



**KARAKTERISTIK POLA PERKEMBANGAN BUNGA, BUAH,
BIJI, DAN PEMATAHAN DORMANSI LERAK
(*Sapindus rarak* DC.)**

DISERTASI

oleh
SULISETIJONO
117090100111013



**PROGRAM DOKTOR BIOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**



**KARAKTERISTIK POLA PERKEMBANGAN BUNGA, BUAH,
BIJI, DAN PEMATAHAN DORMANSI LERAK
(*Sapindus rarak* DC.)**

DISERTASI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor dalam Bidang Biologi

oleh

SULISETIJONO
117090100111013



PROGRAM DOKTOR BIOLOGI

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018

HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI



KARAKTERISTIK POLA PERKEMBANGAN BUNGA, BUAH, BIJI, DAN PEMATAHAN DORMANSI LERAK (*Sapindus rarak* DC.)

SULISETIJONO
117090100111013

Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal 25 Juli 2018 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Doktor dalam Bidang Biologi

Menyetujui
Promotor

Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St.
NIP 19630818 198802 2 001

Ko-Promotor I

Dr. Serafinah Indriyani, M.Si.
NIP 19630909 198802 2 001

Ko-Promotor II

Ir. Retno Mastuti, M.Agr.Sc.,D.Agr.Sc.
NIP 19650509 199002 2 001

Mengetahui

Ketua Program Studi Doktor Biologi
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya



Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St.
NIP 19630818 198802 2 001



SUSUNAN KOMISI PEMBIMBING DAN PENGUJI DISERTASI

Judul Disertasi:

KARAKTERISTIK POLA PERKEMBANGAN BUNGA, BUAH, BIJI, DAN PEMATAHAN DORMANSI LERAK (*Sapindus rarak* DC.)

Nama : Sulisetijono

NIM : 117090100111013

KOMISI PROMOTOR

Promotor : Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St.

Ko Promotor I : Dr. Serafinah Indriyani, M.Si.

Ko Promotor II : Ir. Retno Mastuti, M.Agr.Sc., D.Agr.Sc.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St.

Dosen Penguji II : Dr. Serafinah Indriyani, M.Si.

Dosen Penguji III : Ir. Retno Mastuti, M.Agr.Sc., D.Agr.Sc.

Dosen Penguji IV : Rodiyati Azrianingsih, S.Si, M.Sc., Ph.D.

Dosen Penguji V : Luchman Hakim, S.Si., M.Agr.Sc., Ph.D.

Dosen Penguji VI : Dr. Betty Lukiati, M.S.

Tanggal Ujian Proposal : 11 Juni 2015

Tanggal Seminar Hasil Penelitian : 22 Desember 2017

Tanggal Ujian Kelayakan : 03 Juli 2018

Tanggal Ujian Akhir dan Yudisium: 25 Juli 2018



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah Disertasi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia Disertasi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (DOKTOR) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, Juli 2018



Nama : Sulisetijono

NIM : 117090100111013



RIWAYAT HIDUP

Sulisetijono, lahir di Malang, 25 Januari 1967, putra dari ayah Setiono Yitnosutomo dan ibu Susiati, lulus SMA di Malang tahun 1985, menempuh pendidikan S-1 pada Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IKIP MALANG (sekarang Universitas Negeri Malang; UM) lulus tahun 1990, menempuh pendidikan S-2 di bidang Biologi (Perkembangan Tumbuhan) di Jurusan Biologi FMIPA ITB, Bandung, lulus tahun 1997, mengikuti *The Training on Biology Education: Syllabi and Teaching Methods*, Naruto University of Education at Japan, sejak tahun 1991 sampai sekarang menjadi PNS pada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang (UM).

Malang, Juli 2018

Penulis

Sulisetijono



PEDOMAN PENGGUNAAN DISERTASI

Disertasi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.



RINGKASAN

Karakteristik Pola Perkembangan Bunga, Buah, Biji, dan Pematangan Dormansi Lerak (*Sapindus rarak* DC.)

Sulisetijono, Estri Laras Arumingtyas, Serafinah Indriyani, Retno Mastuti
Program Doktor Biologi Universitas Brawijaya
2018

Sapindus rarak DC., nama lokal lerak, adalah penghasil saponin yang merupakan anggota familia Sapindaceae. Tumbuhan lerak mempunyai prospek yang potensial untuk dikembangkan. Kulit buah lerak digunakan sebagai deterjen tradisional, biopestisida, dan di bidang kesehatan. *Sapindus rarak* tumbuh liar di hutan dan belum dibudidayakan. Dalam upaya peningkatan produksi tumbuhan diperlukan pengetahuan dasar biologi reproduksi. Bunga mempunyai peran penting dalam produksi tanaman. Pengetahuan dasar yang penting untuk diketahui adalah morfologi perkembangan bunga lerak. Biji *Sapindus rarak* dan spesies lain dalam genus yang sama tingkat perkecambahan yang rendah, tidak merata dan membutuhkan waktu lama. Biji genus *Sapindus* mempunyai tipe dormansi fisik dan atau fisiologi. Tingkat perkecambahan biji genus *Sapindus* dapat meningkat setelah diberi perlakuan pengamplasan dan perendaman dalam air panas, asam klorida, dan zat pengatur tumbuh.

Penelitian dilakukan secara deskriptif eksploratif untuk mengamati morfologi perkembangan bunga lerak. Pola perbungaan ditentukan dengan mengamati sebanyak lima perbungaan dari enam individu dengan panjang perbungaan 25 cm. Pengamatan meliputi jumlah kuncup bunga mekar, jenis kelamin bunga, dan susunan bunga. Panjang dan lebar kuncup bunga diukur pada satu individu pohon dengan 3 perbungaan. Setelah diperoleh kuncup dengan panjang 0,2 mm diamati setiap hari sampai 1 minggu, selanjutnya setiap dua hari sekali sampai bunga mekar (35 hari). Pengaruh perlakuan pematangan dormansi biji secara fisik dan kimia terhadap perkecambahan lerak dievaluasi dengan mengecambahkan biji lerak dalam nampan berisi campuran tanah kebun dan pasir dengan perbandingan 1 : 1. Setiap nampan berisi 30 biji dengan tiga ulangan yang disusun dalam Rancangan Acak Kelompok. Perlakuan fisik dan kimia yang dikaji adalah pengamplasan, lama perendaman biji dalam air panas pada suhu berbeda, lama perendaman biji dalam tiga konsentrasi asam klorida, dan konsentrasi dan lama perendaman biji dalam giberelin. Data perkecambahan diperoleh dari pengamatan setiap hari selama 90 hari. Parameter yang diamati meliputi persentase perkecambahan dan rerata waktu berkecambah.



Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbungaan lerak merupakan malai (panikula), terminal, tegak, seperti kerucut, panjang 19-40 cm. Perkembangan panikula lerak dapat dikelompokkan menjadi 4 tahap yaitu 1) tahap induksi perbungaan diperlukan waktu 9-10 hari; 2) tahap inisiasi bunga pada perbungaan diperlukan waktu 15 hari; 3) tahap differensiasi bunga diperlukan waktu 30 hari; dan 4) tahap antesis diperlukan waktu 35 hari. Lerak memiliki bungan jantan, betina dan hermafrodit dengan rerata persentase bunga mekar masing-masing 55,94%, 26,42%, dan 9,20%. Bunga tidak mekar sebanyak 8,44%. Pertumbuhan bunga menunjukkan pola sigmoid.

Buah lerak termasuk sejati tunggal dan hanya mengandung satu biji. Kulit buah (perikarp) terdifferensiasi mulai dari luar yaitu eksokarp (atau epikarp), mesokarp, dan endokarp. Funikulus biji lerak tidak mengalami proliferasi untuk berkembang menjadi arilus. Perkembangan endosperma diawali dengan endosperma nuklear selanjutnya dibentuk endosperma seluler. Biji pada saat buah masak termasuk eksalbuminus.

Persentase perkecambahan paling banyak (81,11%) dan paling cepat (38,67 hari) dihasilkan oleh perlakuan perendaman air panas 50°C selama 20 menit. Persentase perkecambahan paling sedikit (31,11%) dan paling lama (67,20 hari) terdapat pada kontrol (tanpa perlakuan).

Rekomendasi supaya biji lerak tersedia banyak, perkecambahan berlangsung maksimal dan masyarakat mau menanam lerak adalah dengan adanya sosialisasi. Sosialisasi tentang pentingnya manfaat budidaya tumbuhan lerak, cara pemeliharaan, dan pengaturan yang baik pada setiap tahap perkembangan tumbuhan lerak. Pengelolaan pemilihan buah dan biji perlu dilakukan secara terencana, sehingga biji dapat dijadikan benih yang vigornya tinggi. Pengelolaan cara pematangan dormansi biji lerak dilakukan secara baik sehingga diperoleh kecambah lerak yang lebih banyak dan cepat tumbuhnya



SUMMARY

Characteristic Pattern of Flower, Fruit, Seed, and Dormancy Break of "Lerak" (*Sapindus rarak* DC.)

Sulisetijono, Estri Laras Arumningtyas, Serafinah Indriyani, Retno Mastuti
Doctoral Program Brawijaya University
2018

Sapindus rarak is saponin producing plants belongs to the family Sapindaceae. *Sapindus rarak* has not been cultivated and grows wild in the woods. Utilization of lerak fruit skin includes traditional detergent, biopesticides, and for health purposes. Lerak plants have a potential to be developed. However, the seed production of lerak is very low. An effort to increase the seed production of plants required a basic knowledge on reproductive biology. *Sapindus rarak* and its related species in the genus are known for their delayed, uneven and low germination that in turn inhibit the regeneration. *Sapindus* genus usually undergo physical or physiological dormancy. Seed germination can be increased after the treatment of sand paper scarification, hot water, hydrochloric acid or gibberellin treatments.

Descriptive exploratory study was conducted to observe the morphology of flower development of lerak. Observations were conducted on the number of individual flower bloom, the sex of flowers, and the flower arrangement. The length and width of the flower buds on one individual trees with 3 inflorescence were measured. After the bud reach the length of 0.2 mm, observation was carried out every day for 1 week, then once every 2 days until the flowers bloom (35 days). Germination experimental unit is a tray filled with a mixture of garden soil and sand in the ratio of 1: 1. Each tray contains 30 seeds of 3 replications arranged in a randomized block design. The data on seed germination was collected daily and continued until complete germination (maximum up to 90 days). Parameters recorded were germination percentage and median length of germination time (MLG).

The results showed that lerak inflorescence is a panicle, terminal, erect, conical, and 19-40 cm long. The panicle development can be grouped into four stages: 1) the induction phase of the inflorescence takes 9-10 days; 2) the initiation stage of flowers on the inflorescence was achieved within 15 days; 3) stage of flower differentiation was reached within 30 days; and 4) anthesis stage takes 35 days. The mean percentage of blooming flowers on the inflorescence covers 55.94% of male flowers, female flowers are 26.42%, 9.20% hermaphrodite flowers, and 8.44% of flowers buds did not bloom. The growth rate showed sigmoid pattern.



Lerak fruit includes a single fruit and contains only one seed. Differentiated pericarp ranging from the outer exocarp (or epicarp), mesocarp, and endocarp. Funiculus lerak seeds do not proliferate to develop into arilus. The development of the endosperm begins with the nuclear endosperm further formed endosperm cellular, the seed when the ripe fruit is an exalbuminous seed.

The study showed that the highest percentage of germination (81.11%) and the shortest MLG (38.67 days) was shown by the treatment of hot water soaking with the temperature of 50°C for 20 minutes. The lowest percentage of germination (31.11%) and the longest MLG (67.20 days) was shown by the control (untreated) seeds.

Recommendations for lerak seeds to be widely available, germination is maximal and the people community wants to plant lerak is by dissemination. Dissemination of the importance of the benefits of cultivating lerak plants, in a maintenance methods, and good arrangements at each stage of the development of lerak plants. The management of the selection of fruits and seeds needs to be carried out in a planned fashion, so that the seeds can be used as seeds of high vigor. The management of the method of breaking the lerak seed dormancy is done well so that more lerak sprouts can be obtained and rapidly growing.



UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat, taufik, dan ijin-Nya, naskah disertasi dengan judul “**Karakteristik Pola Perkembangan Bunga, Buah, Biji, dan Pematangan Dormansi Lerak (*Sapindus rarak* DC.)**” dapat terselesaikan. Penelitian disertasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola perbungaan, mengidentifikasi morfologi perkembangan bunga, mengidentifikasi morfologi perkembangan buah, dan mengevaluasi pengaruh perlakuan pematangan dormansi pada biji terhadap perkecambahan lerak. Naskah disertasi disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Doktor dalam bidang Biologi di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.

Penyelesaian penelitian dan penulisan naskah disertasi ini banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak untuk itu ucapan terima kasih perlu disampaikan kepada yang terhormat:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St. sebagai promotor, penasehat akademik, juga sebagai ketua Program Doktor Biologi FMIPA UB, yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberi bimbingan, arahan, motivasi, saran, review selama penulisan yang berguna dalam menyelesaikan naskah disertasi ini.
2. Ibu Dr. Serafinah Indriyani, M.Si. sebagai ko-promotor I, atas bimbingan, saran, motivasi, tuntunan yang berguna untuk kesempurnaan penulisan disertasi.
3. Ibu Ir. Retno Mastuti, M.Agr.Sc., D.Agr.Sc. sebagai ko-promotor II yang telah memberikan gagasan, konsep dalam penelitian, meluangkan waktu untuk membimbing, memberi masukan, pencerahan sehingga naskah menjadi lebih sempurna.
4. Ibu Rodiyati Azrianingsih, S.Si, M.Sc, Ph.D. yang telah bersedia menjadi penguji, memberikan arahan, saran, dan koreksi.
5. Bapak Luchman Hakim, S.Si., M.Agr.Sc., Ph.D. sebagai penguji dan sebagai Ketua Jurusan Biologi FMIPA yang telah memberikan masukan, arahan, dan semangat.
6. Ibu Dr. Betty Lukiaty, M.S. yang telah menyediakan waktu disela kesibukannya untuk menjadi penguji, memberikan arahan, saran, koreksi, dan motivasi.
7. Kepala UPT Matera Medica Batu yang telah mengizinkan untuk melakukan pengamatan dan penelitian.



8. Bapak Agung Witjoro, S.Pd., M.Kes. sebagai Kepala Laboratorium Biologi FMIPA UM yang telah memberi ijin menggunakan fasilitas demi terlaksananya penelitian.

9. Segenap pihak yang telah membantu dalam penelitian ini demi terselesaikannya naskah disertasi.

Semoga naskah disertasi ini dapat bermanfaat untuk menunjang pengetahuan yang berkaitan dengan konservasi plasma nutfah tumbuhan lerak.

Malang, Juli 2018

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
UCAPAN TERIMA KASIH	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xxi
DAFTAR ISTILAH	xxii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Botani Tumbuhan Lerak	9
2.2 Manfaat Tumbuhan Lerak	10
2.3 Sebaran Tumbuhan Lerak	11
2.4 Pola dan Tipe Perbungaan	11
2.5 Morfologi Perkembangan Bunga, Buah dan Biji	14
2.6 Tipe Embrio	16
2.7 Tipe Dormansi Biji	18
2.8 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perkecambahan Biji	20
2.9 Kerangka Konsep Penelitian	23
BAB III. METODE PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2 Kondisi Area Studi	27
3.3 Kerangka Operasional Kegiatan Penelitian	31
3.4 Perkembangan Bunga dan Buah Lerak	33
3.4.1 Pola dan tipe perbungaan lerak	33
3.4.2 Morfologi perkembangan bunga lerak	33
3.4.3 Morfologi perkembangan buah	39
3.5 Pengaruh pematangan dormansi pada biji terhadap perkecambahan lerak	39



DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1	Lokasi tumbuhan lerak yang digunakan dalam penelitian	27
2	Tahap perkembangan panikula lerak	46
3	Persentase polen yang viabel	71
4	Morfologi pertumbuhan kecambah lerak	83
5	Perlakuan pematangan dormansi pada <i>Sapindus</i>	92



DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Diagram pola perbungaan	12
2	Diagram sifat mekarnya bunga pada perbungaan	13
3	Klasifikasi tipe embrio	17
4	Kerangka konsep penelitian	24
5	Pohon lerak di Jl. Mojokerto Malang	28
6	Pohon lerak di Jl. Blitar nomer 8 Malang	28
7	Pohon lerak di Jl. Simpang Bogor Kota Malang	29
8	Pohon lerak di Jl. Cakrawala Kampus Universitas Negeri Malang	29
9	Pohon lerak di Jl. Veteran Kota Malang	30
10	Pohon lerak di Balai Matera Medica Batu	30
11	Kerangka operasional kegiatan penelitian	31
12	Pengamatan pola dan tipe perbungaan lerak	33
13	Habitus pohon lerak untuk pengamatan perkembangan bunga	34
14	Pengamatan morfologi perkembangan bunga lerak	35
15	Cara pengukuran panjang (pj) dan lebar (lb) bunga lerak	35
16	Pengamatan anatomi bunga lerak	35
17	Pembuatan preparat semi permanen	36
18	Pembuatan preparat dengan pembenangan	36
19	Metode parafin untuk pengamatan struktur anatomi	37
20	Tahapan pewarnaan Hemalum Mayer progresif	38
21	Pengamatan morfologi perkembangan buah lerak	39
22	Perbungaan pada lerak	44
23	Perkembangan panikula pada lerak	45
24	Pertumbuhan bunga hermafrodit lerak	47
25	Kuncup tipe-tipe bunga lerak yang berkembang pada panikula	48
26	Bagan morfologi bunga hermafrodit dan bunga jantan pada lerak	49
27	Diagram dan rumus bunga hermafrodit lerak	50
28	Rerata persentase bunga yang berkembang pada perbungaan lerak	51
29	Model perkembangan bunga ABC	52



Nomor		Halaman
30	Penampang membujur kuncup bunga betina lerak	54
31	Anatomi perkembangan ovarium lerak	54
32	Penampang melintang ovarium lerak	55
33	Anatomi stigma lerak	55
34	Bagan perkembangan ginesium saat diferensiasi stilus lerak	56
35	Bagan penampang memanjang stigma lerak (terlihat 2 lobus) dan sebagian stilus	58
36	Penampang membujur perkembangan ovulum lerak	59
37	Penampang membujur ovulum lerak pada tahap megasporogenesis	61
38	Penampang membujur ovulum lerak tahap megagametogenesis	63
39	Penampang membujur perkembangan bunga lerak	64
40	Stamen bunga lerak hermafrodit	65
41	Penampang melintang pembentukan awal dinding antera lerak	66
42	Penampang melintang antera masak lerak	66
43	Antera bunga lerak	67
44	Dua lokulus dari antera lerak	68
45	Skema perkembangan antera	68
46	Mikrosporogenesis lerak	69
47	Reseptivitas stigma lerak	70
48	Viabilitas polen bunga jantan lerak	71
49	Perkecambahan buluh polen lerak di stigma dengan pewarnaan biru anilin	72
50	Pertumbuhan buluh polen pada pistil lerak	72
51	Penampang memanjang sebagian ovulum lerak setelah pembuahan	73
52	Perkembangan buah lerak	74
53	Bagan perkembangan buah lerak	76
54	Penampang buah lerak	76
55	Penampang buah lerak masak umur 21 minggu	77
56	Pola pertumbuhan buah lerak	79
57	Perkecambahan epigeal biji lerak	81
58	Tahap kedua perkecambahan lerak yang menunjukkan pertumbuhan akar primer dan hipokotil	82



Nomor		Halaman
59	Kecambah lerak tahap lanjut	83
60	Perkecambahan lerak epigeal-fanerokotilar-Sloanea	84
61	Pengaruh perlakuan pematangan dormansi secara fisik dan kimia pada biji lerak terhadap persentase perkecambahan lerak	86
62	Pengaruh perlakuan pematangan dormansi secara fisik dan kimia pada biji lerak terhadap persentase waktu berkecambah lerak	87



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Bahan dan cara penyediaan perekat Haupt	103
2	Macam perlakuan pematahan dormansi pada biji lerak	104
3	Jumlah kuncup bunga yang berkembang pada panikula lerak	105
4	Hasil uji beda data persentase perkecambahan lerak dengan analisis varian	106
5	Hasil uji beda data waktu berkecambah lerak dengan analisis varian	109
6	Ringkasan hasil uji Scott-Knott pengaruh perlakuan pematahan dormansi terhadap persentase perkecambahan dan rerata waktu berkecambah biji lerak	112
7	Sertifikat pemakalah seminar internasional	113
8	Artikel 1 yang dipublikasikan dalam jurnal internasional	114
9	Artikel 2 yang dipublikasikan dalam jurnal internasional	118
10	Sertifikat bebas plagiasi	129



DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan

Anava

O

+

CO₂

dpl.

