Suci Rahmawati, Hilda Aqua Kusuma Wardhani, I Nengah Suka Widana,
Evi Mintowati Kuntorini, Sailana Mira Rangkuty, Zulfa Zakiah,
Dwi Gusmalawati, Gusti Nur Aida Fasha, Muliawati, Lucia Desti Anitasari





EMBRIOLOGI TUMBUHAN



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

Suci Rahmawati, Hilda Aqua Kusuma Wardhani, I Nengah Suka Widana,
Evi Mintowati Kuntorini, Sailana Mira Rangkuty, Zulfa Zakiah,
Dwi Gusmalawati, Gusti Nur Aida Fasha, Muliawati, Lucia Desti Anitasari

Penerbit Widina

EMBRIOLOGI TUMBUHAN

Tim Penulis:
Suci Rahmawati, Hilda Aqua Kusuma Wardhani, I Nengah Suka Widana, Evi Mintowati Kuntorini, Sailana Mira Rangkuty, Zulfa Zakiah, Dwi Gusmalawati, Gusti Nur Aida Fasha, Muliawati, Lucia Desti Anitasari

Desain Cover:
Helmaria Ulfa

Sumber Ilustrasi:
www.freepik.com

Tata Letak:
Handarini Rohana

Editor:
Aas Masruroh

ISBN:
978-634-317-164-5

Cetakan Pertama:
Agustus, 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang
by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:
WIDINA MEDIA UTAMA
Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025
Website: www.penerbitwidina.com
Instagram: @penerbitwidina
Telepon (022) 87355370

KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang teramat dalam dan tiada kata lain yang patut kami ucapkan selain mengucap rasa syukur. Karena berkat rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, buku yang berjudul "Embriologi Tumbuhan" telah selesai di susun dan berhasil diterbitkan, semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih keilmuan dan penambah wawasan bagi siapa saja yang memiliki minat terhadap pembahasan tentang Embriologi Tumbuhan.

Embriologi tumbuhan merupakan cabang ilmu yang mempelajari tahapan reproduksi seksual tumbuhan, mulai dari pembentukan gamet, proses penyerbukan dan pembuahan, perkembangan zigot, pembentukan embrio, endosperma, biji, hingga proses perkecambahan. Pemahaman terhadap berbagai proses tersebut sangat penting karena berkaitan erat dengan perkembangan tumbuhan, pewarisan sifat, konservasi plasma nutfah, pemuliaan tanaman, bioteknologi, serta peningkatan produktivitas pertanian yang berkelanjutan.

Buku ini disusun secara sistematis dengan menyajikan berbagai konsep dasar embriologi tumbuhan, struktur dan fungsi organ reproduksi, mikrosporogenesis dan megasporogenesis, perkembangan gametofit jantan dan betina, mekanisme pembuahan ganda pada tumbuhan berbunga, perkembangan embrio dan endosperma, pembentukan buah dan biji, dormansi, perkecambahan, serta berbagai aspek perkembangan embrio pada kelompok tumbuhan lainnya. Pembahasan juga dilengkapi dengan perkembangan ilmu embriologi modern yang didukung oleh kemajuan biologi molekuler, kultur jaringan, genetika, dan bioteknologi tanaman.

Juli, 2026

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **iii**
DAFTAR ISI ..... **iv**
BAB 1 PENGANTAR EMBRIOLOGI TUMBUHAN **1**
A. Pendahuluan 2
B. Definisi Embriologi Tumbuhan 3
C. Sejarah dan Perkembangan Ilmu Embriologi 3
D. Menemukan Hidup Dalam Gen: Integrasi Genetika Dalam Pemahaman Embriogenesis 12
E. Konsep Dasar Embriogenesis 16
F. Relevansi dan Aplikasi Embriologi Tumbuhan 17
G. Ruang Lingkup Embriologi Tumbuhan 17
H. Rangkuman Materi 25
BAB 2 DASAR-DASAR REPRODUKSI TUMBUHAN **27**
A. Pendahuluan 28
B. Reproduksi Generatif 29
C. Reproduksi Vegetatif 30
D. Gametofit 40
E. Rangkuman Materi 43
BAB 3 PEMBENTUKAN DAN PEMBELAHAN SEL GAMET **45**
A. Embriologi Tumbuhan 46
B. Reproduksi Seksual Pada Tumbuhan 48
C. Struktur dan Perkembangan Organ Reproduktif Pada Tumbuhan 51
D. Reproduksi Seksual Pada Angiospermae 52
E. Reproduksi Seksual Pada Gymnospermae 59
F. Rangkuman Materi 63
BAB 4 PEMBENTUKAN EMBRIO **67**
A. Pendahuluan 68
B. Perkembangan 68
C. Proses Diferensiasi Pada Tumbuhan (Regulasi, Mekanisme dan Aplikasi) 70

D. Rangkuman Materi 81
BAB 5 ENDOSPERM DAN NUTRISI EMBRIO 83
A. Pendahuluan 84
B. Endosperm 85
C. Nutrisi Embrio 90
D. Rangkuman Materi 104
BAB 6 EMBRIOGENESIS SOMATIK DAN KULTUR JARINGAN 107
A. Pendahuluan 108
B. Embriogenesis Somatik In Vivo 109
C. Embriogenesis Somatik In Vitro 111
D. Rangkuman Materi 123
BAB 7 DORMANSI DAN PERKECAMBAHAN BIJI 125
A. Pendahuluan 126
B. Poliembrioni 127
C. Variasi Embrio 138
D. Rangkuman Materi 141
BAB 8 APLIKASI EMBRIOLOGI DALAM BIOTEKNOLOGI TUMBUHAN 145
A. Pendahuluan 146
B. Dasar Embriologi Tumbuhan 148
C. Teknik Berbasis Embriologi Dalam Kultur Jaringan 150
D. Aplikasi Embriologi Dalam Pemuliaan dan Rekayasa Genetik . 152
E. Prospek dan Tantangan Masa Depan 155
F. Rangkuman Materi 157
BAB 9 POLIEMBRIONI DAN VARIASI EMBRIO 161
A. Pendahuluan 161
B. Tantangan Biologi 163
C. Tantangan Aplikasi dan Bioteknologi 168
D. Strategi dan Upaya Mengatasi Tantangan/Masalah Embriologi Tumbuhan 171
E. Rangkuman Materi 174
BAB 10 EMBRIOLOGI TUMBUHAN: TINJAUAN EVOLUSI DAN KEKERABATAN 179
A. Pendahuluan 180
B. Tinjauan Umum Embriologi Tumbuhan,

Evolusi dan Studi Filogenetik 181
C. Perkembangan Sejarah Dalam Evolusi Embriologi Tumbuhan 181
D. Perbedaan Embriologi Tumbuhan Antara Angiosprema dan Gymnosperma 185
E. Peran Penting Kajian Embriologi Tumbuhan Dalam Memahami Strategi Adaptasi Selama Evolusi 186
F. Embriologi Tumbuhan dan Mekanisme Evolusioner Dalam Adaptasi Tumbuhan 186
G. Data Embriologis Sebagai Bukti Filogeni 188
H. Integrasi Data Molekuler Dalam Studi Evolusi Embriologi 188
I. Rangkuman Materi 189
DAFTAR PUSTAKA 191
GLOSARIUM 210
PROFIL PENULIS 233



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

BAB 1: PENGANTAR EMBRIOLOGI TUMBUHAN

Suci Rahmawati, S.Pd., M.Pd
Universitas Negeri Medan

BAB 1
PENGANTAR EMBRIOLOGI TUMBUHAN

A. PENDAHULUAN

Embriologi tumbuhan adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari perkembangan dan pembentukan embrio pada tumbuhan, mulai dari fertilisasi (pembuahan) hingga terbentuknya individu muda yang siap tumbuh menjadi tumbuhan dewasa. Studi ini meliputi proses-proses yang terjadi di dalam benih, perkembangan gamet (sel kelamin), fertilisasi, serta perkembangan awal embrio dan organ-organ tumbuhan.

Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, embriologi dapat diaplikasikan dalam praktik yang luas mulai dari pertanian, hortikultura dan bioteknologi sebagai contoh perkembangan kultur jaringan dan rekayasa genetik. Dalam artian embriologi tumbuhan adalah pondasi dasar yang erat kaitannya ke berbagai bidang ilmu. Embriologi membantu kita memahami peta tubuh tanaman sejak tahap awal kehidupan, misalnya sejak dari embrio, akar telah terprogram tumbuh ke bawah, menembus tanah untuk menyerap nutrisi. Namun bagaimana jika tanaman tumbuh di lingkungan yang tidak sesuai seperti kekeringan? Di sinilah peranan embriologi menjadi sangat penting. Melalui pemahaman proses embriogenesis, para ilmuwan kini dapat merekayasa gen atau memodifikasi hormon pertumbuhan agar akar tumbuh kuat dan lebih panjang untuk menyerap air lebih dalam dan tetap bertahan di kondisi ekstrem. Dengan demikian, embriologi tumbuhan tidak hanya menjelaskan bagaimana kehidupan tumbuhan dimulai tetapi juga membuka peluang besar dalam pengembangan inovasi pertanian berkelanjutan yang adaptif terhadap perubahan lingkungan global.



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

BAB 2: DASAR-DASAR REPRODUKSI TUMBUHAN

Hilda Aqua Kusuma Wardhani, M.Si
Universitas Kapuas

BAB 2
DASAR-DASAR REPRODUKSI TUMBUHAN

A. PENDAHULUAN

Reproduksi merupakan ciri khas dari suatu kehidupan dan merupakan hasil dari rangkaian proses yang berperan dalam mempertahankan keberlangsungan spesies dan menjaga keberagaman genetik di alam. Melalui proses ini, tumbuhan mampu menghasilkan individu baru, baik dengan cara mempertahankan sifat genetik yang sama maupun dengan menghasilkan kombinasi genetik baru. Secara umum, reproduksi pada tanaman dapat berlangsung melalui reproduksi generatif (seksual) dan reproduksi vegetatif (aseksual). Reproduksi generatif merupakan reproduksi yang melibatkan peleburan gamet jantan dan gamet betina sehingga menghasilkan variasi genetik. Sedangkan reproduksi vegetatif terjadi tanpa keterlibatan gamet dan menghasilkan keturunan yang identik dengan induknya.

