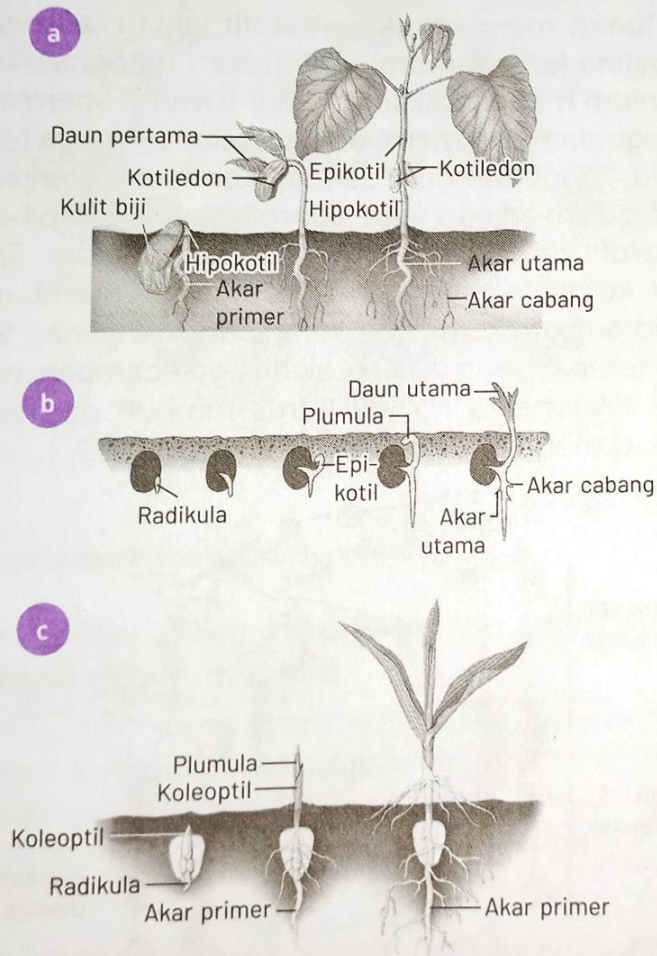
Perkecambahan biji bergantung pada proses imbibisi. **Imbibisi** merupakan penyerapan air oleh biji sehingga biji mengembang, memecahkan kulit biji, dan memicu perubahan metabolik pada embrio yang menyebabkan biji tersebut tumbuh. Zat-zat makanan dipindahkan dari endosperma atau kotiledon ke bagian embrio yang sedang tumbuh.

Organ pertama yang muncul dari biji yang berkecambah adalah radikula (bakal akar). Pada tanaman buncis, hipokotil akan tumbuh dan mendorong epikotil dan kotiledon ke atas permukaan tanah. Selanjutnya, plumula yang terletak di ujung epikotil akan berkembang menjadi daun pertama. Daun ini terus tumbuh dan berkembang menjadi hijau dan mulai berfotosintesis. Kotiledon akan layu dan rontok dari biji karena cadangan makanannya telah dihabiskan oleh embrio yang berkecambah. Perkecambahan biji yang disebabkan oleh

pertumbuhan hipokotil yang mendorong kotiledon dan epikotil ke atas permukaan tanah ini disebut tipe perkecambahan **epigeal**. Lihat Gambar 1.22a.

Tanaman kacang polong memiliki tipe perkecambahan yang berbeda. Epikotil biji kacang polong tumbuh memanjang dan kemudian menembus permukaan tanah. Hipokotil dan kotiledonnya tetap berada di dalam tanah. Tipe perkecambahan ini disebut tipe perkecambahan hipogeal. Lihat Gambar 1.22b.

Jagung dan tumbuhan monokotil lainnya memiliki tipe perkecambahan yang berbeda dari dua tipe perkecambahan di atas. Kileoptil yang merupakan pelindung tunas embrionik, menembus kulit biji dan mendesak naik ke atas permukaan tanah. Kemudian, ujung tunasnya tumbuh lurus ke atas. Lihat Gambar 1.22c.



Sumber: dokumen penerbit

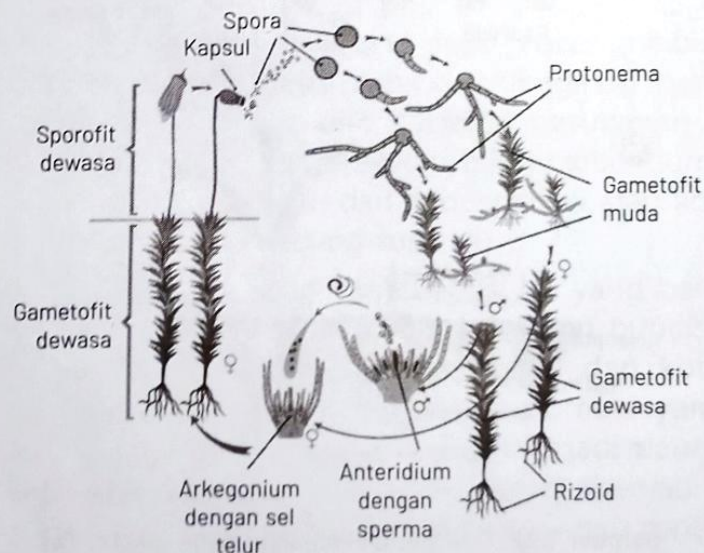
Gambar 1.22 Tipe perkecambahan pada dikotil: **(a)** epigeal dan **(b)** hipogeal; serta pada **(c)** monokotil.