FAA

G

GA

GR

HCl

♀

♂

lb.

NaOH

J_bJ_k

+

pj.

RAK

SE

SEM

Tahura

Keterangan

analisis varian

betina

carbon dioxide; karbondioksida

di atas permukaan laut

*formaldehyde acetic acid**germination percentage*; persentase perkecambahan*gibberelic acid*; asam giberelin*germination rate*; rerata waktu berkecambah*hydrochloric acid*; asam klorida

hermafrodit, biseksual

jantan

lebar

natrium hidroksida

jumlah atau total biji

jumlah biji berkecambah

lebih kurang

panjang

rancangan acak kelompok

standard error; kesalahan baku rerata*scanning electron microscope*

taman hutan rakyat

Simbol/Singkatan

cm

°

°C

g

kg

L

m

mL

mm

µm

%

Nama Unit

centimeter

derajat

derajat celsius

gram

kilogram

liter

meter

mililiter

milimeter

mikrometer

persen



DAFTAR ISTILAH

absisi	gugur atau lepasnya organ tumbuhan; zona absisi, zona yang mengandung jaringan yang menyebabkan gugurnya organ-organ seperti misalnya daun, buah, dan bunga
akropetal	pada perbungaan terbatas, apabila mekarnya bunga yang paling ujung (<i>terminal</i>) diikuti dengan mekarnya bunga-bunga lain dari bawah ke atas
aktinomorf	bunga dapat dibagi oleh banyak bidang simetri
androdioesius	bunga jantan dan hermafrodit terdapat pada individu yang terpisah
angiosperma	angiospermae, kelompok tumbuhan berbiji tertutup
antelmintik	mematikan atau melumpuhkan cacing dalam usus manusia atau hewan
antera	anthera; bagian stamen yang terdapat pada ujung filamen (tangkai sari), bagian ini di dalamnya biasanya mempunyai dua teka (ruang sari)
antesis	saat pematangan organ bunga yang jantan dan betina
androesium	keseluruhan benang sari (stamen)
basal	bagian bawah; sel basal adalah sel yang letaknya dekat dengan mikropil
basipetal	pada perbungaan terbatas, apabila mekarnya bunga-bunga lain itu dari atas ke bawah
biseksual	berjenis kelamin dua, hermafrodit; bunga terdapat stamen dan pistil yang fungsional
benih	biji tanaman yang telah mengalami perlakuan sehingga dapat dijadikan sarana dalam memperbanyak tanaman
bibit	benih yang telah berkecambah
biji	organ di dalam kulit buah hasil perkembangan dari bakal biji (ovulum)
bunga betina	bunga terdapat pistil yang fungsional, stamen tidak fungsional tereduksi menjadi staminodium atau absen
bunga jantan	bunga terdapat stamen yang fungsional, pistil tidak fungsional tereduksi menjadi pistilodium atau absen
diagram bunga	suatu gambar proyeksi pada bidang datar dari semua bagian bunga yang dipotong melintang, dengan demikian pada diagram bunga digambarkan penampang melintang sepal, petal, stamen, dan pistil
dioesius	<i>dioecious</i> ; berumah dua; bunga jantan dan bunga betina terdapat pada individu tumbuhan yang berbeda
dioesius-poligamus	bunga jantan, bunga betina, dan bunga hermafrodit yang terdapat pada individu yang berbeda
dorman(si)	suatu keadaan berhenti sementara untuk tumbuh yang dialami organisme hidup atau bagiannya sebagai tanggapan atas suatu keadaan yang tidak mendukung pertumbuhan normal. Dengan demikian, dormansi merupakan suatu reaksi atas keadaan fisik atau lingkungan tertentu.
endosperma	jaringan nutrien yang terbentuk di dalam kantung embrio tumbuhan berbiji (Spermatophyta)
<i>embedding</i>	penanaman; proses memasukan atau penanaman jaringan ke dalam blok (cetakan) parafin, sehingga memudahkan proses penyayatan dengan bantuan alat mikrotom



emesis	muntah, suatu refleks yang tidak dapat dikontrol untuk mengeluarkan isi lambung dengan paksa melalui mulut
epikotil	ujung apeks dari sumbu embrio yang akan tumbuh menjadi kuncup, terletak di atas tempat menempelnya kotiledon
familia	tingkatan takson suku
filamen	tangkai sari; tangkai dari antera, silindris
fiksasi	usaha untuk mempertahankan jaringan agar tetap berada pada tempatnya dan tidak mengalami perubahan bentuk maupun ukuran dengan menggunakan media yang digunakan untuk fiksasi disebut larutan fiksatif
funikulus	tali pusar, tangkai yang menghubungkan antara bakal biji (ovul) dengan plasenta
ginesium	keseluruhan putik (pistil)
hemi-inferus	semi-inferus; letak ovarium (bakal buah) terhadap reseptakel (dasar bunga) setengah tenggelam; ovarium duduk pada reseptakel bunga yang cekung, duduknya ovarium lebih rendah daripada tepi reseptakulum
hipokotil	ruas batang pertama, letaknya di bawah tempat menempelnya kotiledon
inferus	tenggelam; bakal buah terdapat di bawah reseptakel (dasar bunga); ovarium seluruhnya tertanam pada reseptakel yang melebar dan bersatu dengannya
infiltrasi	suatu usaha menyisipkan media penanaman ke dalam jaringan dengan jalan menggantikan kedudukan dehidran dan bahan penjernih
integumen	kulit ovul pembungkus di sekitar nuselus
kaliks	<i>calyx</i> , kelopak; daun perhiasan bunga (periantium) yang merupakan lingkaran luar biasanya berwarna hijau
karpel(um)	<i>carpellum</i> ; daun buah yang merupakan hasil metamorfosis daun penyusun pistilum
korola	<i>corolla</i> , mahkota; daun perhiasan bunga (periantium) yang terdapat di selbah dalam kaliks, umumnya lebih besar dengan warna yang indah, menarik dengan bentuk susunan yang bagus
lanseolatus	lanset; bentuk helaian daun dengan bagian terlebar di tengah daun dan perbandingan lebar dengan panjang 1 : 3-5
lokulus	loculus, loculumentum; ruangan kecil bagian dari teka yang merupakan kantung polen
malai	sumbu karangan bunga bercabang secara monopodial, di setiap cabang sumbu merupakan unit sebagai bunga majemuk tandan
mesofil	daging daun; daerah antara dua lapisan epidermis atas dengan epidermis bawah pada daun yang berisi jaringan dasar parenkima
metlin	atau pita ukur; alat ukur panjang yang dapat digulung berkisar 100 cm menggunakan ukuran mm, cm, m, dan inchi, biasanya terbuat dari kain, plastik atau besi tipis
moluscisida	pemberantas hama siput
monoesius	<i>monoecious</i> , berumah satu; bunga jantan dan bunga betina terdapat pada satu individu, pada perbungaan yang sama atau tidak



monoecius-
poligamus

poligamononoecious; bunga-bunga jantan, betina, dan hermafrodit terdapat pada individu tumbuhan yang sama, pada perbungaan yang sama atau tidak

monopodial

sumbu atau batang yang pertumbuhannya didominasi oleh meristem apikal, sumbu utama tampak jelas

nuselus

jaringan di dalam ovul dan di dalamnya berkembang gametofit betina; secara struktur adalah ovul tanpa integumen

oblanceolatus

lanset terbalik; bentuk helaian daun dengan bagian terlebar di atas tengah daun dan perbandingan lebar dengan panjang 1 : 3-5

oblongus

lonjong; bentuk helaian daun dengan bagian terlebar di tengah daun dan perbandingan lebar dengan panjang 1 : 2-3

operkulum

tutup biji

ovarium

bakal buah; terdiri dari satu atau lebih karpel yang membawa ovulum pada plasenta; bagian pistil (putik) yang umumnya kelihatan membesar dan duduk pada reseptakel (dasar bunga)

ovatus

bulat telur; bentuk helaian daun dengan bagian terlebar di bawah tengah daun dan perbandingan lebar dengan panjang 1 : 2

ovulum

ovul, bakal biji yang pada tumbuhan berbiji tertutup terdapat di dalam ovarium

panikula

malai

pangkal akar

leher akar (*collum radiceis*); bagian akar yang bersambungan dengan pangkal batang

parakladium

unit pola yang berulang dalam urutan perkembangan bercabang dari perbungaan, setiap cabang anak mengulangi perilaku cabang utama

pediselus

pedicellus, tangkai dari satu bunga pada perbungaan

pedunkulus

Pedunkulus communis; tangkai induk bunga; ibu tangkai perbungaan, bagian yang merupakan terusan dari batang atau cabang di antara bunga teratas dan cabang perbungaan terbawah (bunga terbawah dari perbungaan yang tidak bercabang)

perbungaan

bunga majemuk, satu tangkai terdapat banyak kuntum bunga

periantium

perianthium, perhiasan bunga; jika lengkap mempunyai kaliks dan korola

perikarp

kulit buah, perkembangan dari dinding bakal buah

perifer

terletak di tepi, jauh dari pusat

petal

unsur penyusun bagian berwarna dari sebuah bunga (mahkota), satu bagian daun mahkota

pistil(ums)

pistilum, alat kelamin betina bunga

plasenta

daerah menempelnya ovulum (bakal biji) pada karpel

plumula

pucuk atau kuncup apikal batang yang sedikit terdiferensiasi meliputi kaulikulus (batang embrio) beserta primordium daun; sumbu embrio dan daun-daun di atas kotiledon

primordium

primordial (jamak); bakal organ; sel atau gugus sel yang teratur pada permulaan sekali diferensiasi

quiescent

biji yang tidak dapat tumbuh karena lingkungan yang tidak sesuai



radikula	akar embrio, akar lembaga
rakis	<i>rachis</i> , sumbu primer, bagian dari cabang di atas dari percabangan terbawah atau bunga terbawah, kelanjutan dari pedunkulus
rasemus	tandan, bunga bertangkai nyata dan duduk pada rakis.
rasemosa	perbungaan tak terbatas ditandai oleh bunga mekar dari arah pangkal ke ujung pedunkulus atau dari luar karangan ke dalam
reseptakel	dasar bunga, sumbu bunga tempat bagian lain bunga yaitu perhiasan dan alat kelamin bunga tertanam
rumus bunga	ciri-ciri morfologi seperti kaliks, korola, andresium, dan ginesium dinyatakan dengan huruf-huruf sedangkan jumlah bagian-bagiannya dalam tiap lingkaran dinyatakan dengan angka
<i>scaffolding</i>	perancah; suatu struktur sementara yang digunakan untuk menyangga manusia dan material dalam konstruksi atau perbaikan gedung dan bangunan-bangunan besar lainnya.
sepal	daun penyusun kelopak bunga; satu bagian daun kelopak
sinflorescentia	bunga majemuk (perbungaan) berganda bentuknya dapat ditelusuri dari serangkaian perbungaan sederhana, baik yang terbatas (<i>simosa</i> , <i>cymose</i>) maupun yang tidak terbatas (<i>rasemosa</i> , <i>racemose</i>)
simosa	perbungaan terbatas ditandai oleh bunga mekar dari arah ujung ke pangkal pedunkulus atau dari dalam karangan ke luar
simpodial	sumbu atau batang yang pertumbuhannya didominasi oleh meristem ketiak (kuncup samping), cabang sumbu tampak jelas lebih dominan
skarifikasi (biji)	salah satu upaya pretreatment atau perawatan awal pada biji, yang ditujukan untuk mematahkan dormansi, serta mempercepat terjadinya perkecambahan biji yang seragam. Skarifikasi bertujuan untuk mengubah kulit biji yang tidak permeabel menjadi permeabel terhadap gas-gas dan air
stamen	benang sari, alat kelamin jantan bunga
stigma	bagian atas putik, kepala putik; bagian yang sering dilengkapi dengan papila-papila kecil yang menerima polen
stilus	<i>stylus</i> ; tangkai putik, struktur berbentuk tabung memanjang menghubungkan ovarium (bakal buah) dan stigma (kepala putik)
stratifikasi (biji)	salah satu proses atau perlakuan untuk mematahkan dormansi biji dengan cara membuat lingkungan tertentu, cara itu berupa pengaturan suhu dan kelembapan.
suku	tingkatan takson familia
tapetum	lapisan paling dalam pada dinding lokulus (kantong polen), kandungan sel-selnya diserap oleh butir polen selama perkembangannya
tandan	aksis karangan bunga tidak bercabang, bunga bertangkai nyata dan duduk pada sumbu
teka	<i>theca</i> , ruang sari; bagian dari antera; masing-masing teka semula terdiri atas ruangan kecil (lokulus)
tiang	bentuk pertumbuhan tingkat tiang (<i>pole</i>), permudaan pohon dengan diameter batang antara 10–20 cm. Bagian tingkatan pertumbuhan tanaman: a) tingkat semai (<i>seedling</i>) yaitu tumbuhan dari mulai



kecambah sampai tinggi 1,5 meter, b) tingkat pancang (*sapling*) yaitu permudaan yang tingginya lebih dari 1,5 meter, dengan diameter tumbuhan kurang dari 10 cm, c) tingkat tiang (*pole*), d) pohon dewasa (*tree*) yaitu pohon yang memiliki diameter lebih dari 20 cm.

unisexual

viabel

viabilitas

vigor

zigomorf

berjenis kelamin satu; bunga jantan atau bunga betina

mampu hidup

kemungkinan untuk dapat hidup

kekuatan, tenaga; sejumlah sifat-sifat biji yang mengidkasikan pertumbuhan dan perkembangan kecambah yang cepat dan seragam pada cakupan kondisi lapang yang luas

terbagi oleh satu bidang simetri, bentuk simetris dua pihak

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sapindus rarak DC. mempunyai nama lokal *lerak* (Indonesia) atau dikenal juga sebagai *rerek* (Sunda), *klerek*, *werak* (Jawa) atau *lamuran* (Palembang) (Kasahara & Hemmi, 1986). Lerak termasuk ke dalam kelas Magnoliopsida (dikotil) bangsa Sapindales suku Sapindaceae, satu suku dengan rambutan (*Nephelium lappaceum* L.), kelengkeng [*Euphoria longan* (Lour.) Steud], leci (*Litchi sinensis* Sonn.), dan kiara payung [*Filicium decipiens* (W. & A.) Thw.]. Spesies lain yang satu marga dengan *Sapindus rarak* adalah *S. mukorosi*, *S. emarginatus*, dan *S. saponaria*. Tumbuhan lerak berbentuk pohon dengan tinggi rata-rata 10 m, walaupun dapat mencapai 42 meter dengan diameter satu meter. Pohon lerak memiliki nilai ekonomis karena kualitas kayunya seperti kayu jati. Kulit batang, daun, kulit buah, dan biji tumbuhan lerak mengandung saponin dan flavonoid. Kandungan tanin pada kulit batang dan daun tumbuhan lerak. Kulit batang dapat diguna-kan sebagai pembersih rambut (Wina dkk., 2005; Udarno, 2009).

Perikarp buah lerak mengandung saponin, sedangkan bijinya mengandung minyak (Sunaryadi, 1999 & Stoffels, 2008). Saponin kulit buah lerak digunakan sebagai pencuci alami, biopestisida, dan dimanfaatkan di bidang kesehatan sebagai pembersih muka guna mengurangi jerawat pada wajah (Piputri & Lutfiati, 2014; Mediana & Prijono, 2014; Silviani & Puspitaningrum, 2015).