Reproduksi seksual menjadi ciri khas yang penting dalam kelompok tumbuhan berbiji (Spermatophyta), karena menghasilkan biji sebagai struktur utama dalam penyebaran dan kelangsungan hidup tumbuhan. Spermatophyta sendiri mencakup dua kelompok besar yaitu Gymnospermae (tumbuhan biji terbuka) dan Angiospermae (tumbuhan biji tertutup). Gymnospermae menggunakan strobilus sebagai organ reproduksi, sedangkan angiospermae menggunakan bunga sebagai organ reproduksi yang lebih kompleks. Perbedaan ini memberikan variasi strategi reproduksi yang menarik untuk dipelajari.

Kajian mengenai dasar-dasar reproduksi tumbuhan sangat penting. Pemahaman yang mendalam tentang reproduksi tumbuhan, akan memberikan landasan ilmiah bagi pengembangan teknologi budidaya tanaman serta pemuliaan tanaman dalam rangka konservasi sumber daya hayati. Oleh karena itu, pada bab ini akan membahas secara



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

BAB 3: PEMBENTUKAN DAN PEMBELAHAN SEL GAMET

Drs. I Nengah Suka Widana, M.Si
Universitas PGRI Mahadewa

BAB 3
PEMBENTUKAN DAN PEMBELAHAN SEL GAMET

A. EMBRIOLOGI TUMBUHAN

Embriologi tumbuhan adalah merupakan cabang Botani yang fokus mempelajari perkembangan embrio tanaman dari sel telur yang telah dibuahi atau zigot, menjadi embrio matang di dalam biji. Bidang kajian Embrio Tumbuhan mencakup pembentukan tubuh tumbuhan, termasuk pembentukan sumbu apikal-basal, lapisan jaringan, serta kutub akar dan pucuk. Bidang ini juga mencakup perkembangan struktur reproduksi seperti sporangia, gametofit, dan biji. Pada Bab ini akan dibahas pembentukan dan pembelahan sel telur dalam siklus hidup tumbuhan berbiji (Spermatophyta), dan yang terkait dengan proses reproduksi generative tumbuhan. Tahap penentuan pada embriogenesis tumbuhan yaitu adanya inisiasi dari suatu sel prekursor non-embrionik. Proses alamiah ini terjadi ketika sel telur (n) dibuahi oleh sel spermatozoa (n) yang mengubah gamet haploid menjadi sporofit diploid. Peristiwa ini sebagai langkah awal dalam perkembangan embrio (Vries dan Weijers, 2017). Hasil pengamatan pada akhir1950an bahwa inisiasi embrio pada tumbuhan tidak terbatas pada sel telur. Hal tersebut terjadi pada sel somatik wortel yang ditumbuhkan dalam media sintetis penuh dengan fitohormon auksin sintetis 2,4-D menghasilkan embrio dalam jumlah besar. Dengan metoda yang sama pada banyak spesies tumbuhan, juga dapat menghasilkan embrio, dari sel-sel yang bukan berasal dari sel gamet jantan dan sel gamet betina dan bahkan dapat dipicu oleh stres pada mikrospora haploid. Dengan demikian, embriogenesis adalah sifat yang dapat dipicu secara universal pada sel tumbuhan.



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

BAB 4: PEMBENTUKAN EMBRIO

Dr. Dra. Evi Mintowati Kuntorini, M.Si.
Prodi Biologi FMIPA Universitas Lambung Mangkurat

BAB 4
PEMBENTUKAN EMBRIO

A. PENDAHULUAN

Perkembangan dan diferensiasi jaringan tumbuhan adalah proses kunci yang memungkinkan tumbuhan membentuk berbagai organ dan beradaptasi dengan lingkungan. Proses ini melibatkan regulasi ketat pada tingkat seluler, molekuler, dan hormonal, serta interaksi antara faktor internal dan eksternal. Diferensiasi jaringan tumbuhan diatur oleh interaksi kompleks antara hormon, faktor genetik, dan sinyal lingkungan. Proses ini memungkinkan tumbuhan membentuk struktur dan fungsi jaringan yang beragam, serta beradaptasi terhadap perubahan lingkungan melalui mekanisme regulasi yang fleksibel dan dinamis.

B. PERKEMBANGAN

Perkembangan mencakup semua perubahan yang dialami suatu organisme selama siklus hidupnya. Dalam kasus benih, siklus hidupnya dimulai dengan perkecambahan dan berakhir dengan penuaan. Proses ini mencakup semua tahapan – pembelahan sel, pemanjangan sel, diferensiasi, pematangan, dan sebagainya. Pembelahan sel terjadi di jaringan meristematik, yang memungkinkan terjadinya pemanjangan atau perluasan sel. Sel-sel ini menjalani proses diferensiasi dan membentuk sel dewasa yang kemudian mengalami senesens (penuaan) dan akhirnya mati. Inilah keseluruhan proses perkembangan pada tumbuhan.

Proses perkembangan dianggap sebagai keseluruhan pertumbuhan dan diferensiasi. Proses ini pada tumbuhan dikendalikan oleh berbagai faktor, baik yang bersifat intrinsik, seperti faktor genetik dan faktor kimia, maupun faktor ekstrinsik, termasuk cahaya, suhu, nutrisi, air, oksigen, dan sebagainya.



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

BAB 5: ENDOSPERM DAN NUTRISI EMBRIO

Sailana Mira Rangkuty, M.Pd
Universitas Negeri Medan

BAB 5
ENDOSPERM DAN NUTRISI EMBRIO

A. PENDAHULUAN

Endosperm adalah jaringan nutrisi yang dihasilkan pada biji tumbuhan berbunga (angiospermae). Endosperm merupakan hasil dari peristiwa fertilisasi ganda. Endosperm berfungsi sebagai sumber makanan yang utama untuk embrio atau calon individu yang akan berkembang. Unsur makanan yang disediakan diantaranya karbohidrat, protein, dan lemak. Endosperm sangat penting pada tahap awal perkembangan biji, karena membantu menunjang pertumbuhan embrio hingga nantinya biji mampu melakukan fotosintesis secara mandiri. Endosperm juga menentukan ukuran dan viabilitas (daya hidup) biji. Sehingga endosperm berdampak pada hasil panen tanaman-tanaman yang dibudidayakan secara bertani, seperti padi dan gandum.

Pertumbuhan embrio pada tumbuhan adalah tahap vital pada daur hidup tanaman, yang memastikan keberhasilan pertumbuhan dan keterlanjutan spesies tumbuhan. Embrio yang terbentuk setelah peristiwa pembuahan memerlukan persediaan nutrisi yang memadai untuk menunjang kehidupan. Seperti untuk peristiwa pembelahan sel, diferensiasi jaringan, juga pembentukan struktur dasar seperti akar, batang, serta daun pertama. Nutrisi ini tidak dibuat sendiri oleh embrio pada tahap awal. Nutrisi didapat dari cadangan makanan yang disimpan pada Endosperm atau kotiledon tergantung pada tipe tumbuhan. Eksistensi dan susunan nutrisi ini amat berdampak pada daya hidup benih serta keberhasilan perkecambahan.



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

BAB 6: EMBRIOGENESIS SOMATIK DAN KULTUR JARINGAN

Dr. Zulfa Zakiah, S.Si., M.Si
Jurusan Biologi FMIPA Universitas Tanjungpura

BAB 6
EMBRIOGENESIS SOMATIK DAN KULTUR JARINGAN

A. PENDAHULUAN

Embriogenesis adalah proses pembentukan embrio, baik embrio yang berkembang dari zigot (*embriogenesis zigotik*) maupun embrio yang berkembang dari sel somatik (*embriogenesis somatik*). Embriogenesis zigotik terjadi setelah terjadinya fusi gamet (Biradar, 2018). Sementara itu, embriogenesis somatik merupakan proses ketika sel somatik (sel tubuh, bukan sel kelamin) berkembang menjadi embrio baru tanpa melalui fusi gamet. Proses ini berlangsung melalui tahapan perkembangan embrio yang spesifik, yaitu ketika sel somatik mengalami pembelahan dan diferensiasi untuk membentuk embrio yang secara struktur dan fungsi serupa dengan embrio zigotik yang berasal dari fertilisasi (Bhojwani & Dantu, 2013).

Embriogenesis somatik dapat terjadi secara alami. Ada beberapa jalur yang mengarah pada pembentukan embrio, di antaranya embriogenesis apomiktik, yaitu proses yang terjadi di dalam bakal biji (ovulum) dan menghasilkan embrio somatik yang secara genetik identik dengan tanaman induk**,** di samping embrio zigotik yang dihasilkan melalui fertilisasi**.** Jalur lainnya terjadi pada tanaman cocor bebek, yang menghasilkan struktur bipolar kecil di sekitar daunnya dan kemudian berkembang menjadi tanaman baru pada kondisi lingkungan tertentu, seperti panas dan kekeringan **(**Guan *et al*, 2016)

Pembentukan embrio somatik juga dapat diinduksi melalui kultur *in vitro* dari sel yang berasal dari eksplan jaringan vegetatif. Embrio somatik dapat diinduksi secara langsung dari sel somatik individu atau secara tidak langsung melalui kalus embriogenik. Embriogenesis somatik tidak langsung merupakan jalur yang paling umum digunakan dalam perbanyakan tanaman budidaya. Induksi kalus embriogenik



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

BAB 7: DORMANSI DAN PERKECAMBAHAN BIJI

Dr. Dwi Gusmalawati, S.Si., M.Si.
Unversitas Tanjungpura Pontianak

BAB 7
DORMANSI DAN PERKECAMBAHAN BIJI

A. PENDAHULUAN

Reproduksi pada Spermatophyta merupakan proses penting dalam menentukan kelangsungan hidup dan keragaman genetik suatu spesies. Salah satu fenomena menarik dalam embriologi tumbuhan adalah **poliembrioni**, yaitu terbentuknya lebih dari satu embrio di dalam satu biji. Fenomena ini ditemukan pada kelompok Spermatophyta (Gymnospermae dan Angiospermae).