3. Metagenesis

Siklus hidup tumbuhan memperlihatkan suatu pergiliran keturunan (metagenesis). Pergiliran keturunan meliputi fase **gametofit** dan **sporofit**. Fase gametofit atau fase generatif merupakan tahap menghasilkan gamet haploid. Fase sporofit atau fase vegetatif merupakan tahap menghasilkan spora. Gametofit menghasilkan gamet haploid yang akan menyatu membentuk zigot. Zigot berkembang menjadi sporofit diploid. Pembelahan sporofit menghasilkan spora yang menghasilkan generasi gametofit berikutnya. Tumbuhan lumut dan paku mengalami pergiliran keturunan. Pada tumbuhan lumut, gametofit merupakan tahapan dominan dan dapat diamati. Sementara itu, pada tumbuhan paku, sporofit merupakan tahapan dominan dan dapat diamati.

a. Metagenesis tumbuhan lumut (Bryophyta)

Pergiliran keturunan tumbuhan lumut adalah sebagai berikut. Tumbuhan lumut membentuk gametofit jantan (**anteridium**) dan gametofit betina (**arkegonium**). Anteridium menghasilkan sperma dan arkegonium menghasilkan sel telur (ovum). Sperma berenang menuju arkegonium dan membuahi sel telur sehingga terbentuklah zigot diploid. Zigot tumbuh dan berkembang menjadi sporofit embrionik di dalam arkegonium. Sporofit tumbuh dan berkembang menjadi sporofit dewasa yang memiliki sporangium. Sporangium merupakan kotak tempat spora haploid berkembang. Ketika penutup sporangium terbuka, spora akan menyebar. Spora yang jatuh pada tempat yang sesuai akan berkecambah membentuk **protonema**. Protonema haploid terus tumbuh dan berkembang membentuk tumbuhan lumut. Lihat Gambar 1.23.

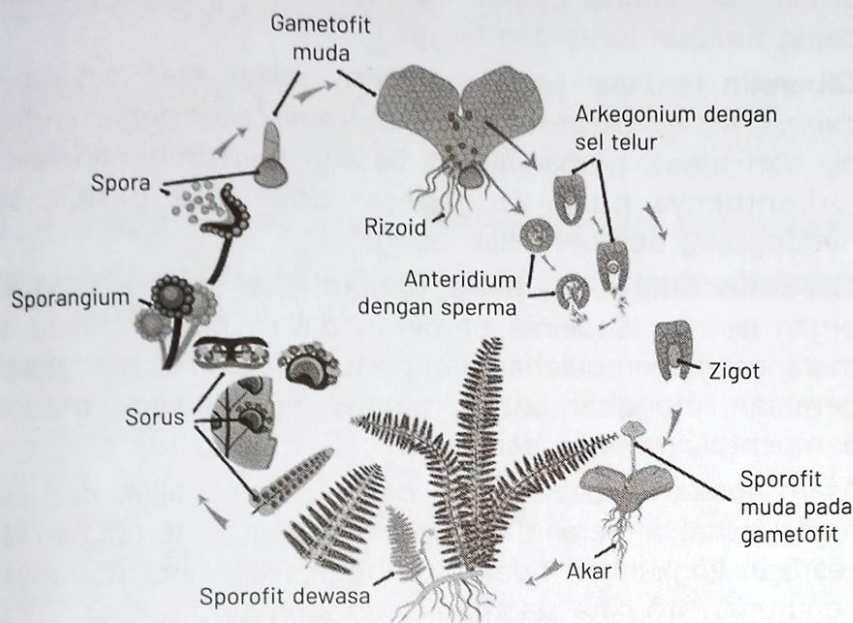


Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.23 Metagenesis tumbuhan lumut.

b. Metagenesis tumbuhan paku (Pteridophyta)

Pergiliran keturunan tumbuhan paku adalah sebagai berikut. Tumbuhan paku (sporofit) menghasilkan spora haploid. Spora akan berkembang menjadi protalium haploid. Masing-masing protalium memiliki organ kelamin jantan (anteridium) dan betina (arkegonium). Anteridium menghasilkan sperma dan arkegonium menghasilkan sel telur (ovum). Sperma berenang menuju arkegonium dan membuahi sel telur. Sel telur yang telah dibuahi berkembang menjadi sporofit baru (tumbuhan paku). Sporofit berkembang menjadi sporofit dewasa yang memiliki sorus berwarna cokelat. Di dalam sorus, terdapat sporangium yang menghasilkan spora. Lihat Gambar 1.24.