Tumbuhan lerak di Jawa Timur dilaporkan berada di punggung Gunung Kelud (Larashati, 2004). Tumbuhan lerak ditemukan pada kondisi hutan tidak terbakar di Tahura Soeryo Kabupaten Malang (Rahmasari, 2011), di hutan Wonosalam Jombang dengan status berisiko rendah (LC; *Least Concern*) dan tidak dilindungi (Kabupaten Jombang, 2010). Lerak ditemukan juga di Taman Nasional Meru Betiri dan di Taman Nasional Alas Purwo dan dikategorikan sebagai terancam punah (Heriyanto & Subiandono, 2007).

Lerak belum pernah dibudidayakan di Indonesia. Umumnya bila ditanam penduduk hanyalah 1-2 pohon saja di pekarangan rumah sebagai tumbuhan sampingan (Udarno, 2009). Keberadaan pohon lerak sudah mulai terlupakan. Di kota Malang pada tahun 2009 hanya ditemukan enam tumbuhan (Sulisetijono, 2009), meskipun demikian buah lerak masih dijual di pasar tradisional meskipun dalam jumlah terbatas. Pemasok lerak memperolehnya dari pohon yang tumbuh di pinggiran hutan Kabupaten Malang. Beberapa daerah

penghasil lerak dan dapat memasok ke luar daerah adalah Kediri, Banten, dan Madura (Sumiasri dkk., 2010).

Kendala tumbuhan lerak belum dibudidayakan secara luas karena waktu panen yang lama seperti halnya anggota Sapindaceae yang lain (matoa, rambutan, kelengkeng), sehingga membuat orang tidak tertarik untuk membudidayakan tumbuhan lerak. Pengetahuan tentang perbanyakan lerak juga masih sedikit sehingga ketersediaan benih menjadi rendah.

Perbanyakan lerak dapat dilakukan secara generatif dengan menggunakan biji. Buah lerak tersusun dalam malai, berbentuk bulat dengan ukuran diameter 2,0 cm, berwarna hijau tua sampai kecoklatan dan biji berwarna hitam. Biji yang akan digunakan untuk perbanyakan harus sudah cukup tua dan sehat. Biji disimpan di tempat teduh dan dibasahi secara teratur sebelum disemaikan, kemudian biji disemaikan hingga menjadi kecambah. Pembiakan lerak secara vegetatif belum pernah dilaporkan. Berbeda dengan kelengkeng yang masih satu suku dengan lerak, pembiakan secara vegetatif dapat ditempuh dengan beberapa cara, yaitu pencangkakan, penyambungan dan pengentenan. Pembiakan dengan biji merupakan cara yang dianjurkan, karena pembiakan dengan biji dapat menghasilkan tumbuhan yang kuat dengan sistem perakaran yang baik dan memiliki umur yang panjang (Sunanto, 1990).

Dalam upaya meningkatkan produksi tumbuhan, diperlukan program perkembangbiakan dan seleksi bagi tumbuhan. Sejauh ini program perkembangbiakan dan seleksi tumbuhan yang telah dilakukan pada beberapa tanaman (buah-buahan, sayuran, tanaman hias, tanaman obat, tanaman penghasil kayu), belum memberikan hasil yang memuaskan (Soepadmo, 1989). Salah satu penyebab adalah kurangnya pengetahuan dasar yang berkaitan dengan biologi reproduksi dari tumbuhan yang diteliti. Pengetahuan dasar biologi reproduksi yang penting dan perlu diketahui adalah pola dan tipe perbungaan, struktur bunga, serta biologi polinasi. Pengetahuan tentang terjadinya polinasi dan fertilisasi juga diperlukan, karena proses tersebut menentukan keberhasilan perkembangbiakan tumbuhan (Lord & Kohorn, 1986). Keberhasilan polinasi dan fertilisasi akan mengakibatkan ginesium mengalami berbagai perubahan struktural yang selanjutnya berkembang menjadi buah dan biji (Esau, 1977; Fahn, 1990; Rudall, 2007; Beck, 2010).

Informasi tentang biologi reproduksi dan sistem perkembangbiakan pada suku Sapindaceae masih terbatas. Keterbatasan informasi meliputi aspek struktur perkembangan organ reproduksi yang meliputi perkembangan bunga, buah, biji dan keberhasilan biji untuk berkecambah. Beberapa aspek biologi reproduksi tumbuhan yang telah diketahui di



antaranya adalah rambutan (Lim, 1984), leci (Saucu & Menini, 1989; Froneman, 2010), dan kelengkeng (Muhibbuddin, 1992). Pola perbungaan ditentukan berdasarkan kompleksitas percabangan dan posisi bunga yang meliputi waktu dan letak terbentuknya bunga. Tumbuhan yang termasuk ke dalam suku Sapindaceae umumnya memiliki pola percabangan majemuk dengan tingkat percabangan bertingkat. Perbungaan dengan tipe dasar simosa atau simosa-panikula, jarang tunggal, biseksual atau sering uniseksual dengan andresium atau ginesium tereduksi (Cronquist, 1981). Perbungaan berupa panikula dan berkembang di ujung ranting dijumpai pada kelengkeng (Muhibbuddin, 1992) dan rambutan (Lim, 1984).

Bunga pada duku (*Lansium domesticum*) kultivar duku hanya 11% yang berkembang dapat membentuk buah, sedangkan pada kultivar langsung hanya 21% (Prakash dkk., 1977). Pada rambutan bunga yang berkembang menjadi buah mencapai 2,7%. Jumlah buah kelengkeng yang terbentuk mencapai 44,44% dari jumlah bunga hermafrodit yang berkembang. Rendahnya produksi buah pada tumbuhan tersebut disebabkan gagalnya polinasi dan fertilisasi (Muhibbuddin, 1992; Nakata & Sugiyama, 2005). Perkembangan organ generatif, bunga dan buah lerak belum pernah dilaporkan.

Berdasarkan tipe seks bunga yang dimiliki oleh anggota suku Sapindaceae, seperti kelengkeng dapat mempunyai empat kemungkinan, yaitu 1) tumbuhan yang hanya memiliki bunga jantan, 2) tumbuhan yang memiliki bunga betina, 3) tumbuhan yang memiliki bunga jantan dan betina, dan 4) tumbuhan yang memiliki bunga hermafrodit (Muhibbuddin, 1992). Lim (1984) melaporkan bahwa rambutan mempunyai dua tipe bunga yaitu bunga jantan dan bunga hermafrodit terdapat pada pohon yang terpisah, sedangkan rambutan yang dibudidayakan terdapat dua tipe bunga bersamaan pada satu perbungaan. Keadaan ini menunjukkan adanya variasi tipe bunga yang berkembang pada pohon yang sama atau berbeda dalam spesies yang sama. Adanya variasi seks juga ditunjukkan pada kelengkeng yang mempunyai tiga tipe bunga, yaitu bunga jantan, bunga betina, dan bunga hermafrodit yang terdapat pada pohon yang sama atau berbeda (Sunanto, 1990).

Produksi buah pada tumbuhan yang memiliki bunga lebih dari satu tipe seperti pada suku Sapindaceae tergantung pada jumlah total bunga dan rasio seks dalam suatu perbungaan (Saucu & Menini, 1989). Keberhasilan polinasi dan fertilisasi juga merupakan faktor yang menentukan produksi buah pada sebagian besar tumbuhan berbunga, seperti yang terjadi pada rambutan (Lim, 1984) dan leci (Saucu & Menini, 1989). Rendahnya



jumlah buah yang terbentuk setelah polinasi dapat disebabkan oleh gagalnya polinasi dan polen gagal berkecambah.

Buah yang berkembang pada tumbuhan Sapindaceae, seperti pada kelengkeng (Muhibbuddin, 1992) dan rambutan (Lim, 1984) berasal dari salah satu ruang ovarium. Bagian ovarium yang berkembang menjadi buah adalah ovarium yang ovulumnya terdapat perkembangan kantung embrio dan terjadi fertilisasi. Pertumbuhan buluh polen terjadi pada satu ovulum.

Perkembangan buah sejak fertilisasi hingga matang memerlukan waktu yang bervariasi. Perkembangan buah pada kelengkeng memerlukan waktu 11 minggu dan pertumbuhannya mengikuti kurva sigmoid (Muhibbuddin, 1992). Pertumbuhan buah rambutan memerlukan waktu mencapai 12 minggu dan pertumbuhannya juga mengikuti kurva sigmoid (Lim, 1984).

Berdasarkan manfaatnya yang multifungsi, maka tumbuhan lerak perlu dilestarikan. Upaya pelestarian lerak dapat dilakukan dengan penyediaan bibit lerak dari biji yang baik. Lerak dapat diperbanyak dengan biji, sehingga diperoleh bibit lerak dalam jumlah banyak tanpa memerlukan peralatan yang canggih dan tidak memerlukan biaya tinggi. Kendala perbanyakkan lerak dengan biji memiliki tingkat keberhasilan pembibitan yang rendah karena biji lerak memiliki daya kecambah yang rendah (Sunlayanuban, 1991). Potensi rendah biji lerak untuk tumbuh tidak hanya ketika dipindahkan tetapi untuk melanjutkan perkecambahan saja kemungkinannya kecil karena adanya gangguan lingkungan sekitar. (Woods & Elliott, 2004). Gangguan tersebut disebabkan oleh serangan semut pada biji yang sudah mulai berkecambah, masuknya biji di dalam tanah yang kurang dalam, dan faktor kekeringan. Biji lerak yang diskarifikasi tanpa perlindungan terhadap pemakan biji dan berkecambah di permukaan atas tanah atau terlalu dalam tidak dapat tumbuh dengan cepat.

Perkecambahan biji *Sapindus mukorrosti*, *Sapindus emarginatus* dan spesies lainnya dalam genus yang sama dikenal lama, tidak merata, dengan tingkat keberhasilan yang rendah (Thapa & Gautam, 2005; Dobhal dkk., 2012; Swaminathan & Revathy, 2013). Ketahanan kecambah lerak secara alami di Thailand hanya mencapai 25% (Elliot dkk., 2003). Faktor-faktor yang mempengaruhi perkecambahan biji lerak belum dilaporkan secara menyeluruh.

Biji dapat mengalami dormansi fisiologis dan fisik (Sutopo, 2002). Dormansi fisiologis disebabkan oleh sejumlah faktor fisiologis di antaranya zat pengatur tumbuh atau embrio belum matang (Sadjad, 1993). Biji yang telah masak dan siap untuk berkecambah



membutuhkan kondisi klimatik dan tempat tumbuh yang sesuai untuk dapat mematahkan dormansi dan memulai proses perkecambahannya. Dormansi fisik diakibatkan oleh hambatan struktural terhadap perkecambahan, seperti kulit biji yang keras dan kedap air, resistensi mekanis kulit biji terhadap pertumbuhan embrio, dan permeabilitas yang rendah dari kulit biji terhadap gas.

Marga *Sapindus* mempunyai tipe dormansi fisiologi dan atau fisik (Cook dkk., 2008). Dormansi fisik disebabkan oleh kulit biji *Sapindus* keras sehingga mengganggu proses imbibisi. Struktur kulit biji lerak yang keras seperti halnya biji kepel (*Stelechocarpus burahol*) mengakibatkan biji sulit berkecambah (Isnaeni & Habibah, 2014).

Dormansi fisiologi diakibatkan proses fisiologis dalam biji terhambat oleh kondisi embrio yang belum matang. Tipe tahapan perkembangan embrio meliputi tahap proembrio (kuadran dan oktan), tahap globular, jantung, torpedo, dan kotiledon di dalam biji. Embrio yang belum sempurna pertumbuhannya atau belum matang yaitu masih dalam tahapan torpedo, memerlukan jangka waktu tertentu agar dapat berkecambah (Cook dkk., 2008). Sautu (2004) menyatakan bahwa biji *Sapindus saponaria* mempunyai tipe dormansi fisiologi dengan rata-rata lama perkecambahan secara normal selama 74 hari. Biji lerak yang berasal dari buah yang tua tapi belum masak juga akan mengalami dormansi fisiologis.

Giberelin (GA_3) dilaporkan mampu mengatasi dormansi fisiologi biji pada berbagai spesies sehingga biji dapat berkecambah dan memobilisasi cadangan makanan di endosperma selama tahap awal perkecambahan biji (Purwaningsih, 2001; Hopkins & Huner, 2008). Selain itu efek lain giberelin pada biji adalah mendorong pemanjangan sel sehingga radikula dapat menembus endosperma, kulit biji atau kulit buah yang membatasi pertumbuhan (Salisbury & Ross, 1992). Giberelin mampu dihasilkan sendiri oleh tumbuhan, tetapi jumlahnya belum cukup untuk merangsang perkecambahan terutama untuk biji berkulit keras (Asra, 2014). Oleh karena itu penambahan GA_3 secara eksogen melalui perendaman biji yang berkulit keras perlu dilakukan untuk mempercepat proses perkecambahan.

Dormansi pada biji lerak juga mungkin disebabkan oleh hambatan kulit biji. Woods & Elliott (2004) menyatakan bahwa skarifikasi fisik biji lerak dapat mempercepat perkecambahan biji. Skarifikasi dapat dilakukan dengan mengikis atau menggosok kulit biji dengan kertas amplas, melubangi kulit biji dengan pisau, memecah kulit biji maupun dengan goncangan untuk biji yang memiliki sumbat gabus. Perendaman biji dalam air

panas mampu melunakkan dan membuka pori-pori kulit biji yang keras (Baskin dkk., 2004).

Kulit biji yang lunak memudahkan air terserap oleh biji sehingga proses-proses fisiologi dalam biji dapat berlangsung dan terjadi perkecambahan.

Persentase dan laju perkecambahan pada perlakuan pengampelasan kulit biji lerak yang sudah tersimpan dan perendaman biji lerak dalam air panas 65°C selama 20 menit, mengakibatkan perkecambahan dan pertumbuhan biji lerak yang lebih baik dibandingkan perlakuan perendaman biji dengan larutan KNO₃, apalagi dibanding biji tanpa perlakuan dan perendaman dalam zat pengatur tumbuh auksin (Wardhani & Elik, 2007). Perkecambahan biji *Sapindus mukorossi* lebih meningkat (32%) setelah direndam dalam air panas daripada biji yang tidak mendapat perlakuan perendaman dalam air panas (Dobhal dkk., 2012). Perkecambahan *Sapindus mukorossi* dengan perlakuan skarifikasi asam menunjukkan bahwa secara umum skarifikasi selama 75 dan 110 menit dalam asam klorida jenuh sebelum perlakuan efektif untuk mempercepat dan memperbanyak perkecambahan *Sapindus mukorossi* (Thapa & Gautam, 2005).

Tumbuhan lerak mempunyai berbagai manfaat sementara keberadaannya tidak dilindungi dan terancam punah, di sisi lain tidak ada upaya dari masyarakat untuk membudidayakannya, maka upaya pelestarian lerak perlu dilakukan. Dalam upaya peningkatan produksi tumbuhan diperlukan pengetahuan dasar biologi reproduksi. Bunga mempunyai peran penting dalam produksi tanaman, oleh karena itu morfologi perkembangan bunga lerak penting untuk dipelajari dan diteliti. Keberhasilan bunga yang dapat menjadi buah dapat ditingkatkan bila diketahui perilaku polinasi dan keberhasilan fertilisasi.

Penyediaan bibit lerak yang cukup dapat dilakukan dengan menanggulangi dormansi biji lerak. Faktor pematangan dormansi secara fisik dan kimia pada biji lerak terhadap perkecambahan juga perlu dikaji. Faktor pematangan dormansi yang dikaji adalah pengampelasan, lama perendaman biji dalam air panas pada suhu berbeda, lama perendaman biji dalam tiga konsentrasi asam klorida, dan konsentrasi dan lama perendaman biji dalam giberelin.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang, dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. bagaimanakah pola dan tipe perbungaan lerak?
2. bagaimanakah morfologi perkembangan bunga lerak?
3. bagaimanakah morfologi perkembangan buah lerak?
4. bagaimanakah morfologi perkembangan biji lerak?



5. apakah perlakuan pematangan dormansi pada biji berpengaruh terhadap perkecambahan lerak?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menganalisis pola dan tipe perbungaan lerak,
2. menganalisis morfologi perkembangan bunga lerak,
3. menganalisis morfologi perkembangan buah lerak,
4. mengidentifikasi morfologi perkembangan biji lerak,
5. mengevaluasi rekomendasi pengaruh perlakuan pematangan dormansi pada biji terhadap perkecambahan lerak.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. melengkapi pengetahuan biologi reproduksi tumbuhan familia Sapindaceae agar produksi buah dapat ditingkatkan,
2. dengan mengetahui proporsi macam kelamin bunga maka keberhasilan terjadinya buah lerak dapat diprediksi,
3. struktur perkembangan dan umur buah lerak digunakan sebagai dasar untuk dapat memanen buah lerak dengan kandungan biji yang baik,
4. struktur perkembangan biji lerak guna memperoleh biji yang dapat dijadikan benih dengan daya kecambah yang tinggi,
5. mendukung pengembangan budidaya tumbuhan lerak yang lebih cepat dan terencana.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Botani Tumbuhan Lerak

Tumbuhan lerak (*Sapindus rarak* DC.) merupakan jenis tumbuhan yang berasal dari Asia Tenggara dan telah lama dikenal di Pulau Jawa. Lerak dapat tumbuh dengan baik pada hampir semua jenis tanah dan keadaan iklim, dari dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 450—1500 m dpl. (Udarno, 2009). Lerak biasa tumbuh liar di hutan dan tumbuh rindang, bentuk lingkungan tumbuh lerak yang sesuai adalah pada iklim tropik dengan kelembapan tinggi, berdrainase baik, subur dan mengandung banyak humus. Curah hujan rata-rata 1.250 mm per tahun. Tumbuhan digunakan sebagai pengendali erosi dan penahan angin, sebagai tumbuhan pekarangan yang agak jauh dari rumah. Menurut Backer & Bakhuizen van den Brink (1965) dan Cronquist (1981), sistematika lerak seperti berikut.