Poliembrioni dapat terjadi melalui beberapa mekanisme, seperti pembelahan embrio zigotik, perkembangan sel-sel dalam kantung embrio selain zigot, maupun melalui jaringan sporofit di sekitar embrio. Fenomena ini berperan penting dalam memahami proses perkembangan embrio, potensi variasi regenerasi tanaman, dan aplikasinya dalam bidang pertanian serta perbanyakan vegetatif.

Selain poliembrioni, pada Spermatophyta juga dikenal adanya **variasi embrio** yang dihasilkan melalui proses berbeda, seperti apomiksis, partenogenesis, atau perkembangan embrio adventif. Variasi embrio ini menunjukkan adanya fleksibilitas dalam sistem reproduksi tumbuhan, yang dapat memberikan keuntungan adaptif dalam menghadapi lingkungan yang fluktuatif. Oleh karena itu, poliembrioni yang berhubungan dengan ovulum, pembentukan, klasifikasi, jenis tanaman, penyebab, derajat, manfaat poliembrioni, serta variasi embrio berdasarkan jumlah kotiledon, asal, jumlah, letak dan perkembangan embrio perlu dipelajari karena penting untuk memahami mekanisme dasar reproduksi tumbuhan, mendukung pemuliaan tanaman, mempercepat produksi bibit unggul, serta membuka peluang inovasi bioteknologi.



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

BAB 8: APLIKASI EMBRIOLOGI DALAM BIOTEKNOLOGI TUMBUHAN

Gusti Nur Aida Fasha, M.Sc.
Jurusan Biologi FMIPA ULM

BAB 8
APLIKASI EMBRIOLOGI DALAM BIOTEKNOLOGI TUMBUHAN

A. PENDAHULUAN

Embriologi tumbuhan merupakan disiplin ilmu fundamental yang mencakup penjelasan mendalam secara seluler dan molekuler dari seluruh proses reproduksi tumbuhan, baik secara seksual maupun aseksual. Pemahaman yang mendalam mengenai tahapan gametogenesis (mikro- dan megagametogenesis), mekanisme pembuahan ganda, dan jalur perkembangan zigot menjadi embrio matang syarat penting dalam mempelajari bidang ilmu ini. Studi terkait embriologi tumbuhan dapat mengungkap struktur kompleks kantung embrio dan peran penting endosperma sebagai jaringan penyedia nutrisi, yang secara langsung memengaruhi kualitas benih dan keberhasilan perkecambahan. Variasi strategi reproduksi, seperti apomiksis — reproduksi aseksual melalui biji — juga diidentifikasi dan di karakterisasi melalui pendekatan embriologis; misalnya, penelitian mutakhir menunjukkan regulasi genetik dan molekuler apomiksis serta potensinya dalam pemuliaan tanaman (Xue et al., 2024). Pemahaman terkait embriologi tumbuhan merupakan kunci awal dalam upaya untuk memanipulasi atau meningkatkan potensi reproduksi tanaman secara genetik, terutama dengan mengarahkan jalur reproduksi alami menuju mekanisme apomiktik yang stabil dan efisien (Hojsgaard et al., 2024).

Pengetahuan terkait embriologi ini kemudian menjadi sangat berkaitan dan terintegrasi dalam bioteknologi modern dan pemuliaan tanaman terutama penerapannya dalam teknik in vitro. Teknik in vitro dalam bioteknologi adalah hal yang esensial, seperti metode embriogenesis somatik dan kultur embrio zigotik. Adapun, praktiknya didasarkan pada pengetahuan tentang potensi perkembangan sel-sel



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

BAB 9: POLIEMBRIONI DAN VARIASI EMBRIO

Muliawati, M.Pd.
Universitas Negeri Medan (UNIMED)

BAB 9
POLIEMBRIONI DAN VARIASI EMBRIO

A. PENDAHULUAN

Embriologi tumbuhan adalah cabang ilmu Botani yang mempelajari seluruh tahapan perkembangan embrio, mulai dari pembentukan gamet, proses fertilisasi, pembentukan zigot hingga perkembangan embrio menjadi individu baru. Ilmu ini memiliki peran penting dalam memahami dasar reproduksi tumbuhan dan aplikasinya dalam peningkatan produktivitas pertanian, konservasi plasma nutfah, serta pengembangan Bioteknologi tanaman. Melalui embriologi, para peneliti dapat menelusuri proses pembentukan struktur dasar tanaman seperti akar, batang, dan daun sejak tahap paling awal. Namun, kompleksitas proses biologis yang melibatkan interaksi antara gen, hormon, dan lingkungan menyebabkan embriologi tumbuhan masih menyimpan berbagai misteri dan permasalahan yang belum sepenuhnya terpecahkan.

Dalam dua dekade terakhir, kemajuan teknologi molekuler dan Bioteknologi Kultur Jaringan telah membuka peluang besar untuk memahami embriogenesis, baik secara zigositik maupun somatik. Meskipun demikian, banyak tantangan mendasar yang masih dihadapi, antara lain keterbatasan dalam memahami regulasi dan epigenetik selama pembentukan embrio, perbedaan respons antarspesies terhadap induksi embriogenesis, serta rendahnya efisiensi regenerasi tanaman dalam kultur *in vitro*. Selain itu, masalah seperti pembentukan embrio abnormal, ketidakseimbangan hormon pertumbuhan, dan munculnya variasi somaklonal menjadi hambatan serius dalam penerapan embriologi pada program perbanyakan tanaman maupun rekayasa genetik.

Labih jauh lagi, dinamika perubahan lingkungan global seperti peningkatan suhu, kekeringan dan perubahan kadar CO_2 juga menjadi tantangan baru bagi studi embriologi tumbuhan. Faktor-faktor tersebut



EMBRIOLOGI TUMBUHAN

BAB 10: EMBRIOLOGI TUMBUHAN: TINJAUAN EVOLUSI DAN KEKERABATAN

Lucia Desti Anitasari, S.Si., M.Sc.
Universitas Lambung Mangkurat

BAB 10
EMBRIOLOGI TUMBUHAN: TINJAUAN EVOLUSI DAN KEKERABATAN

A. PENDAHULUAN

Embriologi tumbuhan mempelajari pada tahap awal pembentukan dan perkembangan individu baru dari hasil fertilisasi, pembentukan zigot hingga terbentuknya embrio dan biji. Dalam tinjauan evolusi, embriologi bukan hanya studi tentang struktur dan fungsi, tetapi juga sebagai sumber informasi penting dalam memahami asal usul dan hubungan kekerabatan antar kelompok tumbuhan.

Selama evolusi, pola perkembangan embrio mengalami perubahan besar. Perubahan yang terjadi mencerminkan adanya adaptasi terhadap lingkungan dan strategi reproduksi. Pada kelompok tumbuhan tingkat rendah seperti lumut (bryophyta) dan paku (pterydophyta), perkembangan embrio masih sederhana dan bergantung pada jaringan gametofit. Sedangkan pada tumbuhan biji (gymnosperma dan angiosperma), embrio berkembang mandiri dan menunjukkan tingkat kompleksitas yang tinggi, termasuk adanya mekanisme pembuahan ganda pada angiosperm (Radoeva et al., 2019).

Pengetahuan embriologi tumbuhan dalam tinjauan evolusi memberi wawasan tentang bagaimana sistem reproduksi dan perkembangan embrio mengalami divergensi dan konservasi sepanjang waktu. Sementara itu, kajian filogeni berbasis karakter embriologis dan molekular membantu memperkuat pemahaman terhadap kekerabatan antar takson tumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

Agapito-Tenfen, S. Z., Steiner, N., Guerra, M. P., & Nodari, R. O. (2011). Patterns of Polyembryony and Frequency of Surviving Multiple Embryos of the Brazilian Pine Araucaria Angustifolia, Australian Journal of Botany, 59, 749-755.

Alberts, B. et al. (2015). Molecular Biology of the Cell (6th ed.). Garland Science.

Alonso-Blanco, C., Mendez-Vigo, B., & Koornneef, M. (2005). From phenotypic to molecular polymorphisms involved in naturally occurring variation of plant development. *International Journal of Developmental Biology*, *49*(5–6), 717–732. https://doi.org/10.1387/ijdb.051994ca

Anisa,. Rahmatia,T,. Nurul M. (2017). Struktur Perkembangan Tumbuhan. Makasar: Badan Penerbit Universitas Negeri Makasar.

Antari, N. W. S. (2025). Biologi Reproduksi (N. S. Wahyuni (ed.); Pertama). Widina Medina Utama.

Aron, Y., H. Czosnek, S. Gazit & C. Degani. (1998). Polyembryony in mango (Mangifera indica L.) is controlled by a single dominant gene. Hort science, Alexandria 33(7): 1241–2.

Ballesteros, D., Martínez, M. T., Sánchez-Romero, C., Montalbán, I. A., Sales, E., Moncaleán, P., Arrillaga, I., & Corredoira, E. (2023). Current status of the cryopreservation of embryogenic material of woody species. In Frontiers in Plant Science (Vol. 14). Frontiers Media SA. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1337152

Benson, E.E., Harding, K., dan Teixeira da Silva, J. A. (2021). Cryopreservation And Conservation Of Plant Genetic Resourcer: Advances And Applications. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 146(3), 483-497.

Berg, L. R. (2008). Botany (Plants, People, and Environment) (P. Adams (ed.); Second). Thomson Brooks/Cole.

Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013). Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy (3rd ed.). Springer.

Bhojwani, S. S & Bhatnagar, S. P. (1979). The embryology of Angiosperms. 3rd Bavised Edition. Jhilmil Tahirpur Industrial Area, Shahdara, Delhi.

Bhojwani, S. S., & Dantu, P. K. (2013). Plant tissue culture: An introductory text. Springer. India.

Biradar, S. R. (2018). A text book of tissue culture. RUT Printer and Publisher.

Boavida, L. C., & Mccormick, S. (2010). Gametophyte and Sporophyte. Encyclopedia of Life Sciences, 1–7. https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0002038.pub2

Brukhin, V., & Albertini, E. (2021). Epigenetic modifications in plant development and reproduction. *Epigenomes*, *5*(4). https://doi.org/10.3390/EPIGENOMES5040025

Cabero-Moreno, L., Landeras-López, I., Bravo-Navas, M. V., & Sánchez-Romero, C. (2025). Induction of somatic embryogenesis and cryopreservation of Abies pinsapo Boiss. Frontiers in Plant Science, 16. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1535113

Campbell N.A, Recee JB. (2006). Biologi, 5th ed. Erlangga. Jakarta.