Sumber: dokumen penerbit

Gambar 1.24 Metagenesis tumbuhan paku.

4. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

Faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan terbagi atas faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi gen dan hormon. Faktor eksternal meliputi air dan mineral, suhu, kelembapan, serta cahaya.

a. Gen

Ukuran, bentuk, dan kecepatan tumbuh dikendalikan oleh gen-gen yang terdapat di dalam kromosom. Gen-gen tersebut diwariskan dari induk tumbuhan kepada keturunannya. Gen-gen tersebut akan mengatur pola dan kecepatan pertumbuhan, serta perkembangan tumbuhan.

b. Hormon

Hormon merupakan senyawa organik yang mengatur pertumbuhan tumbuhan. Hormon juga dikenal sebagai zat tumbuh. Beberapa contoh hormon tumbuhan adalah auksin, giberelin, sitokinin, asam absisat, dan etilen.

- 1) **Auksin** terdapat di embrio biji, meristem apikal, dan daun-daun muda. Auksin berfungsi untuk merangsang pemanjangan batang, pertumbuhan, diferensiasi, percabangan akar, dominansi apikal, dan merangsang pembentukan bunga dan buah. Auksin yang terdapat pada ujung batang (meristem apikal) dapat menghambat pertumbuhan tunas cabang. Keadaan ini disebut **dominansi apikal**. Karena hormon inilah, tumbuhan dapat tumbuh lurus dan tinggi.
- 2) **Giberelin** terdapat pada meristem apikal akar, batang, dan daun. Giberelin berperan dalam mempercepat perkecambahan biji dan tunas, pemanjangan batang, pertumbuhan raksasa, terbentuknya buah yang besar dan tidak berbiji, serta merangsang pembentukan bunga.
- 3) **Sitokinin** dihasilkan pada bagian akar dan diangkut ke organ lainnya. Sitokinin berperan dalam pertumbuhan akar, merangsang pembelahan dan pertumbuhan sel, menghambat penuaan, menghambat dominansi apikal, serta mengatur pembentukan bunga dan buah.
- 4) **Asam absisat** terdapat pada daun, batang, akar, dan buah. Asam absisat berperan dalam menghambat pertumbuhan ketika keadaan lingkungan tidak memungkinkan serta merangsang penutupan stomata selama kekurangan air.
- 5) **Gas etilen** terdapat pada buah yang matang, batang, daun, dan bunga yang sudah tua. Gas etilen berperan dalam pematangan buah serta pengguguran daun dan bunga.

c. Air dan mineral

Tumbuhan memerlukan air dan mineral untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Air dan mineral diserap dari dalam tanah oleh akar. Air berfungsi sebagai pelarut dan untuk fotosintesis. Mineral, seperti karbon, nitrogen, fosfat, kalsium, dan magnesium berguna sebagai bahan pembangun tubuh tumbuhan.

d. Suhu

Tumbuhan dapat tumbuh dengan baik pada suhu optimum, yaitu sekitar 22°C–37°C. Tumbuhan tidak tumbuh pada suhu kurang dari 0° dan lebih dari 40°C.

e. Kelembapan

Kelembapan menunjukkan kandungan air di tanah dan udara. Jika kelembapan rendah, transpirasi akan meningkat sehingga penyerapan air dan mineral semakin banyak. Keadaan ini dapat memicu laju pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

f. Cahaya

Cahaya matahari sangat diperlukan dalam proses fotosintesis. Proses fotosintesis menghasilkan makanan yang dapat digunakan untuk mendapatkan energi dan membangun tubuh. Tumbuhan yang tumbuh di tempat gelap dapat mengalami **etiolasi**, yaitu batang tumbuh kurus memanjang, pucat, dan daun tidak berkembang. Etiolasi disebabkan meningkatnya aktivitas auksin dalam keadaan tanpa cahaya.

**KEGIATAN 1.4**

Judul : Pengaruh Cahaya terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

Tujuan : Mengamati pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

- Sediakan
 - 2 buah pot berisi tanah
 - 20 biji jagung
 - Air
 - Mistar
 - Alat tulis
- Beri tanda A dan B pada masing-masing pot. Tanam ke dalam masing-masing pot sebanyak 10 biji jagung.
- Letakkan pot A di tempat terang dan pot B di tempat gelap. Sirami setiap hari dengan air secukupnya.
- Ukur panjang tanaman pada kedua pot tersebut. Pengukuran dimulai dari permukaan tanah sampai ujung batang. Lakukan pengukuran setiap hari selama 10 hari.
- Amati pula perbedaan warna tumbuhan dan ciri lainnya.
- Buat tabel hasil pengamatan untuk mencatat data yang kalian peroleh. Tabel berisi hari dan tinggi tanaman (mm).
- Buat grafik pertumbuhan tanaman yang kalian amati dan isilah tabel berikut.

Hasil Pengamatan:

Hari ke-	Tinggi tanaman (mm)	
	Pot A	Pot B
1		
2		
3		