Divisio : Magnoliophyta

Classis : Magnoliopsida

Subclassis : Rosidae

Ordo : Sapindales

Familia : Sapindaceae

Genus : *Sapindus*

Species : *Sapindus rarak* de Candolle

Tumbuhan lerak berbentuk pohon dan rata-rata dapat mencapai tinggi 10 meter, walaupun dapat mencapai 42 meter dengan diameter satu meter. Macam daun majemuk menyirip genap, ibu tangkai daun 25–40 cm, anak daun bentuk oblongus sampai ovatus-lanceolatus, 7–12 pasang; ujung runcing, pangkal tumpul miring, tepi rata, dengan panjang 7–13 cm, lebar 1,5 – 4,0 cm, bertangkai 5–8 mm dan berwarna hijau. Perbungaan lerak berbentuk malai (panikula), terminalis, tegak. Bunga zigomorf, tangkai bunga 1,5 mm; sepal sebanyak 5, oblongus, panjang 2–3,5 mm; petal 4, oblanseolatus, panjang 3,8 mm, warna kuning keputihan. Bunga berjenis kelamin satu atau dua dan berumah satu. Tumbuhan mulai berbuah pada umur 5–15 tahun, musim berbuah pada awal musim hujan. Lerak menghasilkan perbungaan yang tumbuh langsung dari kuncup dorman pada batang utama atau cabang utama. Buahnya bulat agak pipih pada bagian pangkal, seperti kelereng, garis tengah 2–2,5 cm, pada sisi perut pipih, kulit buah luar yang tua atau masak berkerut dan warnanya yang semula hijau tua menjadi coklat kehitaman. Permukaan buah licin atau mengkilat, spermo-

dermis sedikit berlendir dan aromanya wangi (Widowati, 2003; Udarno, 2009). Bijinya bundar, kulit biji sangat keras, mengkilat, dan berwarna hitam.

Tumbuhan *Sapindus rarak* mempunyai nama yang berbeda pada setiap daerah, seperti lamuran di Palembang, lerak di Jawa dan sering disebut rerek di Jawa Barat. Perikarp (kulit buah) berdaging dan mengandung sedikit lendir dan aromanya wangi. Perikarp mengandung zat saponin, sedangkan bijinya mengandung minyak (Sunaryadi, 1999 & Stoffels, 2008).

2.2 Manfaat Tumbuhan Lerak

Kayu lerak sangat ringan dan biasa digunakan sebagai papan cor, batang korek api dan kerajinan dari kayu. Biji yang bulat dapat digunakan sebagai industri kerajinan tangan, banyak digunakan sebagai tasbih karena warnanya hitam seperti kayu eboni. Kulit batang dapat digunakan sebagai pembersih rambut. Perikarp lerak mengandung saponin yang dimanfaatkan sebagai pencuci alami, biopestisida, dan di bidang kesehatan (Piputri & Lutfiati, 2014; Mediana & Priyono, 2014; Silviani & Puspitaningrum, 2015).

Kandungan saponin perikarp buah lerak dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sabun untuk mencuci berbagai macam kain, biasa digunakan dalam industri batik. Lerak digunakan sebagai pencuci kain batik di Jawa dan pencerah warna kain supaya awet dan tidak luntur (Hermawan, 2007; Plantus, 2008; Stoffels, 2008), serta digunakan untuk mencuci perhiasan yang terbuat dari logam mulia (Fatmawati, 2014).

Lerak juga digunakan sebagai bahan dasar sabun buah dan merupakan salah satu contoh sabun ramah lingkungan. Penggunaan sabun lerak lebih menguntungkan dalam hal pelestarian lingkungan, dibandingkan sabun kimia buatan. Lerak juga dikelompokkan sebagai tanaman biopestisida karena saponin perikarpnya dapat digunakan dalam bidang pertanian sebagai pembunuh serangga (insektisida), misalnya nyamuk dan kecoa. Saponin lerak dapat digunakan sebagai antelmintik terutama cacing tanah dan moluscisida (Nunik, 1998; Hamburger dkk., 2007).

Saponin kulit buah lerak di bidang kesehatan dapat digunakan sebagai pembersih muka guna mengurangi jerawat pada wajah, menghilangkan kutu kepala, obat encok, dan obat penyakit kulit terutama penyakit kudis (Kasahara & Hemmi, 1986). Kandungan saponin perikarp buah lerak dapat digunakan sebagai kontrasepsi laki-laki dan perempuan, karena mempunyai efek anti implantasi, efek estrogenik dan efek anti spermatogenesis (Winarno & Sundari, 1997). Arulmozhi dkk. (2005) menyatakan bahwa perikarp buah lerak digunakan dalam obat tradisional lainnya sebagai obat emesis atau pembuat muntah, klorosis, epilepsi,



antimigraine, dan obat pencegah kehamilan. Lerak merupakan salah satu tumbuhan lokal Indonesia yang perlu dikembangkan oleh karena manfaat yang dimilikinya.

2.3 Sebaran Tumbuhan Lerak

Lerak dapat tumbuh di seluruh Indonesia, terutama di hutan-hutan daerah Jawa dan Sumatera. Penyebaran tumbuhan lerak tersebar di berbagai daerah Sumatera, Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur, akan tetapi tumbuhan ini belum dibudidayakan secara luas dan masih terbatas sebagai tumbuhan sampingan saja. Lerak tumbuh di hutan-hutan pada ketinggian antara 450 sampai 1500 m dari permukaan laut.

Lerak yang banyak ditemukan di daerah Jawa Timur, selama ini hanya digunakan sebagai media untuk mencuci secara tradisional. Keberadaan pohon lerak sudah mulai terlupakan. Sulisetijono (2009) menyatakan bahwa tumbuhan lerak di kota Malang ditemukan enam tumbuhan yang terdapat di jalan Simpang Bogor, jalan Blitar, jalan Veteran, jalan Mojokerto dan dua tumbuhan di kampus Universitas Negeri Malang. Buah lerak yang dijual di pasar tradisional kota Malang berasal dari tumbuhan lerak yang berada di tepi hutan Kabupaten Malang.

Menurut Sumiasri dkk. (2010) daerah penghasil lerak di Jawa Timur adalah Kediri dan Madura. Larashati (2004) melaporkan adanya tumbuhan lerak bersama 124 jenis tumbuhan lain, di punggung gunung Kelud pada ketinggian 600-700 m dpl. Tumbuhan lerak ditemukan pada kondisi hutan tidak terbakar di Tahura R. Soerjo Malang dalam bentuk pertumbuhan tiang (Rahmasari, 2011). Keberadaan lerak juga ditemukan di hutan Wonosalam Jombang dengan status berisiko rendah (LC, *Least Concern*) dan tidak dilindungi pada ketinggian 450 m dpl. (Kabupaten Jombang, 2010). Heriyanto & Subiandono (2007) melaporkan tumbuhan lerak di sekitar Taman Nasional Meru Betiri Jawa Timur dimanfaatkan buahnya untuk pencegahan kehamilan. Lerak di Taman Nasional Alas Purwo dikategorikan sebagai terancam punah.

2.4 Pola dan Tipe Perbungaan

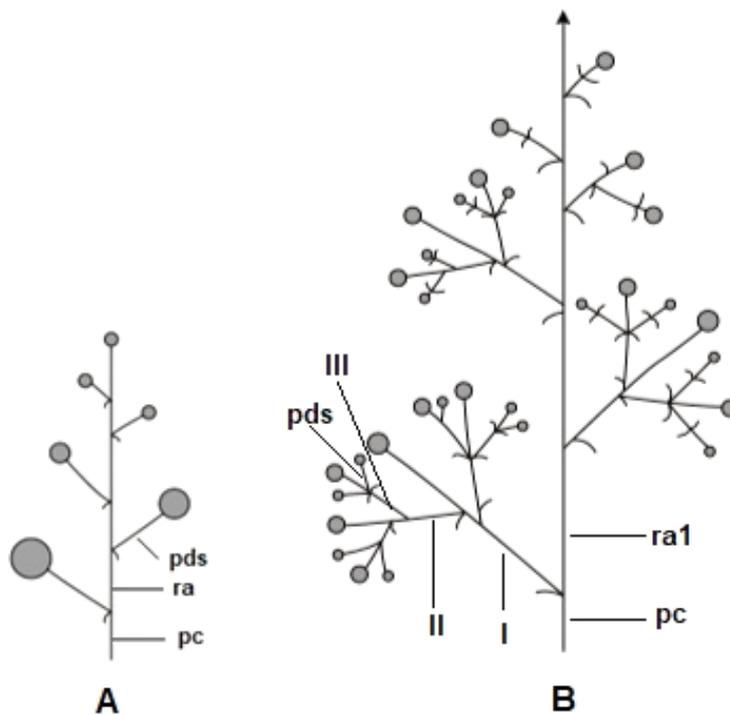
Susunan bunga majemuk disebut juga dengan istilah perbungaan atau inflorescentia (*inflorescence*). Bunga majemuk atau perbungaan adalah sekelompok kuntum bunga yang terangkai pada satu ibu tangkai bunga atau pada suatu susunan percabangan tangkai-tangkai bunga yang lebih rumit. Pola perbungaan ditentukan berdasarkan kompleksitas percabangan dan posisi bunga yang meliputi waktu dan letak terbentuknya bunga (Bell, 1991; Weberling, 1989). Rangkaian bunga semacam ini bervariasi, baik pada pola dan kerapatan tangkai

bunganya, kelengkapan bagian-bagian pendukungnya, dan duduk bunga pada tangkai (filotaksis, *phyllotaxy*).

Kelompok perbungaan atau bunga majemuk dibedakan terutama melalui sifat percabangannya. Di dalam kelompok utama, perbedaan terutama berdasarkan sifat persilangan sumbu-sumbu pertumbuhan dan variasi model. Pola perbungaan dapat bersifat sederhana (tunggal, tidak bercabang; Gambar 1A) atau berganda (bercabang, dan bercabang-cabang lagi, Gambar 1B). Pola perbungaan berganda dikenal dengan sinflorescentia (Bell, 1991; Shipunov, 2017). Bunga pada pola perbungaan sederhana terbentuk secara langsung tumbuh dari rakis (sumbu utama), sementara bunga pada pola perbungaan berganda terbentuk dari cabang tingkat I atau cabang tingkat yang lebih tinggi (Gambar 1B).

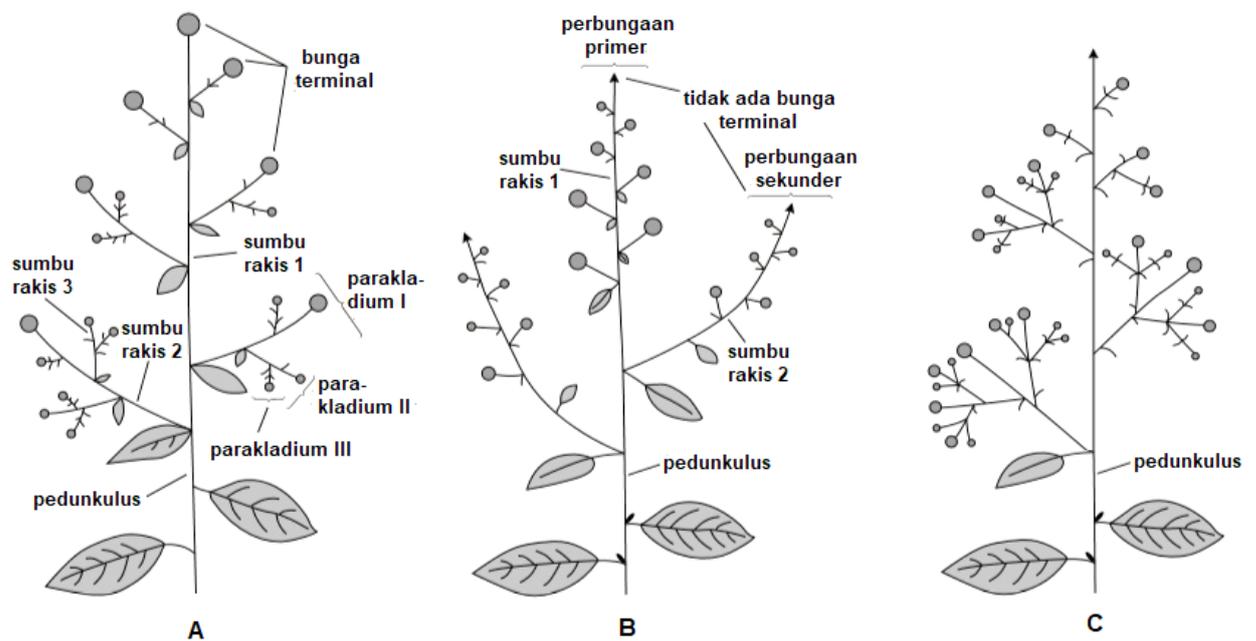
Percabangan pada perbungaan berganda di tingkat bunga yang sama, kedudukan antar cabang ada yang tersebar, berhadapan, berhadapan-bersilang atau berkarang (vertisilata).

Percabangan antar cabang ada yang berdimensi sejajar dan ada yang membentuk ruangan sehingga membentuk bangun tertentu misalnya berbentuk kerucut (Gambar 1B).



Gambar 1. Diagram pola perbungaan. A. sederhana. B. berganda bentuk kerucut. pc = pedunculus communis, ibu tangkai bunga; pds = pediselus; ra = rakis; ra1 = rakis primer; I = cabang perbungaan tingkat I; II = cabang perbungaan tingkat II; III = cabang perbungaan tingkat III (Bell, 1991; Weberling, 1989).

Sifat pertumbuhan perbungaan dapat terjadi secara monopodial dan simpodial. Sifat percabangan monopodial, pertumbuhannya ditandai dengan adanya satu sumbu yang dominan. Sifat percabangan simpodial ditandai dengan terbentuknya banyak percabangan tanpa ada satu sumbu yang jelas (Prenner dkk., 2009; Prusinkiewicz & Lindenmayer, 1990). Kedua sifat pertumbuhan bunga pada perbungaan ditinjau dari arah pertumbuhan dikenal dengan pertumbuhan terbatas (*determinate*) dan tidak terbatas (*indeterminate*). Berdasarkan sifat mekarnya perbungaan dibedakan menjadi tiga kelompok (Gambar 2), yaitu simosa (terbatas), rasemosa (tidak terbatas) dan campuran (tirsus).



Gambar 2. Diagram sifat mekarnya bunga pada perbungaan. A, terbatas; B, tidak terbatas; C, campuran (tirsus) (Weberling, 1989).

Pedunkulus (ibu tangkai) perbungaan simosa mengadakan percabangan secara simpodial. Perbungaan dengan ujung pedunkulus diakhiri dengan suatu bunga, ujung pedunkulus mempunyai pertumbuhan yang terbatas. Pedunkulus dapat pula bercabang-cabang dengan cabang seperti pedunkulus communishnya yang juga mendukung suatu bunga pada ujungnya. Setiap unit perbungaan pada setiap tingkat disebut dengan parakladium (Gambar 2A). Perbungaan simosa ditandai oleh bunga mekar dari arah ujung ke pangkal atau dari dalam karangan ke tepi luar (Bell, 1991). Perbungaan rasemosa, merujuk pada bentuk dasarnya yang berupa tandan (rasemus). Pedunkulus rasemosa mengadakan percabangan secara monopodial, demikian pula cabang-cabangnya disebut dengan malai

(panikula). Pedunkulus dapat tumbuh terus dengan cabang yang dapat bercabang lagi atau tidak. Susunan bunga semakin muda semakin ke ujung pedunkulus. Bentuk secara keseluruhan perbungaan seringkali memperlihatkan bentuk sebagai kerucut atau limas. Perbungaan rasemosa ditandai oleh bunga mekar dari arah pangkal karangan bunga ke ujung atau dari tepi karangan ke tengah. Perbungaan anggota suku Sapindaceae betipe dikasium sampai panikula (Cronquist, 1981).

Pembungaan merupakan salah satu faktor yang dapat menunjang keberhasilan dalam pengembangan tumbuhan suku Sapindaceae. Bunga merupakan bagian pada tumbuhan yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan generatif (*organum reproductivum*) yang akan berkembang menjadi buah. Bunga anggota Sapindaceae merupakan perbungaan, pada kelengkeng berwarna putih kekuningan, ukurannya relatif kecil, lebat, membentuk payung menggarpu. Perbungaan kelengkeng pada umumnya berada di ujung dahan (*flos terminalis*), namun apabila sebelum pembungaan tanaman dipangkas di ujung dahannya, maka perbungaan kelengkeng dapat muncul di ketiak daun. Bunga Sapindaceae biseksual atau sering uniseksual dengan androesium atau bakal buah tereduksi.

2.5 Morfologi Perkembangan Bunga, Buah dan Biji

Perkembangan bunga merupakan suatu proses yang kompleks terkait dengan perubahan stuktur yang mendasar pada meristem pucuk. Apeks vegetatif berubah secara bertahap menjadi apeks generatif. Meristem apeks pucuk berhenti menghasilkan daun setelah mencapai perkembangan reproduktif, selanjutnya menurut urutan yang khas mulai menghasilkan bagian-bagian bunga sesuai dengan spesies tumbuhan (Hidajat, 1995).

Proses pembungaan pada tumbuhan dapat dikelompokkan menjadi 4 fase yaitu: (1) induksi bunga, inisiasi atau evokasi, (2) diferensiasi bunga, (3) pendewasaan bagian bagian bunga, dan (4) antesis (Ryugo 1988). Berdasarkan penelitian pada tanaman kelengkeng (*Dimocarpus longan* L.) 'Chiang mai' perkembangan bunga dikelompokkan menjadi lima fase kurang lebih selama 63 hari, yaitu (i) induksi, secara mikroskopik dan visual pucuk sudah mulai terbentuk dan sudah mengalami perubahan yaitu pada bagian meristem tunas apikal sudah mulai meluas dan diikuti munculnya cabang utama di ujung meristem tunas apikal; (ii) inisiasi, secara mikroskopik mulai muncul primordial brakte dan mulai terlihat susunan bunga yaitu tipe dichasia yang dibentuk pada sumbu lateral. Perkembangan selanjutnya secara mikroskopik menunjukkan bahwa meristem tunas apikal memproduksi sumbu monopodial bersama dengan primordial daun; (iii) diferensiasi organ-organ bunga mulai terbentuk yaitu primordial sepal dan primordial stamen; (iv) pendewasaan bagian-



bagian bunga yaitu dimulai dari pendewasaan dan pendewasaan daun kelopak, benang sari, mahkota, putik; (v) bunga mekar, secara mikroskopik ditandai oleh terbentuknya primordial ovulum (bakal biji), secara visual perhiasan bunga terbuka (Nakata & Sugiyama, 2005).