Campbell, N,A,J,B,Reece,L.A.Urry,M.L.Cain, S.A. Wasserman, P.V.Monarsky, R.B.Jackson. (2009). Biology.8thed. Pearson Benjamin Cummings. Sanfrancisco. USA.

Carra, A., Wijerathna-Yapa, A., Pathirana. R., dan Carimi, F. (2024). Development and Applications Of Somatic Embryogenesis In Grapevine (Vitis spp.). Plants. 13(3131), 2-35.

Carrillo-Carrasco, V. P., Hernandez-Garcia., Mutte, S. K., dan Wejers, D. (2023). The Birth Of A Giant: Evolutionary Insights Into The Origin Of Auxin Responses In Plants. The Embo Journal. 42(e113018), 1-12.

Chandler, J. W., & Werr, W. (2019a). Histology versus phylogeny: Viewing plant embryogenesis from an evo-devo perspective. In *Current Topics in Developmental Biology* (Vol. 131, pp. 545–564). https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2018.11.009

Chandler, J. W., & Werr, W. (2019b). Histology versus phylogeny: Viewing plant embryogenesis from an evo-devo perspective. In

Current Topics in Developmental Biology (Vol. 131, pp. 545–564). https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2018.11.009

Chawla, H. S. (2009). Introduction to plant biotechnology (3rd ed.). Science Publishers, USA.

Chen, H., Liu, X., Li, S., Yuan, L., Mu, H., Wang, Y., Li, Y., Duan, W., Fan, P., Liang, Z., & Wang, L. (2023). The class B heat shock factor HSFB1 regulates heat tolerance in grapevine. Horticulture Research, 10(3). https://doi.org/10.1093/hr/uhad001

Chen, H., Yang, Q., Chen, K., Zhao, S., Zhang, C., Pan, R., Cai, T., Deng, Y., Wang, X., Chen, Y., Chu, W., Xie, W., & Zhuang, W. (2019). Integrated microRNA and transcriptome profiling reveals a miRNA mediated regulatory network of embryo abortion under calcium deficiency in peanut (Arachis hypogaea L.). BMC Genomics, 20, 392. https://doi.org/10.1186/s12864-019-5821-7

Chen, S., Guo, D., Deng, Z., Tang, Q., Li, C., Xiao, Y., Zhong, L., & Chen, B. (2024a). Integration analysis of transcriptome and proteome profiles brings new insights of somatic embryogenesis of two eucalyptus species. BMC Plant Biology, 24(1). https://doi.org/10.1186/s12870-024-05271-6

Chen, S., Guo, D., Deng, Z., Tang, Q., Li, C., Xiao, Y., Zhong, L., & Chen, B. (2024b). Integration analysis of transcriptome and proteome profiles brings new insights of somatic embryogenesis of two eucalyptus species. BMC Plant Biology, 24(1). https://doi.org/10.1186/s12870-024-05271-6

Chu, Y., Li, M., Li, R., Zhang, K., Qiu, P., Yuan, X., Han, Y., Liu, X., Xu, Y., & Liu, G. (2023). Embryo Rescue Breeding of New Cold-Resistant, Seedless Grapes. Horticulturae, 9(9). https://doi.org/10.3390/horticulturae9090992

Clark M.A., Choi J., Douglas M. (2018) Biology 2e. OpenStax (Rice University), Houston, Texas ([OpenStax][3]). Chapter 32 Plant Reproduction.

CNN Indonesia (2023) "Mengenal Alat Kelamin Jantan pada Bunga dan Fungsinya" selengkapnya di sini: https://www.cnnindonesia.com/edukasi/20230109092759-569-897786/mengenal-alat-kelamin-jantan-pada-bunga-dan-

fungsinya. CNN Indonesia, diperbaharui: Selasa, 10 Jan 2023 09:00 WIB.

Cordeiro, M. C. R., Pinto, A. C. Q., Ramos, V. H. V., Faleiro, F. G., & Fraga, L. M. S. (2006). Identification of Plantlet Genetic Origin in Polyembryonic Mango (Mangifera Indica, L.) Cv. Rosinha Seeds Using Rapd Markers, Revista Brasileira de Fruticultura, 28(3), 454-457.

Crang, Richard., Sheila Lyons-S., & Robert, W. (2018). Plant Anatomy, A Concept-Based Approach to the Structure of Seed Plants. Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77315-5

Dai, D., Ma, Z., & Song, R. (2021). Maize Endosperm Development: Tissues, Cells, Molecular Regulation and Grain Quality Improvement. Journal of Integrative Plant Biology, 63(4), 613 639. doi:10.1111/jipb.13069

Dresselhaus, T., & Jürgens, G. (2021). Comparative Embryogenesis in Angiosperms: Activation and Patterning of Embryonic Cell Lineages. *Annual Review of Plant Biology*, *72*, 641–676. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-082520-094112

Duan, M., Liu, J., Zhao, Y., Wang, X., dan Li, L. (2024). Somatic Embryogenesis From The Leaf-Derived Calli Of Rosa hybrid 'Carola'. Plants, 13(24), 3553.

Elbl, P. M., de Souza, D. T., Rosado, D., de Oliveira, L. F., Navarro, B. V., Matioli, S. R., & Floh, E. I. S. (2022a). Building an embryo: An auxin gene toolkit for zygotic and somatic embryogenesis in Brazilian pine. *Gene*, *817*. https://doi.org/10.1016/j.gene.2021.146168

Elbl, P. M., de Souza, D. T., Rosado, D., de Oliveira, L. F., Navarro, B. V., Matioli, S. R., & Floh, E. I. S. (2022b). Building an embryo: An auxin gene toolkit for zygotic and somatic embryogenesis in Brazilian pine. *Gene*, *817*. https://doi.org/10.1016/j.gene.2021.146168

Endress, P. K. (2005). Links between embryology and evolutionary floral morphology. *Current Science*, *89*(5), 749–754. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-

31744431513&partnerID=40&md5=554e6cc2adf6c0cbd95983ff0c62b137

Erfatpour, M., MacLean, D., Lahlali, R., dan Jiang, Y. (2024). Ovule And Seed Development Crop Plants In Response To Climate Change. Fronteirs in Sustainable Food Systems. 8(1495610), 01-14.

Escudero, V., Rezende, E. L., Gonzalez-Guerrero, M., dan Roschzttardtz, H. (2024). Perspectives On Embryo Maturation And Seedquality In A Global Climate Change Scenario. 75(14), 4394-4399.

Esen, A. & Soost, K. (1977). Adventitve embryogenesis in Citrus and its relation to pollination and fertilization. Am. J. Bot. 64: 607–14.

Feher, A. (2015). Somatic Embryogenesis-Stress-Induced Remodeling Of Plant Cell Fate. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Gene Regulatory Mechanisms. 1849(4), 385-402.

Ferreira, M. D. S., Rocha, A. D. J., Nascimento, F. D. S., Oliveira, W. D. S. S., Soares, J. M. D. S., Reboucas, T. A., ……., Amorim, E. P. (2023). The Role Of Somaclonal Variation In Plant Genetic Improvement: A Systematic Review. Agronomy. 13(730), 2-30.

Firdous, M., Gupta, A., Yadav, P. K., & Pandey, D. K. (2025). Somatic Embryogenesis: A Key Pathway of Regeneration. In *Regeneration Potential in Plants* (pp. 59–80). https://doi.org/10.1201/9781032702391-4

Friedman, W. E. (2006). Embryological evidence for developmental lability during early angiosperm evolution. *Nature*, *441*(7091), 337–340. https://doi.org/10.1038/nature04690

Gao, J., Zhuang, S., dan Zhang, W. (2024). Advances In Plant Auxin Biology: Synthesis, Metabolism, Signaling, Interaction With Other Hormones, And Roles Under Abiotic Stress. Plants. 13(2523), 2-20.

Garcia, R., M.J. Asin, J. Forner & E. A. Carbonell. (1999). Genetic analysis of the apomixis in Citrus and Poncirus by molecular markers. Theor. Appl. Gene. 99: 511–18.

George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G.-J. (2008). Plant propagation by tissue culture (3rd ed.). Springer, Netherlands.

Gilbert, S. F. (2013). Developmental Biology (10th ed.). Sinauer Associates.Inc. Sunderland, Massachusetts, USA.

Glover, Beverly J. (2000). Differentiation in Plant Epidermal Cells. Journal of Experimental Botany, 51(344), 497-505.

Greensfelder, L. (2009). At Long Last, How Plants Make Eggs. Available: https://www.ucdavis.edu/news/long-last-how-plants-make-eggs

Grzelak, M., Pacholczak, A., Nowakowska, K. (2024). Challenges And Insights In The Acclimatization Step Of Micropropagated Woody Plants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 159(72), 1-20.

Guan, J., Wang, Z., Liu, S., Kong, X., Wang, F., Sun, G., Geng, S., Mao, L., Zhou, P., & Li, A. (2022). Transcriptome Analysis of Developing Wheat Grains at Rapid Expanding Phase Reveals Dynamic Gene Expression Patterns. Biology, 11(2). https://doi.org/10.3390/biology11020281

Guan, Y., Li, S.-G., Fan, X.-F., & Su, Z.-H. (2016). Application of somatic embryogenesis in woody plants. Frontiers in Plant Science, 7, 938. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00938

Guang-Quan Zhao and David L. Garbers. (2002). Male Germ Cell Specification and Differentiation. Developmental Cell, Vol. 2, 537–547, May, 2002, Copyright 2002 by Cell Press. Available: https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S1534-5807%2802%2900173-9

Gusmalawati, D., Indriyani, S., Azrianingsih, R., & Abidin, Z. (2023). Uji Viabilitas Biji dan Pertumbuhan Porang (Amorphophallus muelleri Blume) dari Beberapa Variasi Bagian Tongkol, G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan, 7(4), 1315-1324.

Gusmalawati, D., S. Indriyani., & Azrianingsih, R. (2013). Anatomi dan histokimia organ generatif Amorphophallus muelleri. Floribunda. 4(7): 175-181.