Perubahan perkembangan pada meristem yang tampak jelas pertama-tama adalah bertambahnya aktivitas mitosis pada batas antar zona sel induk sentral ke zona meristem rusuk. Zona sel induk sentral ini merupakan bagian bidang pembelahan yang umumnya ada disepanjang keseluruhan tunika. Zona ini mewakili inisial korpus yang terletak dibawah bagian apikal tunika, selanjutnya aktivitas meluas ke zona induk sentral yang selnya kemudian menjadi lebih kecil kaya akan protoplasma. Dengan cara ini semua sel di atas meristem bergabung dengan tunika, dan sel tersebut kurang lebih bersifat isodiametrik serta relatif kecil. Setelah pengubahan ini, aktivitas mitosis dan pertumbuhan berhenti, pada sel-sel meristem rusuk serta sel-sel empulur dibawahnya. Jadi pada apeks itu berkembanglah empulur parenkima yang dikelilingi oleh sel-sel meristem (Lyndon, 1990).

Perkembangan bunga pada angiosperma memiliki munculnya bunga secara berurutan. Pada awal mulanya primordial bunga berkembang dari sel meristematik yang kemudian membesar membentuk dasar bunga dan membentuk tangkai yang disebut pediselus. Setelah itu, bagian-bagian bunga (sepal, stamen, petal dan pistil) mulai berkembang pada reseptakel yaitu berupa tonjolan sel meristematik. Pada bagian sepal bertanggung jawab untuk melindungi bagian organ muda. Setelah bagian sepal, stamen mulai berkembang, kemudian diikuti dengan perkembangan petal. Tahap perkembangan primordial bunga yang terakhir yaitu pembentukan putik. Putik muncul berasal dari sumbu pucuk bunga. Dari proses perkembangan tersebut, primordial stamen berdiferensiasi membentuk bagian filamen dan antera, sedangkan primordium putik berdiferensiasi membentuk stilus dan stigma (Pandey, 1995).

Bunga merupakan alat perkembangbiakan tumbuhan pada tumbuhan angiosperma. Bunga memiliki empat tipe organ, berurutan dari luar ke dalam, yaitu sepal yang menyusun kaliks, petal yang menyusun korola, stamen dan pistilum sebagai organ perkembangbiakan. Sepal dan petal memiliki struktur dalam yang mirip dengan helaian daun, yaitu tulang daun dan mesofilnya berkembang lebih baik, memiliki jaringan palisade dan memiliki banyak stomata. Sepala dan petala dapat belekatan membentuk suatu tutup atau operkulum yang dapat terbuka sekelilingnya. Selain itu sepal dan petala dapat membentuk dua operkulum yang terpisah (Steves & Sussex, 1989). Simetri primordial sepal dan petal terbentuk secara dorsiventral. Hal yang umum pada primordial dalam tahap awal perkembangan. Dalam tahap selanjutnya kedua sepal dan petal bergabung untuk membentuk tabung kaliks dan korola.



Primordial benang sari dan putik menunjukkan kemiripan seperti primordial daun.

Stamen terdiri atas filamen (tangkai sari) dan antera (kepala sari). Stamen pada umumnya terdiri dari empat ruang yang berisi polen dan satu filamen (tangkai sari). Ruang polen disebut lokulus atau mikrosporangium karena di tempat tersebut dihasilkan mikrospora.

Mikrospora selanjutnya akan berkembang menjadi serbuk sari atau polen. Polen tumbuh membentuk buluh polen (buluh serbuk sari) dan menghasilkan gamet jantan (Pandey, 1995). Pada pistilum (putik) mengalami diferensiasi menjadi tiga bagian yaitu: 1) bagian basal yang menggebung disebut ovarium (bakal buah), 2) stilus (tangkai putik), dan 3) stigma (kepala putik). Perkembangan pistil (putik) pada suku Sapindaceae diawali dengan primordial tiga karpel bergabung untuk mengelilingi jaringan internal dari ovarium dan kemudian tumbuh ke atas untuk membentuk stilus dan stigma. Di dalam ruang ovarium terdapat satu ovulum (bakal biji), ovulum ini berkembang berasal dari plasenta (Taiz & Zeiger, 2002).

Pada pembentukan buah dimulai dengan adanya proses persarian (polinasi) kepala putik (stigma) oleh serbuk sari (polen). Polen selanjutnya berkecambah dan membentuk tabung polen (*pollen tube*) untuk mencapai bakal biji (ovulum). Pada umumnya, bunga yang telah diserbuk dengan berhasil, akan dapat mengalami fertilisasi (pembuahan). Fertilisasi berlangsung di dalam ovulum yang telah mempersiapkan sel ovum dalam kantung embrio. Setelah pembuahan selesai maka sisa benang sari, mahkota, dan kelopak bunga akan layu dan gugur, sedangkan bakal biji berkembang menjadi biji yang dilindungi oleh dinding bakal buah, dan bakal buah berkembang menjadi buah (Hidajat, 1995). Perkembangan bakal buah (ovarium) yang telah mencapai dewasa merupakan pengertian buah yang sebenarnya. Struktur buah turut menentukan penyebaran bijinya, serta merupakan ciri yang bermanfaat dalam pengelompokan tumbuhan.

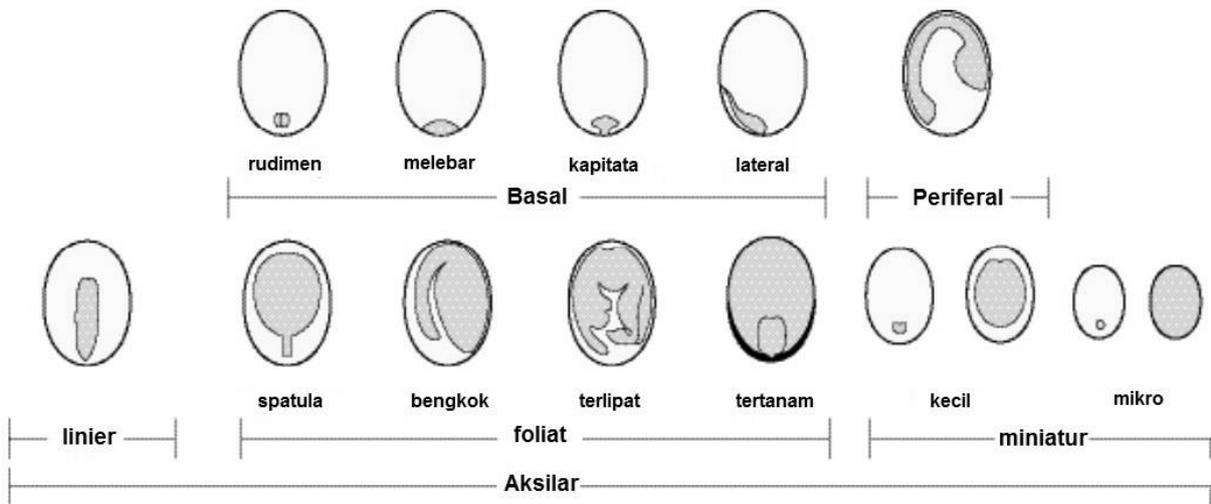
2.6 Tipe Embrio

Sel ovum yang telah dibuahi sperma disebut zigot. Zigot angiosperma akan berkembang menjadi embrio (lembaga) seiring dengan perkembangan bakal biji menjadi biji. Embrio berpotensi untuk membentuk tumbuhan lengkap setelah ke luar dari biji. Tahapan embrio diawali dari zigot selanjutnya tahapan proembrio meliputi tahap diad, tetrad, kuadran, dan oktan (Bhojwani dkk., 2014). Tahap berikutnya adalah embrio tahap globular (bulat), jantung (hati), tahap torpedo, bentuk stik berjalan, dan tahap embrio masak (Hidajat, 1995, Nugroho dkk., 2006).



Klasifikasi tipe embrio dalam biji dibedakan menjadi tiga jenis utama: basal, periferal, dan aksilar (Gambar 3). Embrio tipe basal dibagi lagi menjadi empat sub tipe dan aksilaris menjadi tujuh sub tipe (Martin, 1946; Maheswari, 1963).

Tipe embrio basal biasanya embrio kecil, tidak perifer, dan terbatas pada setengah inferus dari biji, kecuali dalam jenis lateral. Biji menengah sampai besar, dengan endosperma melimpah, bertepung atau berminyak. Sub tipe yang belum sempurna dan luas ditemukan pada monokotil dan dikotil; sub tipe kapitata dan lateral adalah tipe dari monokotil.



Gambar 3. Klasifikasi tipe embrio (Vosso, 2002)

Tipe embrio basal meliputi sub tipe rudimen, melebar, kapitata atau berbentuk kepala, dan lateral. Embrio rudimen mempunyai embrio kecil dan berbentuk bulat sampai bulat telur-lonjong. Kotiledon yang belum sempurna atau tidak jelas, kadang-kadang jelas.

Embrio luas mempunyai embrio seluas atau lebih luas daripada tinggi dan berdaging. Bentuk dapat bulat dan perifer. Tipe ini umum pada dikotil dan monokotil yang cukup primitif.

Embrio kapitata mempunyai embrio yang berkembang ke arah distal menjadi bentuk seperti kepala. Embrio lateral mempunyai embrio dengan posisi basal lateral atau lateral, cenderung untuk memperluas pada bidang tepi. Embrio biasanya kurang dari satu-setengah dari biji (hemi inferus).

Tipe embrio periferal memiliki embrio biasanya memanjang dan besar. Embrio menempati seperempat hingga tiga perempat dari biji. Sebagian embrio berdekatan dengan kulit biji dan sering melengkung pada pusat atau lateral, dengan kotiledon sempit atau diperluas. Endosperma atau perisperma mengandung amilum.



Tipe embrio aksilaris memiliki embrio berkisar dari kecil (hanya sebagian menempati lumen biji) sampai ke besar (menduduki seluruh lumen), pusat (aksilar), lurus, lengkung, melingkar, membungkuk, atau terlipat. Endosperma dapat berminyak atau bertepung, ditemukan di gymnosperma, dikotil dan monokotil.

2.7 Tipe Dormansi Biji

Biji yang masak mempunyai empat komponen yang secara fisiologis dan ekologis penting bagi kelangsungan hidup, yaitu: 1) kulit biji, 2) embrio, 3) cadangan makanan atau cadangan mineral, dan 4) enzim dan hormon (Gardner dkk., 1985). Keadaan keempat komponen tersebut memelihara biji dengan mekanisme perlindungan untuk mempertahankan diri terhadap lingkungan yang buruk selama dalam keadaan dormansi.

Dalam keadaan dormansi, biji tidak aktif tetapi masih hidup, suatu keadaan yang berlangsung sampai kondisi menguntungkan bagi perkembangan. Dormansi biji merupakan suatu keadaan pertumbuhan biji yang tertunda perkecambahannya, sampai waktu dan kondisi lingkungan memungkinkan untuk melangsungkan proses berkecambah (Bewley & Black, 1994).

Bewley & Black (1994) menggolongkan mekanisme dormansi di dalam biji menjadi dormansi: 1) embrio muda, 2) kulit biji yang kedap terhadap air atau oksigen, 3) kulit biji yang resisten secara mekanik, dan 4) fisiologis. Keempat macam dormansi dapat dikelompokkan menjadi dormansi mekanisme fisik dan dormansi fisiologis. Dormansi fisik merupakan dormansi yang mekanisme penghambatannya disebabkan oleh mekanik dan fisik yaitu kulit biji yang keras.

Dormansi fisiologis sering disebut juga dormansi embrio (Gardner dkk., 1985). Embrio yang secara fisiologis tidak masak dianggap suatu dormansi fisiologis. Pada saat terjadi absisi buah, embrio masih belum menyelesaikan tahap perkembangannya. Embrio belum terdiferensiasi atau embrio secara morfologis sudah berkembang, namun masih butuh waktu untuk mencapai bentuk dan ukuran yang sempurna.

Kulit biji dapat berperan sebagai penghambat untuk terjadinya perkecambahan, sehingga biji digolongkan sebagai biji yang berada dalam keadaan dorman (Lakitan, 1996). Hambatan kulit biji dapat disebabkan oleh: 1) kulit biji mengandung senyawa penghambat tumbuh, 2) kulit menghambat difusi oksigen dan atau air masuk ke dalam biji, dan 3) kulit biji mempunyai resistensi mekanik yang besar, sehingga radikula tidak mampu untuk menembusnya.



Biji yang telah masak dan siap untuk berkecambah membutuhkan kondisi klimatik dan tempat tumbuh yang sesuai untuk dapat mematahkan dormansi dan memulai proses perkecambahannya. Dormansi embrio belum masak dipatahkan secara alami setelah biji disebar. Perlakuan awal stratifikasi digunakan untuk mengatasi dormansi embrio, sedangkan skarifikasi digunakan untuk mematahkan dormansi kulit biji (Schmidt, 2000). Dormansi karena hambatan keluar masuknya O_2 melalui kulit biji dapat dipatahkan dengan perlakuan temperatur tinggi dan pemberian larutan kuat. Dormansi karena embrio belum matang dapat dipatahkan dengan perlakuan temperatur dan zat kimia.

Biji *Sapindus mukorossi* yang satu genus dengan lerak di lapangan mengalami dormansi fisiologi (Cook dkk., 2008). Lebih lanjut Cook dkk. (2008) menyatakan bahwa genus *Sapindus* mempunyai tipe dormansi dan atau fisik. Hasil survei Cook (2008) menyatakan 14 species tumbuhan anggota Sapindaceae di lapangan, umumnya mengalami dormansi fisik. Salah satu penyebabnya perkecambahan biji terhambat oleh kondisi embrio yang tidak atau belum matang. Biji *Sapindus saponaria* mempunyai tipe dormansi fisiologi dengan rata-rata lama berkecambah 74 hari (Sautu, 2004).

Penelitian pematangan dormansi pada pembibitan lerak dilakukan Wardhani & Elik (2007). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan pengamplasan kulit biji dan perendaman biji dalam air panas mengakibatkan daya kecambah dan laju perkecambahan, tinggi bibit, jumlah daun bibit, diameter bibit lerak, dan pertumbuhan bibit lerak lebih baik dibandingkan dengan perlakuan perendaman biji dalam larutan KNO_3 , apalagi dibanding biji tanpa perlakuan dan perendaman dalam zat pengatur tumbuh auksin.

Zat pengatur tumbuh sakawa (komposisi sitokinin, Gandasil D, *Chlorella pyrenoidosa*) dilaporkan dapat meningkatkan perkecambahan biji dan pertumbuhan semai lerak pada media kompos (Sumiasri dkk., 2010). Sakawa dengan konsentrasi 2 mL/L memberikan pengaruh terbaik pada parameter pertumbuhan yang diamati (persen perkecambahan, tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, dan jumlah akar).

Woods & Elliott (2004) menyatakan bahwa biji lerak yang diskarifikasi tanpa perlindungan terhadap pemakan biji yang tumbuh di atas permukaan tanah tidak dapat tumbuh dengan cepat. Pematangan dormansi dengan skarifikasi asam pada tumbuhan *Sapindus mukorossi* dilakukan oleh Thapa & Gautam (2005). Secara umum skarifikasi asam (selama 75 dan 90 menit dalam asam klorida) pada awal perlakuan, efektif untuk mempercepat dan memperbanyak perkecambahan *Sapindus mukorossi*.



2.8 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perkecambahan Biji

Bewley & Black (1994) menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi perkecambahan biji terdiri dari faktor internal dan eksternal. Faktor internal atau faktor dalam yang mempengaruhi perkecambahan biji meliputi tingkat kemasakan biji, ukuran biji, dormansi, dan penghambat perkecambahan. Faktor eksternal atau faktor luar meliputi air, temperatur, oksigen, cahaya, dan nutrisi.

2.8.1 Faktor internal atau faktor dalam yang mempengaruhi perkecambahan biji

1. Tingkat kemasakan biji

Biji yang sebelum atau sesudah masak fisiologis saat dipanen akan menghasilkan pertumbuhan dan produksi yang tidak optimal. Biji yang dipanen sebelum tingkat kemasakan fisiologisnya tercapai tidak mempunyai viabilitas yang tinggi karena belum memiliki cadangan makanan yang cukup serta pembentukan embrio belum sempurna (Sutopo, 2002). Biji yang dipanen sesudah masak fisiologis telah memasuki masa penuaan.

Biji pada umumnya saat kadar air menurun dengan cepat sekitar 20%, maka biji telah mencapai masak fisiologis dan pada saat itu biji mencapai berat kering maksimum, daya tumbuh maksimum (vigor) dan daya kecambah maksimum (viabilitas) (Salisbury & Ross, 1992). Biji yang masak fisiologis saat dipanen akan menunjukkan pertumbuhan dan produksi secara optimal (Ashworth, 2002).

2. Ukuran biji

Biji yang berukuran besar dan berat mengandung cadangan makanan yang lebih banyak dibandingkan dengan yang kecil pada jenis tumbuhan yang sama. Cadangan makanan yang terkandung dalam jaringan parenkima penyimpan digunakan sebagai sumber energi bagi embrio pada saat perkecambahan (Sutopo, 2002). Berat biji berpengaruh terhadap kecepatan pertumbuhan dan produksi, karena berat biji menentukan ukuran kecambah pada saat permulaan dan berat tumbuhan pada saat dipanen (Blackman, dalam Sutopo, 2002).

Biji dari tumbuhan yang berbeda spesies maupun dalam satu spesies mempunyai ukuran yang bervariasi (Westoby dkk., 1992). Bervariasinya ukuran biji dapat dikaitkan dengan kondisi lingkungan tempat berkecambah. Ukuran biji dari jenis tumbuhan yang akan berkecambah di habitat terbuka kecenderungan lebih kecil daripada biji tumbuhan yang akan tumbuh pada habitat tertutup. Kecambah yang tumbuh dari biji yang besar dapat mencapai ukuran awal kecambah yang lebih besar.