Hall, B. K. (2012). Evolutionary Developmental Biology (Evo-Devo): Past, Present, and Future. *Evolution: Education and Outreach*, *5*(2), 184–193. https://doi.org/10.1007/s12052-012-0418-x

Han, Juan., Yapeng, L., Ye, Z., & Yuhan, S. (2024). How does light regulate plant regeneration?. Frontiers in Plant Science. 15(1474431), 1-22. doi: 10.3389/fpls.2024.1474431

Han, X., Chang, X., Zhang, Z., Chen, H., He, H., Zhong, B., & Deng, X. W. (2019). Origin and Evolution of Core Components Responsible for Monitoring Light Environment Changes during Plant Terrestrialization. *Molecular Plant*, *12*(6), 847–862. https://doi.org/10.1016/j.molp.2019.04.006

Harahap, F. (2012). Fisiologi Tumbuhan, Suatu Pengantar (Pertama). UNIMED Press.

Harnvanichvech, Y., Gorelova, V., Sprakel, J., dan Weijers, D. (2021). The Arabidopsis Embryo As A Quantifiable Model For Studying Pattern Formation. Quantitative Plant Biology. 2(e3), 1-13.

Hartono, A., Adlini, M. N., Ritonga, Y. E., H.Tambunan, M. I., Nasution, M. S., & Jumiah. (2020). Identifikasi Tumbuhan Tingkat Tinggi (Phanerogamae) di Kampus II UINSU. Jurnal Biolokus: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi Dan Biologi, 3(2), 305–312.

Hata, Yuki, Juri, O., Yuji, H., Satoshi, N., & Junko, K. (2024). Cytokinin and ALOG proteins regulate pluripotent stem cell identity in the moss Physcomitrium patens. Science Advance, 10(6082), 1-12.

Hiscock, S. J. (2011). Sexual Plant Reproduction. Annals of Botany, Volume 108, Issue 4, September 2011, Pages 585–587, https://doi.org/10.1093/aob/mcr217. Available: https://academic.oup.com/aob/article-abstract/108/4/585/241352

Hojsgaard, D., Nagel, M., Feingold, S. E., Massa, G. A., & Bradshaw, J. E. (2024). New Frontiers in Potato Breeding: Tinkering with Reproductive Genes and Apomixis. In Biomolecules (Vol. 14, Issue 6). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/biom14060614

Hou, J., Liu, M., Yang, K., Liu, B., Liu, H., & Liu, J. (2025). Genetic variation for adaptive evolution in response to changed environments in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, *67*(9), 2265–2293. https://doi.org/10.1111/jipb.13961

Hunziker, Pasca,l & Thomas, G. (2024). Stem Cells and Differentiation in Vascular Tissues. Annual Review of Plant Biology, 75,399–425. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-070523-040525

Ikeuchi, Momoko., David S. F., Yuki, S. (2019). Molecular Mechanisms of Plant Regeneration. Annual Review of Plant Biology. 70, 377–406. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100434

Irish, V. F., & Benfey, P. N. (2004). Beyond arabidopsis. Translational biology meets evolutionary developmental biology. *Plant Physiology*, *135*(2), 611–614. https://doi.org/10.1104/pp.104.041632

Jerome, Edith P., Colleen, D., & Philip, N. B. (2019). Regulation of Division and Differentiation of Plant Stem Cells. Annu Rev Cell Dev Biol, 34, 289–310. doi:10.1146/annurev-cellbio-100617-062459.

Jiang, Zeyu., Lingya, Y., Xiangmei, Z. (2023). Ethylene signaling modulates air humidity responses in plants. The Plant Journal 117, 653–668. https://doi.org/10.1111/tpj.16632.

Jill Harrison, C. (2017). Development and genetics in the evolution of land plant body plans. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *372*(1713). https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0490

Juliantoro, I. A., & Firgiyanto, R. (2022). Respon Pertumbuhan Stek Batang Tanaman Anggur (Vitis vinifera L .) Terhadap Pemberian Jenis Zat Pengatur Tumbuh dan Lama Perendamannya. Jurnal Penelitian Pertanian Terapan, 22(3), 286–298.

Jurado-Manogil, C., Diaz-Vivancos, P., Hernandez, J. A., Piqueras, A., dan Barbara-Espin, G. (2024). Efficient In Vitro Platform For Multiplication, Acclimatization, And Deliver Of High-Nacl-Tolerant Clones Of The Halophyte Arthrocaulon macrostachyum. Journal of Plant Growth Regulation. 43, 1631-1641.

Khanday, I., Santos-Medellín, C., & Sundaresan, V. (2023). Somatic embryo initiation by rice BABY BOOM1 involves activation of zygote-expressed auxin biosynthesis genes. New Phytologist, 238(2), 673–687. https://doi.org/10.1111/nph.18774

Kishore, K. (2014). Reproductive Biology of Plants: Polyembryony, Women in Agriculture, Baramunda, Bhubaneswar, Odisha. 355-370: DOI: 10.1201/b16535-16;

Kobayashi, S., I. Ieda and M. Nakantani. (1979). Studies on the nucellar embryogenesis in citrus. Formation of the primordial cells of the nucellar embryony on the ovule of the fl ower bud, and its meristematic activity. J. Japanese Soc. Hort. Sci. 48: 179–85.

Koltunow, A.M., K. Soltys, N. Nito and S. Mcclure. (1995). Anther, ovule, seed and nucellar embryo development in Citrus sinensis cv. Valencia. Can. J. Bot. 73: 1567–82.

Kozieradzka-Kiszkurno, M. (2021). Plant Embryogenesis. Plants by MDPI. 80-308.

Kunz, C. F., Goldbecker, E. S., & de Vries, J. (2025a). Functional genomic perspectives on plant terrestrialization. In *Trends in Genetics* (Vol. 41, Issue 7, pp. 617–629). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tig.2025.02.006

Kunz, C. F., Goldbecker, E. S., & de Vries, J. (2025b). Functional genomic perspectives on plant terrestrialization. *Trends in Genetics*, *41*(7), 617–629. https://doi.org/10.1016/j.tig.2025.02.006

Laila, F., Alaydrus, A. Z. A., Umarie, I., Jalil, A., Hakim, A., Sriwahyuni, I., Ismayanti, R., Hervani, D., & Eliyani. (2023). Dasar-Dasar Pemuliaan Tanaman (M. Sari (ed.); Pertama). Getpress Indonesia.

Lantos, C., Jancsó, M., Székely, Á., Szalóki, T., Venkatanagappa, S., & Pauk, J. (2023). Development of In Vitro Anther Culture for Doubled Haploid Plant Production in Indica Rice (Oryza sativa L.) Genotypes. Plants, 12(9). https://doi.org/10.3390/plants12091774

Lee, J-W., Kim, J-U., Bang, K-H., Kwon, N., Kim, Y-C., Jo, I-H., dan Park, Y-D. (2023). Efficient Somatic Embryogenesis, Regeneration And Acclimatization Of Panax ginseng Meyer: True-to-Type Conformity Of Plantlets As Confirmed By ISSR Analysis. 12(1270), 1-16.

Lersten, N. R. (2004). Flowering plant embryology with emphasis on economic species. Blackwell Publishing IOWA, USA.

Li, G., Li, K., Lu, Y., Fan, X., & Wang, L. (2024). The correlation between embryo rescue and hormonal changes in seedless grapes. Frontiers in Plant Science, 15. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1460886

Li, J., & Berger, F. (2012). Endosperm: Food for humankind and fodder for scientific discoveries. New Phytologist, 195(2), 290–305. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04182.x

Li, J., Chen, Y., dan Zhao, X. (2023). Machine Learning-Assisted Optimization Of Somatic Embryogenesis Protocols In Plants. Plant Methods. 19(1), 67-82.

Lian, Z., Nguyen, C. D., Liu, L., Wang, G., Chen, J., Wang, S., Yi, G., Wilson, S., Ozias-Akins, P., Gong, H., & Huo, H. (2022). Application of developmental regulators to improve in planta or in vitro transformation in plants. Plant Biotechnology Journal, 20(8), 1622–1635. https://doi.org/10.1111/pbi.13837

Liu, W.-Z., Shen, H.-X., & Wang, X. (2024). A novel gymnosperm reproductive organ from the Jurassic of China. *Palaeoworld*, *33*(2), 411–419. https://doi.org/10.1016/j.palwor.2023.03.002

Liu, Y.-Y., Yang, K.-Z., Wei, X.-X., & Wang, X.-Q. (2016). Revisiting the phosphatidylethanolamine-binding protein (PEBP) gene family reveals cryptic FLOWERING LOCUS T gene homologs in gymnosperms and sheds new light on functional evolution. *New Phytologist*, *212*(3), 730–744. https://doi.org/10.1111/nph.14066

Long, Y., Yang, Y., Pan, G., & Shen, Y. (2022). New insights into tissue culture plant-regeneration mechanisms. Frontiers in Plant Science, 13, 926752. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.926752

Luta, D. A. (2022). Perbanyak Tanaman Secara Vegetatif Buatan (T. Media (ed.); Pertama). Tahta Media Group.

Ma'am, B. (2020). Sexual Reproduction in Plant. Available in https://byjus.com/biology/sexual-reproduction-plants/

Maher, M. F., Nasti, R. A., Vollbrecht, M., Starker, C. G., Clark, M. D., & Voytas, D. F. (2020). Plant gene editing through de novo induction of meristems. Nature Biotechnology, 38(1), 84–89. https://doi.org/10.1038/s41587-019-0337-2

Maheshwari, P. (1950). An Introduction to the Embryology of Angiosperms. Mcgraw-Hill Book Company, Inc. New York Toronto London.

Martinez, M. T., dan Corredoira, E. (2024). Recent Advances in Plant Somatic Embriyogenesis: Where We Stand and Where to Go?. International Journal of Molecular Sciences. 25(8912), 1-5.

Martínez-Ochoa, E. D. C., Villegas-Velázquez, I., Alarcón-Zúñiga, B., Villegas-Monter, A., (2022). Polyembryony in Citrus: Does the Largest Embryo in the Seed Develop a Nucellar Seedling? Sci. Agric., 9(6), 1-7.

Martnez-Gmez, P. & Gradziel, T. M. (2003). Sexual Polyembryony in Almond, Sex Plant Reprod 16:135-139.

Méndez-Hernández, H. A., Ledezma-Rodríguez, M., Avilez-Montalvo, R. N., Juárez-Gómez, Y. L., Skeete, A., Avilez-Montalvo, J., De-la-Peña, C., & Loyola-Vargas, V. M. (2019). Signaling overview of plant somatic embryogenesis. Frontiers in Plant Science, 10, 77. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00077

Méndez-Hernández, Hugo A., Maharshi L.R., & Randy, N. A. M., Yary L. J.G. (2019). Frontiers in Plant Science, 10(77), 1-15.

Michel, M. R., Cruz-Requena, M., Avendaño-Sanchez, M. C., González-Vazquez, V. M., Flores-Gallegos, A. C., Aguilar, C. N., Espinoza-Velázquez, J., & Rodríguez-Herrera, R. (2018). Polyembryony in Maize: A Complex, Elusive, and Potentially Agronomical Useful Trait. Chapter 6. Maize Germplasm – Characterization and Genetic Approaches for Crop Improvement, 6-24.

Mohammadi, M. A., Wai, M. H., Rizwan, H. M., Qarluq, A. Q., Xu, M., Wang, L., Cheng, Y., Aslam, M., Zheng, P., Wang, X., Zhang, W., & Qin, Y. (2023). Advances in micropropagation, somatic embryogenesis, somatic hybridizations, genetic transformation and cryopreservation for Passiflora improvement. In Plant Methods (Vol. 19, Issue 1). BioMed Central Ltd. https://doi.org/10.1186/s13007-023-01030-0

Mordhorst, A. P., Hartog, M. V, El Tamer, M. K., Laux, T., & De Vries, S. C. (2002). *Somatic embryogenesis from Arabidopsis shoot apical meristem mutants*. *214*(6), 829–836. https://doi.org/10.1007/s00425-001

Müller, K., & Leubner-Metzger, G. (2015). The tissue–cell–organ pathway of hormonal regulation of seed germination. Frontiers

in Plant Science, 6, 1237. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01237

Nau. G.W (2024) Fisiologi Tumbuhan. Bandung: Widina Media Utama

Niklas, K. J., & Kutschera, U. (2009). The evolutionary development of plant body plans. *Functional Plant Biology*, *36*(8), 682–695. https://doi.org/10.1071/FP09107

Palovaara, J., Hallberg, H., Stasolla, C., Luit, B., & Hakman, I. (2010). Expression of a gymnosperm PIN homologous gene correlates with auxin immunolocalization pattern at cotyledon formation and in demarcation of the procambium during Picea abies somatic embryo development and in seedling tissues. *Tree Physiology*, *30*(4), 479–489. https://doi.org/10.1093/treephys/tpp126

Pankaj, R., Lima, R. B., & Figueiredo, D. D. (2025). Hormonal regulation and crosstalk during early endosperm and seed coat development. In Plant Reproduction (Vol. 38, Issue 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/s00497-024-00516-8

Parlevliet, J. E. & J. E. Camaron. (1959). Evidence of the inheritance of nucellar embryony in Citrus. Proc. American Hort. Soc. 74: 252–60.

Pérez-Pérez, Y., Solís, M. T., Albacete, A., & Testillano, P. S. (2023a). Opposite Auxin Dynamics Determine the Gametophytic and Embryogenic Fates of the Microspore. International Journal of Molecular Sciences, 24(13). https://doi.org/10.3390/ijms241311177

Pérez-Pérez, Y., Solís, M. T., Albacete, A., & Testillano, P. S. (2023b). Opposite Auxin Dynamics Determine the Gametophytic and Embryogenic Fates of the Microspore. International Journal of Molecular Sciences, 24(13). https://doi.org/10.3390/ijms241311177

Pierroz, G. (2023). Making babies: how auxin regulates somatic embryogenesis in Arabidopsis tissue culture. Plant Journal, 113(1), 5–6. https://doi.org/10.1111/tpj.16062

Prakash, P., Tamta, S., Sharma, N., & Singhal, R. V. (2021). Anatomy, Embryology and Elementary Morphogenesis. Uttarakhand Open University, Haldwani, Nainital-263139

Qaderi, Mirwais M., Ashley, B.M., & Sage L. D. (2019). Environmental Factors Influence Plant Vascular

Qi, X., Chanderbali, A. S., Wong, G. K.-S., Soltis, D. E., & Soltis, P. S. (2013). Phylogeny and evolutionary history of glycogen synthase kinase 3/SHAGGY-like kinase genes in land plants. *BMC Evolutionary Biology*, *13*(1). https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-143

Radoeva, T., Vaddepalli, P., Zhang, Z., & Weijers, D. (2019). Evolution, Initiation, and Diversity in Early Plant Embryogenesis. In *Developmental Cell* (Vol. 50, Issue 5, pp. 533–543). Cell Press. https://doi.org/10.1016/j.devcel.2019.07.011

Rai, A. C., Kumar, A., Modi, A., & Singh, M. (2022). Advances in plant tissue culture: Current developments and future trends. Academic Press. United Kingdom.

Ramachandra, Prashanth, Annelie, C., & J. Peter, E. (2017). Journal of Experimental Botany, 68(1), 55–69. doi:10.1093/jxb/erw370.

Rana, S. D., Dewi, R. P., Adjie, A. P., & Isda, M. N. (2019). Respons Poliembrioni Dari Biji Duku (Lansium domesticum Corr.) yang Dibelah Tiga Secara In Vitro. Biota 4(2), 63-69.

Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2005). Biology of Plants (7th ed.). W. H. Freeman and Company.

Rekha, A., Talang, H. D., & Sane, A. (2020). Assessing Polyembryony among Jamun (Syzygium cumini Skeels.) Collections, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 9(2), 658-663.

Renton, M., & Poot, P. (2014). Simulation of the evolution of root water foraging strategies in dry and shallow soils. *Annals of Botany*, *114*(4), 763–778. https://doi.org/10.1093/aob/mcu018

Sacco C. de Vries and Dolf Weijers. (2017). Primer Plant embryogenesis. Current Biology 27, R853–R909, September 11, 2017. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982217305626

Sandoval, Eduardo Flores, Ryuichi, N., & John, L. B. (2024). Hormonal and genetic control of pluripotency in bryophyte model systems. Current Opinion in Plant Biology. 77:102486.

Santoso, B. B. (2009). Pembiakan Vegetatif dalam Hortikultura. UNRAM Press.

Sari, H. & Iriani, D. (2024). Studi Poliembrio Biji Jeruk Sambal (Citrus x amblycarpa (Haask.) Osche) Sebagai Batang Bawah, Buletin Anatomi dan Fisiologi, 9, 2111-120.

Satterleea, James W., Josh, S., & Michael J. S. (2020). PNAS. 117(52), 33689–33699.

Sembiring, N., Sumbari, C., Wulantika, T., Ningsih, M. S., Sondang, Y., Hardaningsih, W., Ramires, R., Yusniwati, Putri, N. E., Yora, M., & Illahi, A. K. (2024). Pengantar Pemuliaan Tanaman (Ariyanto (ed.); Pertama, pp. 1–174). CV Hei Publishing Indonesia.

Smith, R. H. (2013). Plant tissue culture techniques and experiments (3rd ed.). Academic Press. USA.

Somssich, Marc., Byoung J.,Rü d. S., & David, J. (2016). The Company of Biologists. 143, 3238-3248 doi:10.1242/dev.133645.

Song, J., Xie, X., Cui, Y., & Zou, J. (2021). Endosperm–embryo communications: Recent advances and perspectives. Plants, 10(11), 2511. https://doi.org/10.3390/plants10112511

Stanley, A. F. W., Tumewu, P., & Rantung, M.R. (2022). Poliembrioni Pada Tanaman Buah Alpukat (Persea americana mill), Jurnal Agroekoteknologi Terapan, 3(1), 116-123.

Sundaresan, V. & Alandete-Saez, M. (2010). Pattern formation in miniature: the female gametophyte of flowering plants. Development (2010) 137 (2): 179–189. https://doi.org/10.1242/dev.030346. Available: https://journals.biologists.com/dev/article/137/2/179/43978/Pattern-formation-in-miniature-the-female

System andWater Regulation. Plants. 8(65) 1-23. doi:10.3390/plants8030065

Tamara, Munthe, R. D., Nanda, A. A., & Tanjung, I. F. (2023). Keanekaragaman Vegetasi Tumbuhan Gymnospermae Di

Komplek Vetpur Medan Estate. Biosaintropis, 9(1), 45–51. https://doi.org/10.33474/e-jbst.v9i1.522

Tian, R., Paul, P., Joshi, S., & Perry, S. E. (2020). Genetic activity during early plant embryogenesis (Review Article). Biochemical Journal, 477(18), 3743–3767. https://doi.org/10.1042/BCJ20190161

Tjitrosoepomo, G. (2009). Morfologi Tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Tomescu, A. M. F. (2009). Megaphylls, microphylls and the evolution of leaf development. *Trends in Plant Science*, *14*(1), 5–12. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.10.008

Tonosaki, K., & Kinoshita, T. (2019). Endosperm development. In R. F. (Ed.), Encyclopedia of Life Sciences (pp. 1–7). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781405165518.a0020098.pub2

Tricker, Penny J., George, G., & Rodrı´guez Lo´ pez. (2012). Low Relative HumidityTriggers RNA -directet de novo DNA methylation and Suppression of Gen Controlling Stomatal Development. Journal of Experimental Botany. 63(10), 3799–3814. doi:10.1093/jxb/err313

Tucker, Matthew R., Haoyu, L., Matthew K. A. (2018). Exploring the Role of Cell Wall-Related Genes and Polysaccharides during Plant Development. Plants. 7(42), 1-17. doi:10.3390/plants7020042.

Twell, D. (2011). Male gametogenesis and germline specification in flowering plants. Sexual Plant Reproduction, 24(3), 149–160.

Venglat, S. P., Xiang, D., Kushalappa, K., Keller, W., Palmer, D., Selvara, G., & Datla, R. (2005). OBPC Symposium: Maize 2004 & beyond - Developmental and molecular genetics of embryogenesis in plants. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, *41*(4), 378–387. https://doi.org/10.1079/IVP2005659

Wahyudhi, A. (2020). Pembentukan Poliembrioni Pada Biji Buah Jeruk Peras (Citrus sinensis L.), AGROSCRIPT 2(1), 49-55.