Biji berukuran besar mempunyai hubungan dengan kecepatan berkecambah. Ukuran biji berhubungan dengan tingkat vigor biji (Schmidt, 2000). Biji yang relatif besar dan berat cenderung mempunyai vigor yang baik. Biji yang besar mempunyai cadangan makanan yang banyak dan embrionya diduga berukuran lebih besar. Cadangan makanan yang tersimpan dalam biji berupa karbohidrat terutama dalam bentuk amilum, lemak, protein, dan mineral. Simpanan cadangan makanan dibutuhkan untuk bahan baku dan energi bagi pertumbuhan embrio (Sutopo, 2002). Kandungan cadangan makanan dalam biji yang besar menyebabkan pertumbuhan kecambah pra-fotosintesis lebih cepat. Pertumbuhan dan kemampuan hidup tumbuhan muda menjadi lebih baik.

Ukuran biji berpengaruh terhadap terhadap viabilitas dan biomassa perkecambahan *Sapindus emarginatus* Linn. (Suresha dkk., 2007). Persentase perkecambahan *Sapindus emarginatus* mencapai 98% dalam 15 hari dengan menggunakan ukuran biji besar dengan rerata berat 100 biji adalah 172,1 gram.

3. Dormansi

Biji dorman jika biji tersebut sebenarnya hidup tetapi tidak berkecambah, walaupun diletakkan pada keadaan yang secara umum dianggap telah memenuhi persyaratan bagi suatu perkecambahan. Biji dorman menunjukkan suatu keadaan biji sehat (viabel) namun gagal berkecambah ketika berada dalam keadaan yang secara normal baik untuk berkecambah, seperti kelembapan yang memadai, suhu dan cahaya yang sesuai (Salisbury & Ross, 1992).

Dormansi adalah suatu keadaan yang dialami organisme hidup normal untuk berhenti tumbuh. Dormansi biji merupakan suatu reaksi biji terhadap keadaan fisik atau lingkungan tertentu (Schmidh, 2000). Pemicu dormansi dapat bersifat mekanis, keadaan fisik lingkungan, atau kimiawi. Biji yang tidak dapat tumbuh karena lingkungan yang tidak sesuai dikenal dengan *quiescent*.

Macam dormansi dikelompokkan dalam berbagai cara dan tidak ada sistem pengelompokan yang berlaku secara universal. Satu jenis biji dapat memiliki lebih dari satu tipe dormansi. Dormansi dapat dikelompokkan menjadi dormansi embrio, kulit biji dan kombinasi keduanya (Willan, 1985; Sadjad, 1993). Macam dormansi secara umum (Schmidh, 2000) dapat dikelompokkan menjadi: embrio yang belum berkembang, dormansi mekanis, dormansi fisik, dormansi cahaya, dormansi suhu, zat-zat penghambat, dan dormansi gabungan.

Dalam penanganan biji dormansi dapat menguntungkan atau merugikan. Keuntungan dormansi adalah mencegah biji dari perkecambahan selama penyimpanan dan prosedur penanganan lain. Kerugian dormansi jika dormansi sangat kompleks dan biji memerlukan perlakuan awal yang khusus. Kegagalan untuk mengatasi masalah dormansi mengakibatkan kegagalan perkecambahan biji (Bewley & Black, 1994).

4. Penghambat perkecambahan

Penghambat perkecambahan biji dapat berupa kehadiran inhibitor baik dalam biji maupun di permukaan biji, adanya larutan dengan nilai osmotik yang tinggi serta bahan yang menghambat laju respirasi (Lakitan, 1996). Zat yang dapat menghambat perkecambahan biji contohnya auksin, asam absisat, asam benzoat, etilen, dan kumarin. Kumarin diketahui menghambat kerja enzim yang berperan dalam perkecambahan. Bahan-bahan yang mengganggu lintasan metabolisme, misalnya sianida, dinitrofenol, azida, fluorida, dan hidroksilamin umumnya menghambat respirasi (Lambers dkk., 2008).

2.8.2 Faktor luar yang mempengaruhi perkecambahan

1. Air

Air yang terserap oleh biji merupakan tahap awal perkecambahan biji. Penyerapan air oleh biji dipengaruhi oleh sifat biji terutama kulit biji dan volume air yang tersedia di medium sekitar biji, sedangkan volume air yang diperlukan bervariasi tergantung kepada macam bijinya. Tingkat pengambilan air oleh biji ikut dipengaruhi oleh suhu (Sutopo, 2002). Perkembangan biji akan dimulai bila air masuk ke dalam biji hingga 80 sampai 90% (Bewley & Black, 1994) dan umumnya dibutuhkan kadar air biji sekitar 30 sampai 55% (Gardner dkk., 1985).

2. Suhu

Suhu optimum merupakan faktor yang menguntungkan bagi berlangsungnya biji untuk berkecambah. Suhu optimum mengakibatkan kecepatan dan persentase perkecambahan biji menjadi maksimum selama berlangsungnya perkecambahan. Persentase perkembangan biji tertinggi dapat terjadi pada kisaran suhu antara 26,5°–35°C (Sutopo, 2002). Suhu mempengaruhi kecepatan proses awal perkecambahan dan ditentukan oleh berbagai sifat lain seperti sifat dormansi biji, cahaya dan giberelin.

3. Oksigen

Selama proses perkecambahan berlangsung, peningkatan proses respirasi akan disertai dengan peningkatan pengambilan oksigen dan pelepasan karbon dioksida, air serta energi



panas. Keterbatasan oksigen yang dapat digunakan oleh biji akan menghambat perkecambahan (Sutopo, 2002). Kebutuhan oksigen untuk perkecambahan biji seiring dengan laju respirasi dan dipengaruhi oleh suhu serta adanya mikroorganisme yang berada di dalam biji (Gardner dkk., 1985). Oksigen yang masuk ke embrio pada biji yang dorman kurang dari 3% sehingga diperlukan oksigen sampai 80% untuk berkecambah.

4. Cahaya

Keperluan cahaya untuk perkecambahan bervariasi tergantung pada jenis tumbuhan (Sutopo, 2002). Besarnya pengaruh cahaya terhadap perkecambahan tergantung pada intensitas, kualitas, dan lamanya penyinaran cahaya (Gardner dkk., 1985). Berdasarkan keperluan cahaya terhadap perkecambahan biji dapat dibedakan menjadi empat kelompok tumbuhan, yaitu: 1) memerlukan cahaya mutlak, 2) cahaya untuk mempercepat biji berkecambah, 3) cahaya menghambat biji berkecambah, dan 4) biji tetap dapat berkecambah baik ada cahaya maupun gelap.

5. Medium

Medium sebagai tempat biji untuk berkecambah harus mempunyai sifat fisik yang baik, gembur, kemampuan menyerap dan menyimpan air dengan baik serta terbebas dari organisme penyebab penyakit terutama jamur (Sutopo, 2002). Pengujian viabilitas biji dapat digunakan medium antara lain substrat kertas, pasir dan tanah.

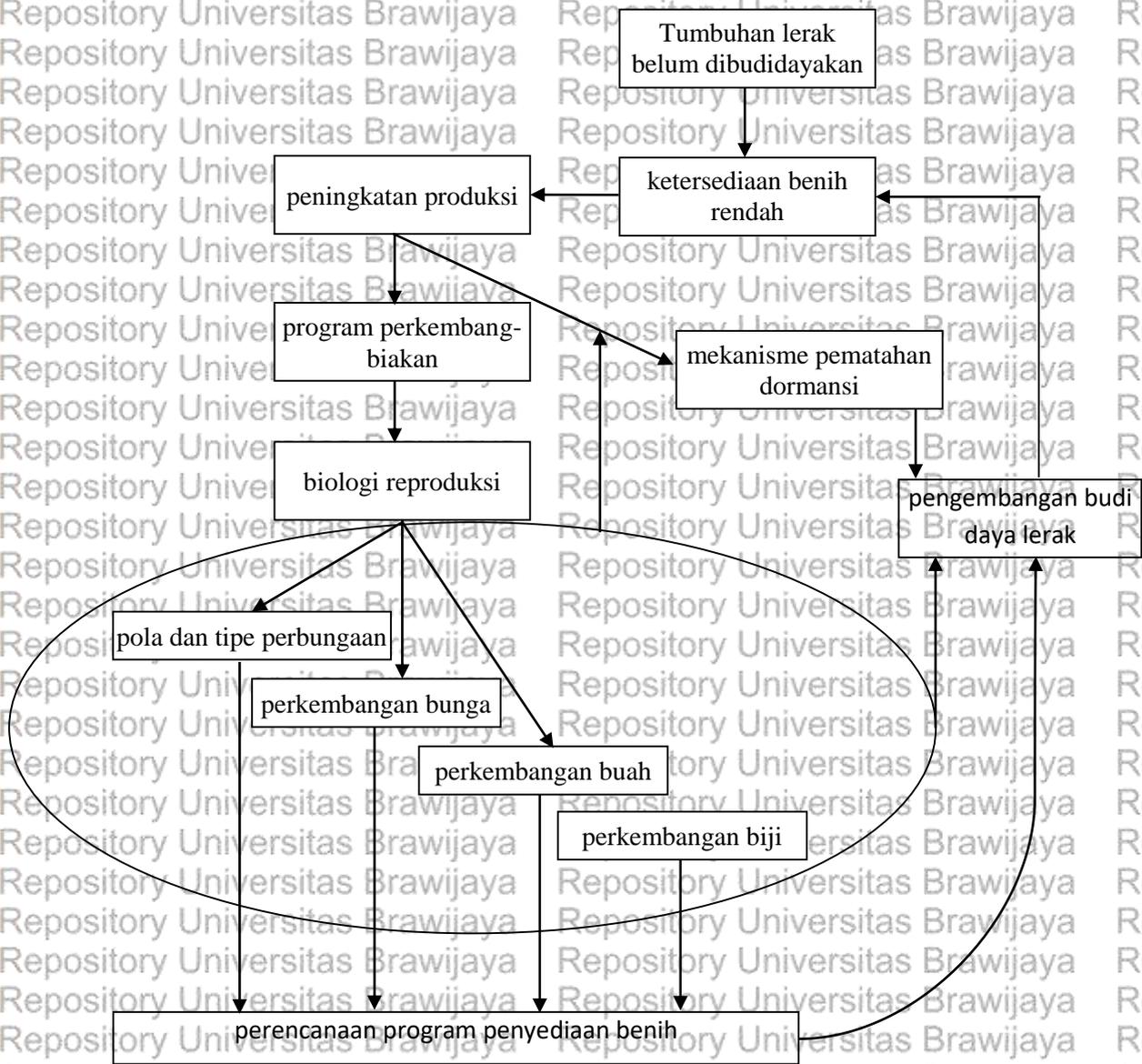
Penggunaan medium kompos dan pemberian zat pengatur tumbuh yang mengandung sitokinin (sakawa: komposisi sitokinin, Gandasil D, *Chlorella pyrenoidosa*) terhadap perkecambahan biji dan pertumbuhan semai lerak dilakukan oleh Sumiasri dkk. (2010).

Konsentrasi dua mL/L zat pengatur tumbuh sakawa memberikan pengaruh terbaik pada parameter pertumbuhan yang diamati (persen perkecambahan, tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, dan jumlah akar).

2.9 Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konsep penelitian secara bagan ditunjukkan pada Gambar 4. Tumbuhan lerak mempunyai habitus pohon dengan memiliki perbungaan. Pohon lerak dapat mencapai tinggi 42 meter. Tumbuhan lerak keberadaannya kurang mendapat perhatian mengakibatkan di alam kelimpahannya sedikit, di samping belum tersedianya bibit yang baik. Keberlanjutan hidup kecambah lerak di alam sulit untuk berlanjut. Tumbuhan lerak belum dibudidayakan secara terencana sehingga perlu diperhatikan ketersediaan biji untuk benih dalam rangka peningkatan produksi lerak. Upaya peningkatan produksi tumbuhan diperlukan program

perkembangbiakan. Informasi yang diperlukan dalam program perkembangbiakan, salah satunya adalah pengetahuan dasar yang berhubungan dengan biologi reproduksi tumbuhan. Pengetahuan dasar biologi reproduksi yang penting dan perlu diketahui adalah pola perbungaan, perkembangan bunga, perkembangan buah, dan perkembangan biji.



Gambar 4. Kerangka konsep penelitian

Pola dan tipe perbungaan, perkembangan bunga, serta keberhasilan polinasi tumbuhan lerak ikut menentukan keberhasilan perkembangbiakan tumbuhan lerak. Informasi tahapan perkembangan bunga, buah, dan biji merupakan informasi yang penting bagi perluasan perkembangan pengetahuan biologi reproduksi. Setelah fertilisasi, ginesium mengalami berbagai perubahan struktural yang selanjutnya berkembang menjadi buah dan biji. Tingkat



keberhasilan ginesium menjadi buah akan menentukan peningkatan produksi buah dan biji.

Setelah menjadi buah, biji akan mengalami masa dormansi. Pemahaman tentang proses perkembangan bunga, buah, dan biji penting bagi program pemuliaan untuk mengembangkan program penyediaan benih.

Dormansi merupakan suatu keadaan pertumbuhan biji yang tertunda perkecambahannya. Penentuan faktor pematangan dormansi biji yang berpengaruh terhadap mekanisme perkecambahan perlu dilakukan. Mekanisme pematangan dormansi dan program penyediaan benih penting untuk mengatasi ketersediaan biji yang rendah.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September 2015-Maret 2018 di Laboratorium Biologi Sub-Laboratorium Mikroteknik dan Sub-Laboratorium Fisiologi Tumbuhan serta rumah kaca Biologi FMIPA UM (Universitas Negeri Malang) dan di enam lokasi tempat tumbuhnya lerak di kota Malang dan kota Batu (Tabel 1 dan Gambar 5, 6, 7, 8, 9, 10).

3.2 Kondisi Area Studi

Suhu di kota Malang selama September 2015 sampai dengan April 2016 berkisar antara 22,7°C–25,1°C. Suhu maksimum mencapai 32,7°C dan suhu minimum 18,4°C.

Kelembapan udara berkisar 79%–86%, dengan kelembapan maksimum 99% dan minimum mencapai 40%. Curah hujan rerata sebesar 307 mm/bulan. Kondisi iklim di kota Batu suhu rata-rata 23°C, suhu minimum 5°C dan suhu maksimum berkisar 28°C–33°C. Kelembapan udara berkisar 86%–92%, dengan kelembapan maksimum 99% dan minimum mencapai 65%, curah hujan rata-rata 475 mm/bulan.

Tabel 1. Lokasi tumbuhan lerak yang digunakan dalam penelitian

Lokasi tumbuhan lerak	Keterangan letak
Jl. Mojokerto Kota Malang	7°58'03" lintang selatan dan 112°36'57" bujur timur, ketinggian tempat 473 m dpl., tinggi pohon 12 m, umur 30 tahun, pH 6,9
Jl. Blitar nomor 8 Kota Malang	7°57'52" lintang selatan dan 112°37'11" bujur timur, ketinggian tempat 474 m dpl., tinggi pohon 6,5 m, umur 18 tahun, pH 6,8
Jl. Simpang Bogor Kota Malang	7°57'38" lintang selatan dan 112°37'12" bujur timur, ketinggian tempat 492 m dpl., tinggi pohon 10 m, umur 27 tahun, pH 6,8
Jl. Cakrawala Kampus Universitas Negeri Malang	7°57'38" lintang selatan dan 112°37'02" bujur timur, ketinggian tempat 494 m dpl., tinggi pohon 8 m, umur 20 tahun, pH 6,8
Jl. Veteran Kota Malang	7°57'22" lintang selatan dan 112°36'52" bujur timur, ketinggian tempat 491 m dpl., tinggi pohon 6 m, umur 17 tahun, pH 6,9
Jalan Lahor nomor 87 UPT Materia Medica Batu	7°52'02" lintang selatan dan 112°31'06" bujur timur, ketinggian tempat 875 m dpl., tinggi pohon 12 m, umur 28 tahun, pH 6,7



Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya

Repository
 Repository
 Repository
 Repository
 Repository
 Repository



Gambar 5. Pohon lerak di Jl. Mojokerto Malang (📍). A. denah lokasi, B. habitus lerak

Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya

Repository
 Repository
 Repository
 Repository
 Repository
 Repository

Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya

Repository
 Repository
 Repository
 Repository
 Repository
 Repository



Gambar 6. Pohon lerak di Jl. Blitar nomor 8 Malang (📍). A. denah lokasi, B. habitus lerak

Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya
 Repository Universitas Brawijaya

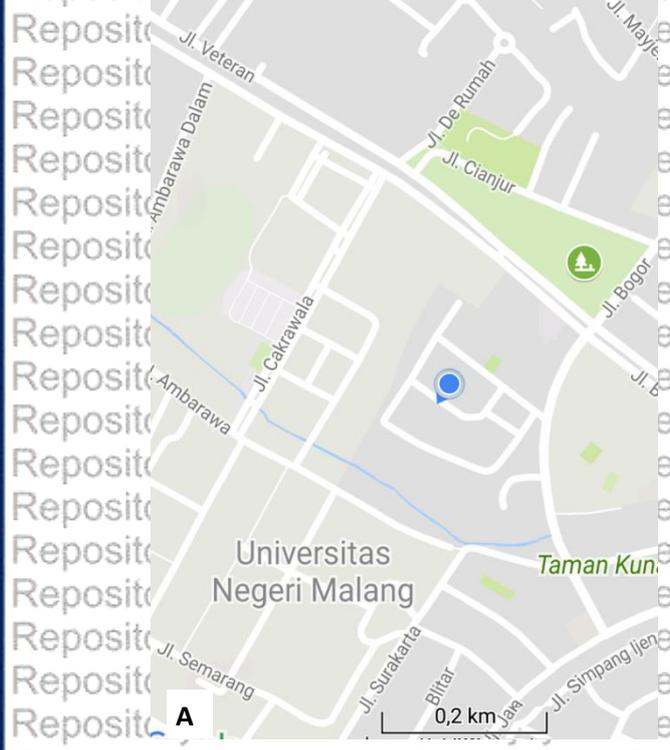
Repository
 Repository
 Repository
 Repository
 Repository
 Repository



Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 7. Pohon lerak di Jl. Simpang Bogor Kota Malang (📍). A. denah lokasi, B. habitus lerak