Wakana, A. and S. Uemoto. 1987. Adventive embryogenesis in citrus. I. The occurrence of adventives embryo without pollination or fertilization. Am. J. Bot. 74: 517–30.

Wang, Z., Xu, M., Liu, Y., Zheng, X., Hong, Z., He, M., Jin, X., Tang, J., Li, X., Tian, X., Qian, Q., & Bu, Q. (2025). OsBZR4 regulates

temperature-dependent embryogenesis in rice. Nature Communications , 16(1). https://doi.org/10.1038/s41467-025-62262-3

Wendrich, J. R., & Weijers, D. (2013). The Arabidopsis embryo as a miniature morphogenesis model. *Source: The New Phytologist*, *199*(1), 14–25. https://doi.org/10.2307/newphytologist.199.1.14

West, M. A. L., & Harada, J. J. (1993). Embryogenesis in Higher Plants: An Overview. In *Special Review Issue on Plant Reproduction* (Vol. 5, Issue 10). https://www.jstor.org/stable/3869788?seq=1&cid=pdf-

Wickett, N. J., Mirarab, S., Nguyen, N., Warnow, T., Carpenter, E., Matasci, N., Ayyampalayam, S., Barker, M. S., Burleigh, J. G., Gitzendanner, M. A., Ruhfel, B. R., Wafula, E., Der, J. P., Graham, S. W., Mathews, S., Melkonian, M., Soltis, D. E., Soltis, P. S., Miles, N. W., … Leebens-Mack, J. (2014). Phylotranscriptomic analysis of the origin and early diversification of land plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *111*(45), E4859–E4868. https://doi.org/10.1073/pnas.1323926111

Wieters, B., Steige, K. A., He, F., Koch, E. M., Ramos-Onsins, S. E., Gu, H., Guo, Y.-L., Sunyaev, S., & de Meaux, J. (2021). Polygenic adaptation of rosette growth in Arabidopsis thaliana. *PLoS Genetics*, *17*(1). https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1008748

Wikipedia (2025). Plant reproduction. Available in https://en.wikipedia.org/wiki/Plant_reproduction

Willemsen, D., dan Scheres, B. (2004). Mechanisms of pattern formation in plant embryogenesis. Annual Review of Plant Biology. 55, 477-507.

Wilson, J. P. (2016). Hydraulics of Psilophyton and evolutionary trends in plant water transport after terrestrialization. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *227*, 65–76. https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2015.11.010

Wittmer, J., Pijnenburg, M., Wijsman, T., Pelzer, S., Adema, K., Kerstens, M., Kutevska, A. N., Fierens, J., Hofhuis, H., Sevenier, R.,

Kloosterman, B., De Both, M., Kohlen, W., Nijveen, H., Scheres, B., & Heidstra, R. (2025). Rational design of induced regeneration via somatic embryogenesis in the absence of exogenous phytohormones. Plant Cell, 37(11). https://doi.org/10.1093/plcell/koaf252

Wojcikowska, B., Wojcik, A.M., dan D. Gaj, M. (2020). Epigenetic Regulation Of Auxin-Induced Somatic Embryogenesis In Plants. International Journal of Molecular Sciences. 21(2307), 2-23.

Wojtania, A., Markiewich, M., dan Goraj-Koniarska, J. (2020). Ex Vitro Rooting, Acclimatization And Genetic Stability Of Lonicera Caerulea Var. Kamtschatica. Journal Of Horticultural Research. 28(2), 61-70.

Wolpert,L.,R.Beddington,T.Jessell,P.Lawrence,E.Meyerowitz, J.Smith. (2002). Principles of Developmnet.2ndEd.Oxford Univ Press.

Woudenberg, S., Hadid, F., Weijers, D., & Borassi, C. (2024). The maternal embrace: the protection of plant embryos. In Journal of Experimental Botany (Vol. 75, Issue 14, pp. 4210–4218). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/jxb/erae071

Wylie C. (1999). Germ Cells. Cell, Vol. 96, 165–174, January 22, 1999, Copyright ?1999 by Cell Press. Available: https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S0092-8674%2800%2980557-7

Xing, Ralf Müller, & Qian, X. (2022). The plant stem-cell niche and pluripotency: 15 years of an epigenetic perspective. 13(1018559), 1-11. doi: 10.3389/fpls.2022.1018559

Xu, Q., Li, X., dan Zhang, H. (2023). Epigenetic Regulation And Signaling Pathways In Plant Somatic Embryogenesis. Frontiers in Plant Science. 14(1182734).

Xu, Y., Jia, H., Wu, X., Koltunow, A. M., Deng, X., & Xu, Q. (2021). Regulation of nucellar embryony, a mode of sporophytic apomixis in Citrus resembling somatic embryogenesis. Current Opinion in Plant Biology, 59, 101984. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2020.101984.

Xue, L., Zhang, Y., Wei, F., Shi, G., Tian, B., Yuan, Y., Jiang, W., Zhao, M., Hu, L., Xie, Z., & Gu, H. (2024). Recent Progress on Plant Apomixis

for Genetic Improvement. In International Journal of Molecular Sciences (Vol. 25, Issue 21). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/ijms252111378

Yadav, C. B., Rozen, A., Eshed, R., Ish-Shalom, M., Faigenboim, A., Dillon, N., Bally, I., Webb, M., Kuhn, D., Ophir, R., Cohen, Y., & Amir, S. (2023). Promoter insertion leads to polyembryony in mango — a case of convergent evolution with citrus, Horticulture Research, 10, 1-10.

Yang, Y. Y., & Kim, J. G. (2016). The Optimal Balance Between Sexual and Asexual Reproduction in Variable Environments: a Systematic Review. Journal of Ecology and Environment, 40(12), 1–18. https://doi.org/10.1186/s41610-016-0013-0

Yavuz, C., Tillaboeva, S., & Bakhsh, A. (2020). Apprehending the potential of BABY BOOM transcription factors to mitigate cotton regeneration and transformation. In Journal of Cotton Research (Vol. 3, Issue 1). BioMed Central Ltd. https://doi.org/10.1186/s42397-020-00071-3

Zhang, K.-L., Leng, Y.-N., Hao, R.-R., Zhang, W.-Y., Li, H.-F., Chen, M.-X., & Zhu, F.-Y. (2024). Adaptation of High-Altitude Plants to Harsh Environments: Application of Phenotypic-Variation-Related Methods and Multi-Omics Techniques. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(23). https://doi.org/10.3390/ijms252312666

Zhao, F., Chen, L., dan Li, J. (2022). Climate Induced Stress Affect Embryogenesis And Reproductive Succes In Arabidopsis And Oryza sativa. Plant Science. 321, 111298.

Zhong, S., Lan, Z., & Qu, L.-J. (2025). Ingenious Male-Female Communication Ensures Successful Double Fertilization in Angiosperms Keywords pollen/pollen tube-stigma interaction, pollen tube guidance, pollen tube reception, gamete interactions, peptide/receptor-mediated signaling, double fertilization. Annual Review of Plant Biology Downloaded from Www.Annualreviews.Org. Guest. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-083123

Zhu, X., Xu, Z., Wang, G., Cong, Y., Yu, L., Jia, R., Qin, Y., Zhang, G., Li, B., Yuan, D., Tu, L., Yang, X., Lindsey, K., Zhang, X., & Jin, S. (2023). Single-cell resolution analysis reveals the preparation for reprogramming the fate of stem cell niche in cotton lateral meristem. Genome Biology, 24(1). https://doi.org/10.1186/s13059-023-03032-6

PROFIL PENULIS

	**Suci Rahmawati, M.Pd** lahir di kota Kisaran, Menempuh pendidikan S-1 Pendidikan Biologi (2012- 2016), dan S2 Pendidikan Biologi (2017-2019) Universitas Negeri Medan. Tahun 2020 fokus di dunia pendidikan sebagai staf pengajar di UT (Universitas Terbuka). Pada tahun 2022 sampai 2024 aktif sebagai dosen praktisi di beberapa Universitas antara lain Universitas Majalengka (2022), Universitas Negeri Jakarta (2022), Universitas Abulyatama (2023), Universitas Muhammadiyah Sidenreng Rappang (2023). Universitas Negeri Yogyakarta (2024). Saat ini penulis merupakan dosen tetap di Universitas Negeri Medan dan dosen luar biasa di FKIP Universitas Terbuka. Fokus penelitian penulis mengenai perkembangan pembelajaran biologi. Penulis dapat dihubungi melalui email sucirahmawatipane@gmail.com
	**Hilda Aqua Kusuma Wardhani, S.Si., M.Si** Penulis lahir di Sintang tanggal 26 Oktober 1987. Penulis adalah dosen di Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Kapuas sejak tahun 2012. Penulis memperoleh gelar sarjana biologi dari Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang pada tahun 2010. Magister di bidang biologi dari Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2012. Penulis aktif melaksanakan penelitian pada bidang kajian etnobotani tumbuhan pangan dan tumbuhan obat. Saat ini penulis mengajar pada mata kuliah: Bioteknologi, Anatomi Tumbuhan,

	Genetika dan Morfologi Tumbuhan. Email: hildawardhani@unka.ac.id
	**Drs. I Nengah Suka Widana, M.Si** Instansi: Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia (UPMI Bali) Penulis lahir di Kabupaten Tabanan Provinsi Bali pada Rabu, 17 Juni 1964, dari ayah: I Nyoman Jodog (Alm) sebagai Guru Sekolah Dasar dan Ibu: Ni Nyoman Remben (Alm). Pendidikan SD, SMP, dan SMA di Kabupaten Tabanan. Menyelesaikan S1 di Program Studi Pendidikan, Biologi FKIP UNUD Singaraja (1982-1987). Pendidikan S2 di Pascasarjana Program Studi Bioteknologi Pertanian Universitas Udayana, (2001-2004). Pengalaman: sebagai Dosen, status ASN LLDIKTI Wilayah VIII dpk di Universitas PGRI Mahadewa Indonesia (UPMI), dosen di Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UPMI (1989-2024). Mata kuliah yang pernah diampu: Strategi Belajar Mengajar (SBM), Microteaching, PPL., Biologi Sel dan Molekuler, Biokimia, Anatomi dan Fisiologi Manusia, Literasi Media dan Teknologi Pembelajaran. Pengajar di Prodi. PPG UPMI (2023-2024), bidang studi Biologi, Dosen Luar Biasa di Prodi PPG IKIP Saraswati Tabanan (2023-2024). Pengalaman menulis book chapter: dengan judul PENGELOLAAN KELAS DAN KEDISIPLINAN; BIOLOGI DASAR DAN KESEHATAN Penerbit Widina Bandung: DASAR DASAR PENDIDIKAN BIOLOGI, diterbitkan oleh CV PUSTAKA BUKU NUSANTARA; DASAR DASAR ILMU GIZI, diterbitkan oleh PENERBIT CV