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



Gambar 8. Pohon lerak di Jl. Cakrawala Kampus Universitas Negeri Malang (📍). A. denah lokasi, B. habitus lerak

Repository Universitas Brawijaya



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



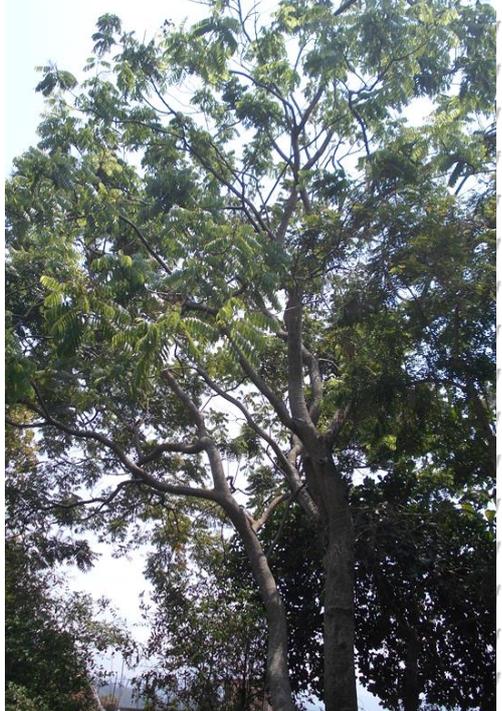
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Gambar 9. Pohon lerak di Jl. Veteran Kota Malang (). A. denah lokasi, B. habitus lerak

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Gambar 10. Pohon lerak di Balai Materia Medica Batu (). A. denah lokasi; B. habitus lerak

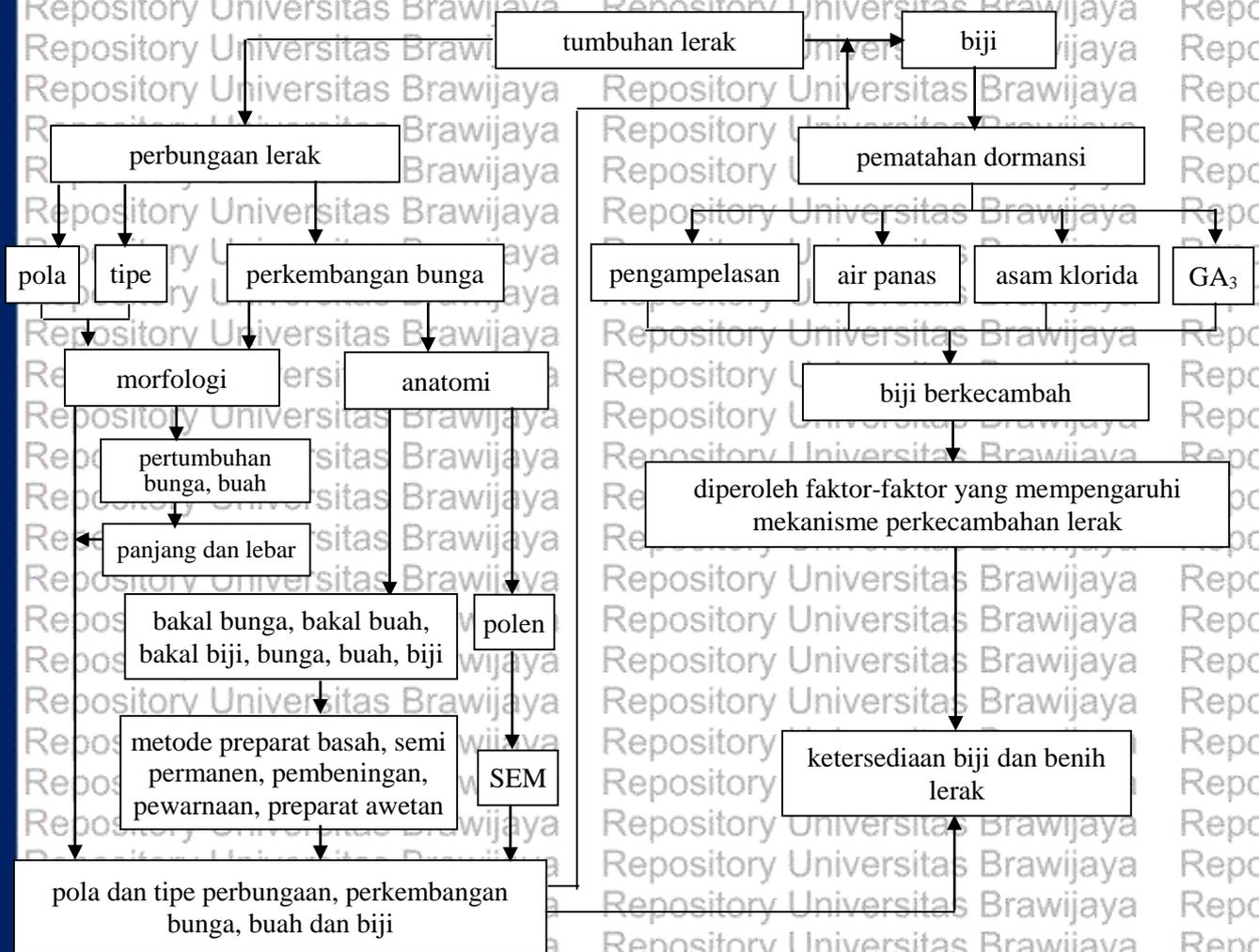
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

3.3 Kerangka Operasional Kegiatan Penelitian

Penelitian bersifat deskriptif eksploratif untuk mengkaji pola dan tipe perbungaan, perkembangan bunga, buah, dan biji lerak (Gambar 11). Pengamatan pola dan tipe perbungaan dilakukan pada perbungaan lerak. Perkembangan bunga dikaji secara morfologi dan anatomi meliputi perkembangan bakal bunga, bakal buah, bakal biji, bunga, buah, dan biji. Pengamatan pertumbuhan bunga dan buah dilakukan dengan cara mengukur panjang dan lebar terhadap kuncup bunga dan buah. Pengamatan terhadap perbungaan dilakukan untuk memperoleh jumlah kuncup bunga yang mencapai tahap mekar, jenis kelamin bunga, warna bunga, dan susunan bunga.



Gambar 11 Kerangka operasional kegiatan penelitian



Pengamatan anatomi perkembangan bunga lerak dilakukan mulai primordium kuncup perbungaan muncul sampai tahap bunga mekar. Pengamatan meliputi perkembangan stamen dan pistil. Proses megasporogenesis dan megametogenesis terjadi di dalam ovulum. Proses mikrosporogenesis terjadi di dalam antera dan proses mikrogametogenesis terjadi di dalam buluh polen. Pengamatan anatomi dilakukan dengan cara pembuatan preparat. Metode pembuatan preparat yang digunakan meliputi metode preparat basah, semi permanen dan pembedahan untuk pengamatan struktur anatomi ginesium, polen, buah, dan biji. Pembuatan preparat awetan dan metode pewarnaan untuk pengamatan anatomi perkembangan ovulum dan antera. Pengamatan polen juga dilakukan dengan metode SEM (*scanning electron microscope*).

Penelitian eksperimen dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh pematangan dormansi pada biji terhadap perkecambahan lerak. Penelitian eksperimen untuk memperoleh cara yang baik dalam meningkatkan keberhasilan perkecambahan biji lerak, sehingga menghasilkan bibit lerak secara cepat, mudah dan lebih terencana.

Buah lerak masak fisiologis diperoleh dari satu pohon lerak yang tumbuh di Jalan Mojokerto Malang. Pengumpulan buah dilakukan pada bulan Pebruari sampai April 2015.

Buah lerak dikeringanginkan pada suhu kamar dan disimpan dalam kantong plastik sampai Oktober 2015.

Buah lerak yang normal dipilih dan selanjutnya spermodermis dipisahkan sehingga diperoleh biji lerak yang siap untuk dkecambahkan. Satuan unit percobaan untuk perkecambahan lerak berupa nampan yang diisi media berupa campuran tanah kebun dan pasir dengan perbandingan 1 : 1. Setiap nampan berisi 30 biji dan masing-masing taraf perlakuan pematangan dormansi diulang tiga kali yang disusun dalam Rancangan Acak Kelompok. Penelitian untuk pematangan dormansi dilakukan di rumah kaca Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang. Perlakuan fisik dan kimia yang dikaji adalah pengampelasan, lama perendaman biji dalam air panas dengan tiga variasi suhu, lama perendaman biji dengan tiga macam konsentrasi asam klorida, serta konsentrasi dan lama perendaman biji dalam giberelin.

Pengamatan tentang pola dan tipe perbungaan lerak, perkembangan bunga, perkembangan buah, serta perkembangan biji diperoleh informasi yang berkaitan dengan ketersediaan biji lerak. Informasi tentang perkembangan bunga, buah, dan biji lerak berhubungan dengan program pemuliaan untuk mengembangkan program penyediaan biji.



3.4 Perkembangan Bunga dan Buah Lerak

3.4.1 Pola dan tipe perbungaan lerak

Penelitian deskriptif eksploratif dilaksanakan pada bulan September 2015- November 2015. Pengamatan morfologi meliputi morfologi perbungaan dan bunga dalam perbungaan. Pengamatan untuk perbungaan ditentukan dengan mengamati sebanyak lima perbungaan per individu (Muhibbudin, 1992; Ghazoul, 1997; Nakata & Sugiyama, 2005) dari enam individu pohon lerak (Tabel 1), sehingga diperoleh sebanyak tiga puluh perbungaan dengan rerata panjang perbungaan 25 cm. Panjang perbungaan diukur dengan menggunakan pita ukur (*metlin*) mulai dari pangkal sampai ujung perbungaan. Pengamatan terhadap perbungaan meliputi jumlah kuncup bunga yang berkembang mencapai stadium mekar dan yang tidak mekar, jenis kelamin bunga, dan susunan bunga pada perbungaan (Gambar 12).



30 perbungaan masing-masing dengan panjang 25 cm saat bunga mekar yang diamati pada 6 pohon



pengamatan

jumlah kuncup bunga mekar
jenis kelamin bunga
warna bunga
susunan bunga

Gambar 12. Pengamatan pola dan tipe perbungaan lerak

3.4.2 Morfologi perkembangan bunga lerak

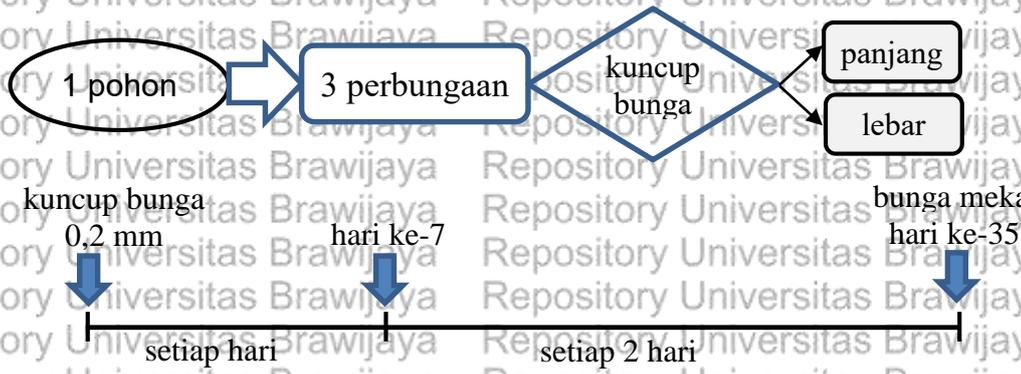
Sampel pohon lerak untuk pengamatan perkembangan bunga digunakan satu pohon yang tumbuh di Materia Medica Batu (Tabel 1; Gambar 13) dengan menggunakan bantuan alat perancah (*scaffolding*). Pengamatan perkembangan morfologi perbungaan lerak dilakukan ketika mulai keluar kuncup perbungaan, yang ditandai dengan munculnya tonjolan pada ujung ranting dan perkembangan individu bunga diamati ketika munculnya primordium bunga berukuran 0,2 mm sampai bunga mekar. Setelah diperoleh kuncup bunga dengan panjang 0,2 mm dilakukan pengamatan morfologi dan pengukuran panjang dan

lebar kuncup bunga setiap hari sampai berumur satu minggu, selanjutnya setiap dua hari sekali sampai bunga mekar (35 hari) (Gambar 14). Pengukuran kuncup bunga lerak dilakukan pada satu individu pohon dengan tiga perbungaan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong (Gambar 15). Masing-masing perbungaan didampingi dengan dua perbungaan lain pada satu pohon, untuk keperluan pengukuran kuncup bunga danantisipasi kuncup bunga yang rontok. Pada masing-masing perbungaan jumlah bunga yang diamati sebanyak 10 bunga, sehingga diperoleh 30 bunga untuk perkembangan bunga.

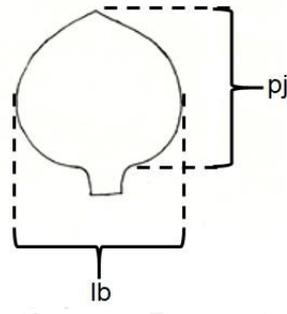
Bunga lerak untuk pengamatan anatomi dilakukan pada dua perbungaan dalam satu pohon. Perkembangan struktur anatomi diamati pada perkembangan struktur ginesium, pembentukan polen, dan perkembangan buah (Gambar 16), dengan pembuatan preparat basah dan semi permanen (Gambar 17), metode pembenangan (Gambar 18), metode pewarnaan, preparat awetan metode parafin (Gambar 19; Sass, 1958) dan dengan *scanning electron microscope* (SEM).



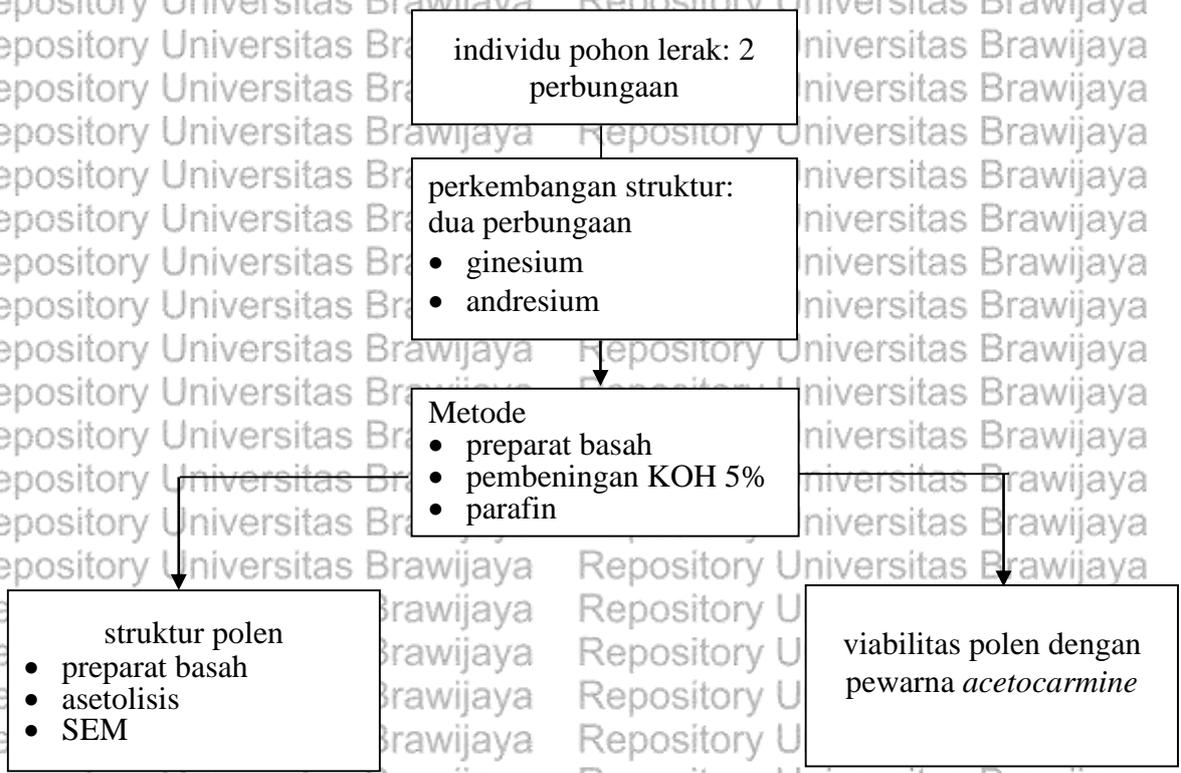
Gambar 13. Habitus pohon lerak untuk pengamatan perkembangan bunga