	PUSTAKA BUKU NUSANTARA Penulis dapat dihubungi melalui email: sukawidana@mahadewa.ac.id kontak WA. 081936050141.
	**Dr. Dra. Hj. Evi Mintowati Kuntorini, M.Si.** Lahir di Kebumen, Jawa Tengah pada tanggal 1 Januari 1969. Penulis menyelesaikan sekolah SDN dan SMPN di Karanganyar serta SMAN di Kebumen. Penulis melanjutkan pendidikan S1 di Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) Purwokerto dan meraih gelar Sarjana Biologi pada tahun 1992 sebagai penerima beasiswa Supersemar. Penulis menjadi dosen Prodi Biologi di Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat pada tahun 2002 hingga saat ini. Penulis melanjutkan studi Magister di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada dengan beasiswa Dikti pada tahun 2006 -2008 pada bidang minat Struktur Perkembangan Tumbuhan. Pada tahun 2017-2022 penulis melanjutkan studi S3 di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada dengan bidang minat Struktur dan Perkembangan Tumbuhan. Penulis mengajar di Prodi S1 dan S2 Biologi FMIPA ULM pada mata kuliah Biologi Umum, Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, Fisiologi Tumbuhan, Mikroteknik, Biositematik Tumbuhan, Metabolit Sekunder, Anatomi Tumbuhan, Kultur Jaringan.

	**Sailana Mira Rangkuty** lahir di Medan pada tanggal 12 Februari 1992. Penulis menyelesaikan pendidikan Magister pendidikan biologi pada tahun 2016 di Universitas Negeri Unimed. Saat ini penulis bertugas sebagai Dosen program studi pendidikan biologi di Universitas Negeri Medan. Penulis aktif mempublikasikan berbagai karya penelitian diantaranya pada *International Journal of Health, Education, and Social* dan Jurnal Pelita Pendidikan. Karya penulis yang pernah dituliskan dalam sebuah buku yaitu Buku Pedoman Pengolahan Hasil Budidaya Jahe dan Serai, Biopreneurship dalam Industri Kreatif dan Pengantar Mikro Teaching. Bidang keahliannya diantaranya pendidikan biologi, strategi belajar mengajar dan manajemen kepemimpinan sekolah.
	**Zulfa Zakiah**. Dosen bidang minar Botani di Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura (UNTAN), Pontianak, Kalimantan Barat. Lahir di Pematang Siantar Sumatera Utara pada tanggal 24 Juni 1973. Sarjana Sains diperoleh dari Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Andalas (UNAND) Padang pada tahun 1997. Pada tahun 1998 melanjutkan studi Pascasarjana di PPs Biologi ITB melalui beasiswa DUE Project (program karyasiswa). Pada tahun 2000 diterima dan diangkat menjadi dosen di Program Studi Biologi FMIPA UNTAN. Pada tahun 2010 melanjutkan studi Doktoral di Program Studi ilmu-Ilmu Pertanian pemusatan Biologi pada PPs UNAND melalui beasiswa BPPS DIKTI. Saat ini mengampu mata kuliah terkait

	bidang minat Botani khususnya bidang minat Fisiologi Tumbuhan dan Kultur Jaringan Tanaman dan bidang terkait lainnya.
	**Dr. Dwi Gusmalawati, S.S., M.Si.**, dosen tetap Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Tanjungpura Pontianak. Pendidikan S1 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak, S2-S3 Jurusan Jurusan Biologi FMIPA Universitas Brawijaya. Penelitian S1: Kajian Karakteristik Anatomi Akar, Batang, dan Daun Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) Varietas Tembaga Di Kalimantan Barat, 2007, S2: Struktur Perkembangan Organ Generatif dan Daya Tumbuh Biji Porang (*Amorphophallus muelleri*), 2013), S3: Evaluasi Kualitas Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume.) selama Periode Dormansi hingga Muncul Tunas Berdasarkan Karakter Morfologi, Anatomi, Fisiologi dan Biokimia, 2021. Judul publikasi: Anatomi dan histokimia organ generatif *Amorphophallus muelleri* (2013); Struktur dan perkecambahan serbuk sari pada porang (*A. muelleri* Blume) (2023); Development of apical shoots and endogenous ABA concentrations in porang tubers (*A. muelleri* Blume) after harvest (2022); Morfologi dan perkembangan bunga jeruk siam pontianak (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*) (2024); Uji viabilitas biji dan pertumbuhan porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) dari beberapa variasi bagian tongkol (2023); Trichomes characterization of ornamental plants *Begonia* spp (Begoniaceae) (2025).

	Penulis buku ini, **Gusti Nur Aida Fasha, M.Sc**., adalah seorang dosen pada Program Studi Biologi, FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, yang tengah mengembangkan kompetensi akademiknya dalam bidang botani, khususnya pada kajian fisiologi tumbuhan. Penulis lahir pada 29 Juni 1997 di Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kalimantan Selatan. Perjalanan pendidikannya dimulai dari PS Biologi FMIPA ULM, tempat Penulis memperoleh fondasi keilmuan biologi terhadap studi fungsi, struktur, serta respons tumbuhan terhadap lingkungannya. Penulis kemudian melanjutkan studi pada jenjang Magister Biologi di Universitas Gadjah Mada (UGM), di mana Penulis mulai memperdalam kemampuan riset dan berfokus pada analisis fisiologi tumbuhan yang lebih *advance*. Dengan latar belakang akademik tersebut, Penulis terus berupaya mengembangkan diri sebagai pendidik dan peneliti, serta berkontribusi terhadap pengembangan keilmuan botani, baik melalui kegiatan pengajaran, penelitian, maupun penulisan karya ilmiah dan buku.
	**Muliawati, M.Pd.**, lahir di Mabar, 28 November 1989. Anak pertama dari dua bersaudara. Tahun 1995, penulis menempuh Pendidikan Dasar di SDN 101777 Saentis. Penulis melanjutkan ke SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan pada tahun 2001. Selanjutnya, tahun 2004 penulis bersekolah di SMA Negeri 1 Percut Sei Tuan. Pada tahun 2007, penulis malanjutkan pendidikannya di Universitas Negeri Medan,

	FMIPA, Jurusan Pendidikan Biologi, dan lulus pada tahun 2011. Setelah lulus S1, penulis menjadi pengajar di Yayasan Perguruan SALSA (2011-2016). Pada tahun 2018, penulis melanjutkan kuliah S2 di Program Pascasarjana Pendidikan Biologi Universitas Negeri Medan dan lulus pada tahun 2021. Tahun 2022-2024 penulis mengajar di sekolah perkebunan swasta yaitu Eka Pendawa Sakti dibawah naungan Yayasan Perguruan Austindo Nusantara Jaya Agri Sias, Kab. Tapanuli Selatan. Sekarang penulis menjadi salah satu dosen di Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Medan. Buku karya penulis yaitu "Buku Saku Bergambar *Sistem Indra*" yang sudah ber-ISBN dan memiliki sertifikat HAKI.
	**Lucia Desti Anitasari, S.Si., M.Sc** merupakan dosen di Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lambung Mangkurat. Bidang kajian yang ditekuni saat ini adalah Bioteknologi Tumbuhan khususnya Kultur Jaring

Embriologi tumbuhan merupakan cabang ilmu botani yang mempelajari proses reproduksi dan perkembangan tumbuhan sejak pembentukan sel reproduktif, terjadinya pembuahan, hingga terbentuknya embrio, biji, dan buah. Kajian ini menjadi landasan penting dalam memahami siklus hidup tumbuhan, mekanisme pewarisan sifat, serta berbagai aspek fisiologi dan perkembangan tanaman yang mendukung kemajuan ilmu pertanian, kehutanan, hortikultura, bioteknologi, dan konservasi sumber daya hayati.Buku Embriologi Tumbuhan disusun untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai konsep-konsep dasar embriologi tumbuhan berdasarkan perkembangan ilmu pengetahuan terkini. Materi disajikan secara sistematis dimulai dari struktur dan fungsi organ reproduksi tumbuhan, perkembangan mikrospora dan megaspora, pembentukan gamet jantan dan betina, proses penyerbukan dan pembuahan, perkembangan zigot menjadi embrio, pembentukan endosperma, perkembangan biji dan buah, hingga mekanisme perkecambahan. Selain itu, buku ini juga membahas variasi reproduksi pada kelompok tumbuhan, embriologi tumbuhan berbiji terbuka dan berbiji tertutup, serta berbagai fenomena khusus seperti apomiksis, poliembrioni, partenogenesis, dan embriogenesis somatik.Tidak hanya membahas aspek teoritis, buku ini juga menguraikan berbagai metode pengamatan embriologi, teknik preparasi jaringan, penggunaan mikroskopi dalam studi perkembangan embrio, serta penerapan embriologi dalam pemuliaan tanaman, kultur jaringan, rekayasa genetika, produksi benih unggul, dan pelestarian plasma nutfah. Penyajian materi didukung dengan ilustrasi, contoh kasus, serta penjelasan yang mudah dipahami sehingga mampu menjembatani konsep-konsep mikroskopis dengan aplikasi di bidang pertanian dan biologi modern.

SCANME
www.penerbitwidina.com
@penerbitwidina
penerbit widina
penerbitwidina@gmail.com
widina store
widina bookstore
Layanan Pembaca & Penerbitan Buku
0815-7000-699

Ilmu Alam

ISBN 978-634-317-164-5

9 786343 171645