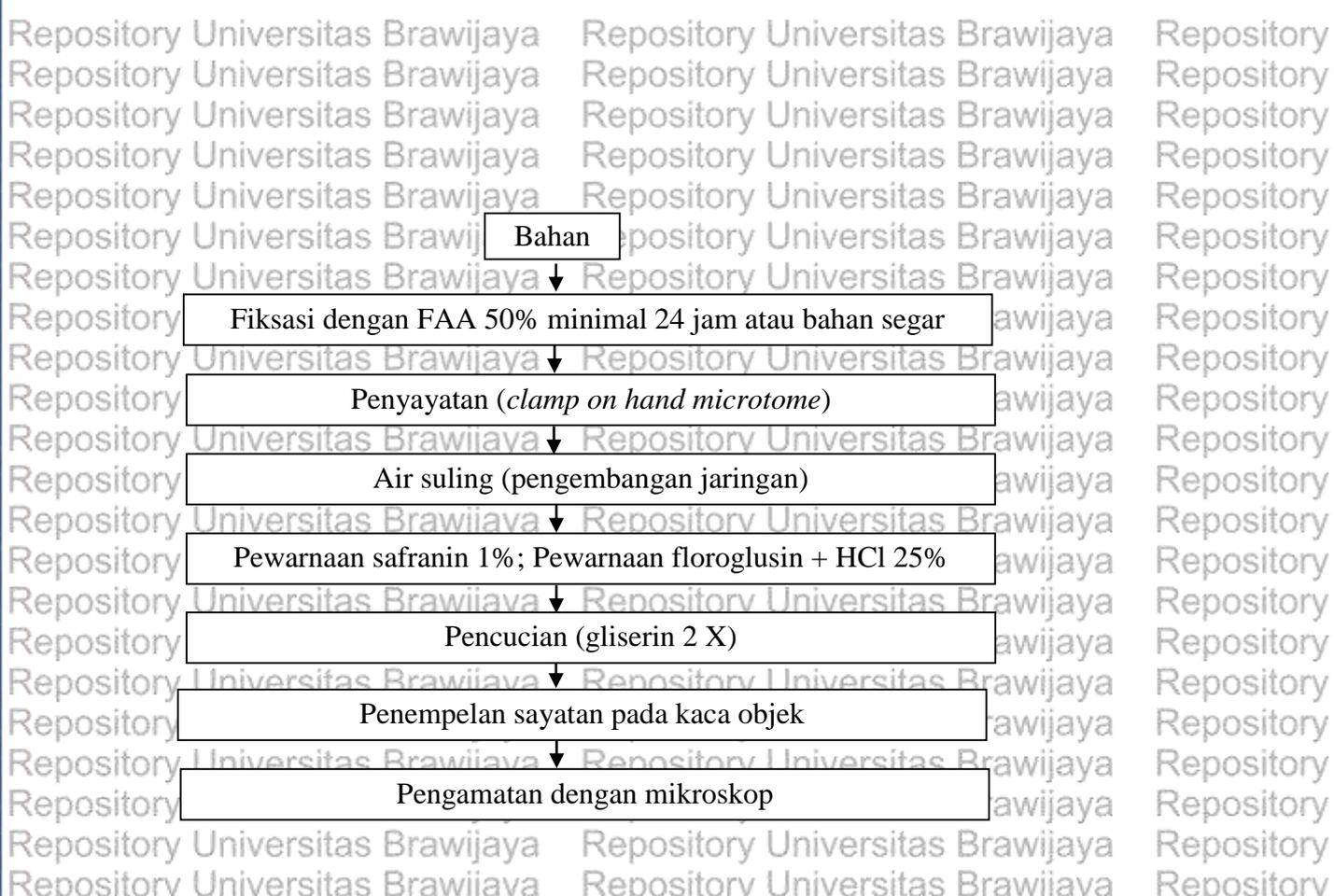
Gambar 14. Pengamatan morfologi perkembangan bunga lerak



Gambar 15. Cara pengukuran panjang (pj) dan lebar (lb) bunga lerak



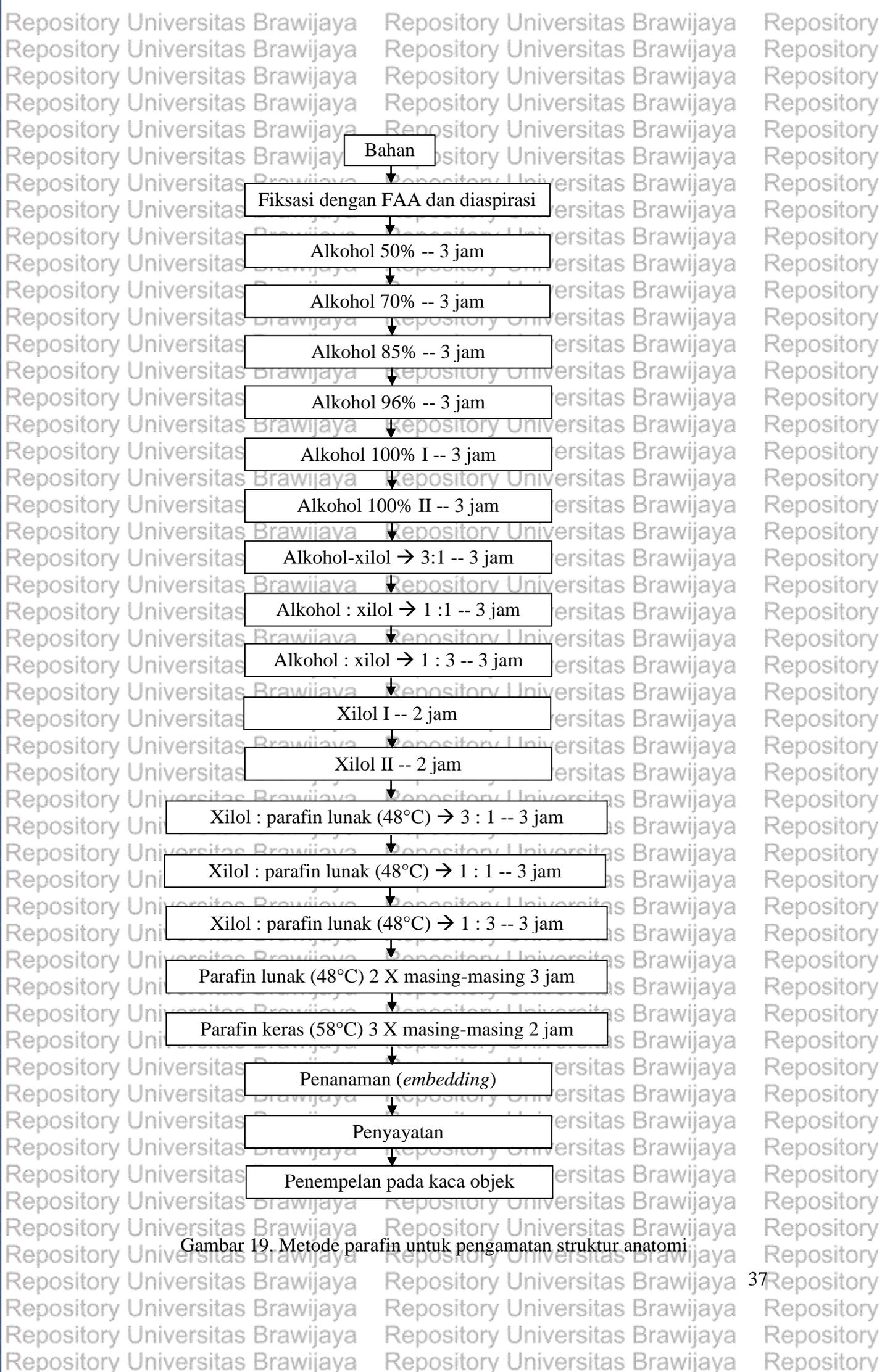
Gambar 16. Pengamatan anatomi bunga lerak



Gambar 17. Pembuatan preparat semi permanen

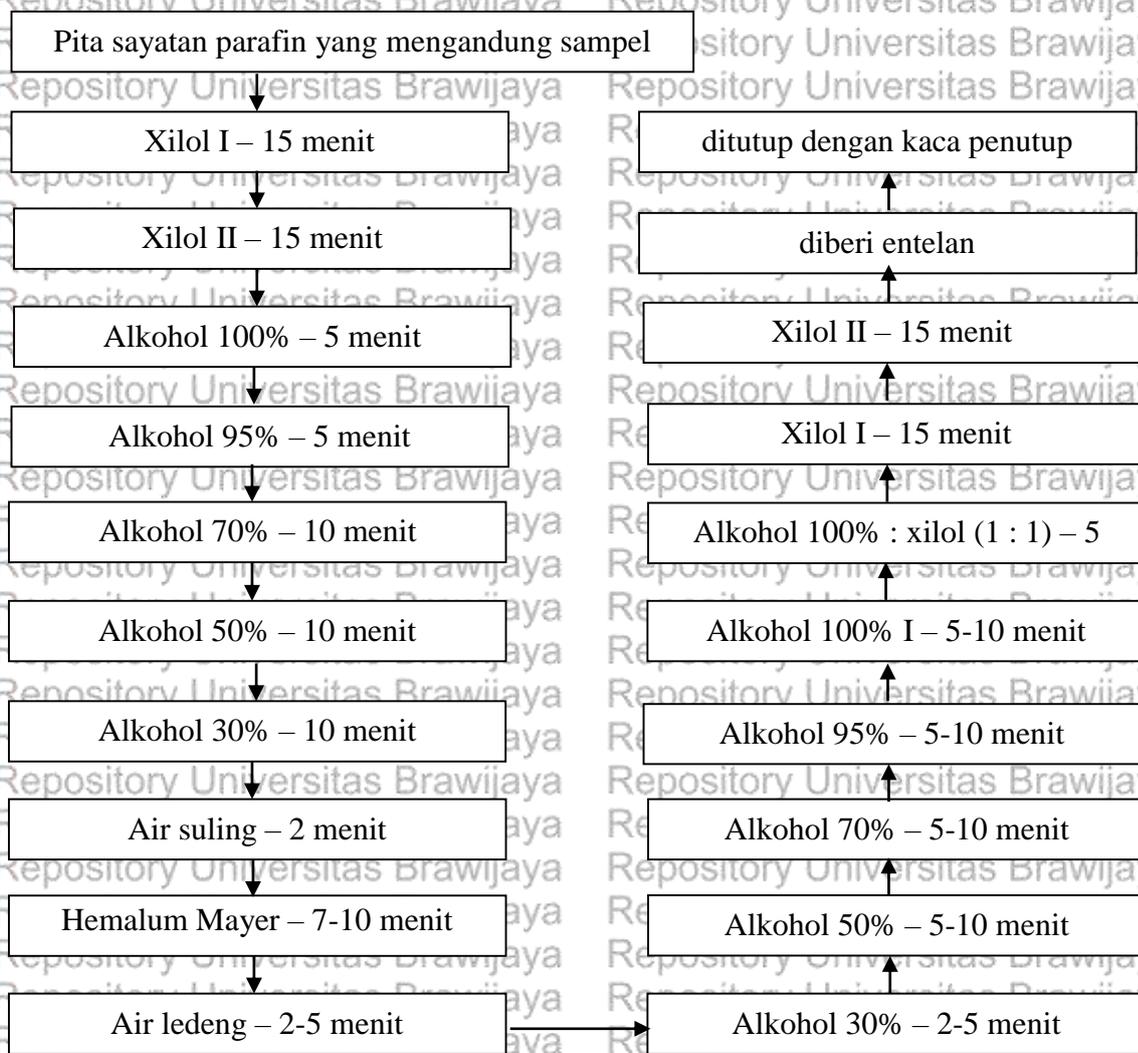


Gambar 18. Pembuatan preparat dengan pembersihan



Gambar 19. Metode parafin untuk pengamatan struktur anatomi

Untuk keperluan pembuatan preparat, sampel berbagai tahapan perkembangan bunga dan buah dikoleksi, lalu difiksasi dengan larutan *formaldehyde acetic acid* (FAA; 50% alkohol : asam asetat glasial : formalin = 18 : 1 : 1) dan diikuti dengan aspirasi (Gambar 19). Setelah difiksasi dan diaspirasi, sampel didehidrasi dengan seri larutan alkohol, diinfiltrasi dan ditanam dalam parafin. Sampel dalam blok parafin disayat seri dengan menggunakan mikrotom putar dengan ketebalan 5-6 μm . Hasil sayatan ditempel pada kaca objek yang sebelumnya ditetesi larutan Haupt (Lampiran 1) dan diusap dengan menggunakan jari tangan sampai tipis dan merata. Sebagai pengembang sayatan digunakan larutan formalin 4%, selanjutnya kaca objek yang berisi pita sayatan parafin dikeringkan pada papan pemanas. Kaca objek yang sudah kering, selanjutnya diwarnai dengan menggunakan pewarna Hemalum Mayer (Gambar 20).



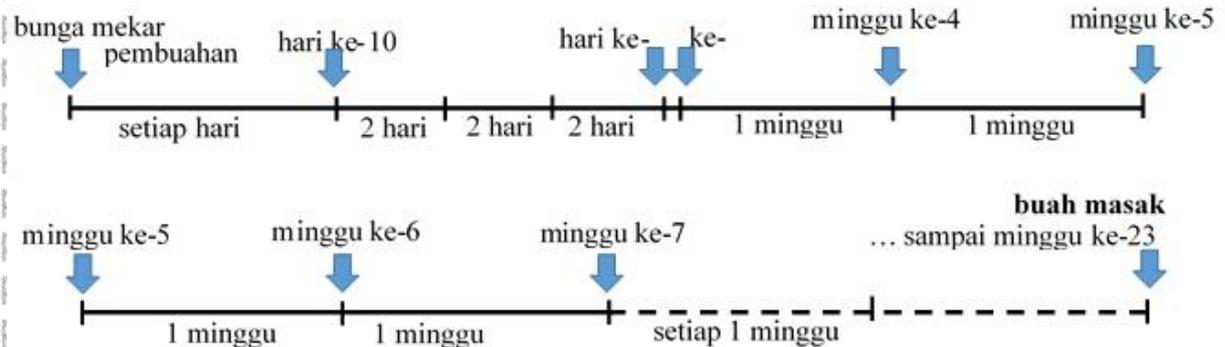
Gambar 20. Tahapan pewarnaan Hemalum Mayer progresif



Pita sayatan parafin selanjutnya didehidrasi dengan seri alkohol (30% sampai 100%) dan dibiarkan dengan xilol (2 kali). Setelah itu, sayatan dibubuhi entelan, lalu ditutup dengan kaca penutup. Viabilitas polen diuji dengan menggunakan pewarna *acetocarmine* 0,2%. Bunga dibawa ke laboratorium, antera direndam dalam pewarna selanjutnya ditekan dan diamati dengan mikroskop cahaya.

3.4.3 Morfologi perkembangan buah

Perkembangan buah diamati setelah bunga mekar dan terjadi pembuahan, pada setiap hari sampai 10 hari setelah pembuahan. Setelah umur 10 hari dilakukan pengamatan dengan interval dua hari sampai stadium buah umur 20 hari setelah pembuahan. Setelah 20 hari pembuahan pengamatan buah dilakukan dengan interval waktu satu minggu sampai buah masak pada umur 140 hari (minggu ke-20) dan dilanjutkan sampai buah tua berumur 161 hari (minggu ke-23) (Gambar 21).



Gambar 21. Pengamatan morfologi perkembangan buah lerak

3.5 Pengaruh pematangan dormansi pada biji terhadap perkecambahannya

Percobaan pematangan dormansi biji lerak dilakukan dengan pengampelasan biji, perendaman biji dalam air panas, perendaman dalam asam klorida (HCl), dan pemberian zat pengatur tumbuh GA₃. Buah lerak yang digunakan dikumpulkan dari pohon lerak di kota Malang. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nampan semai, mistar, dan alat tulis. Media semai yang digunakan berupa campuran tanah gembur dan pasir perbandingan 1 : 1.

Buah yang telah terkumpul tersebut selanjutnya dipilih yang memiliki bentuk normal dan kondisinya baik. Kondisi buah yang baik ditentukan dengan permukaan buah

mengkilat berkerut berwarna coklat kehitaman dengan ukuran panjang dan lebar buah berkisar 31,75 mm dan 26,99 mm, tekstur daging buah keras tidak lembek, bobot kering angin per buah berkisar 8 g. Daging buah lerak dibersihkan sehingga bijinya terlepas, kemudian biji dicuci dengan air mengalir sampai bersih. Biji-biji yang sudah bersih dikeringanginkan selama satu hari.

Penentuan waktu dan suhu perendaman biji, konsentrasi GA₃, dan konsentrasi HCl ditentukan berdasar uji pendahuluan. **Faktor pengampelasan** meliputi 2 taraf yaitu pengampelasan kulit biji pada sisi 1) hilum, 2) hilum dan punggung biji. Perlakuan **perendaman air panas** meliputi dua faktor yaitu suhu dan lama perendaman yang masing-masing terdiri dari 3 taraf suhu, yaitu 50°C, 65°C, 80°C masing-masing selama 20, 30, dan 40 menit. Perendaman biji lerak dilakukan di dalam gelas beker ukuran 1000 ml berisi air panas dan dikontrol suhunya dengan dimasukkan ke penangas air. Perlakuan giberelin meliputi dua faktor yaitu konsentrasi dan lama perendaman yang masing-masing terdiri dari 3 taraf konsentrasi GA₃ yaitu 80, 90, dan 100 ppm, masing-masing selama 30, 60, dan 90 menit. Perlakuan **perendaman asam klorida** meliputi dua faktor yaitu konsentrasi dan lama perendaman yang masing-masing terdiri tiga taraf (80%, 90%, 100%) masing-masing selama 5, 10, dan 15 menit. Setelah perendaman biji dicuci dengan air suling sebanyak lima kali untuk menghilangkan sisa asam klorida pada biji. Perlakuan pematangan dormansi meliputi 30 taraf perlakuan (Lampiran 2). Parameter yang diamati pada setiap perlakuan meliputi persentase perkecambah dan rerata waktu berkecambah (Sautu, 2004) dengan rumus:

$$G = J_k / J_b \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

dimana G adalah persentase kecambah, J_k adalah jumlah biji berkecambah, J_b adalah total biji.

Rata-rata hari berkecambah diperoleh dengan rumus:

$$GR = (N_1 \times H_1) + (N_2 \times H_2) + \dots + N_k \times H_k / N_1 + N_2 + \dots + N_k, \dots \dots \dots (2)$$

dimana GR adalah rerata hari berkecambah, N adalah jumlah biji yang berkecambah pada hari ke-i, H adalah hari yang diperlukan biji berkecambah (Sautu, 2004; Kamble dkk., 2013; Sandi dkk., 2014).

Satuan unit percobaan untuk perkecambahan berupa nampan yang berisi 30 biji diulang tiga kali yang disusun dalam Rancangan Acak Kelompok. Nampan diisi dengan campuran tanah kebun dan pasir berbanding 1 : 1. Pada percobaan ini setiap ulangan dibutuhkan 30 x 30 biji yaitu 900 biji. Parameter yang diamati adalah jumlah biji yang berkecambah dan waktu kecambah. Pengamatan dan pencatatan data dilakukan setiap hari



selama 90 hari. Kecambah yang sudah tumbuh ditanam pada media kompos di polibag ukuran 30 cm x 35 cm. Pengamatan dilakukan setiap bulan sekali selama 3 bulan. Parameter pertumbuhan yang diamati adalah tinggi tanaman.

3.6 Analisis Data

Data berupa dokumentasi gambar yang diambil secara makro dan mikrofotografi tentang morfologi perbungaan, bunga, buah, biji, dan kecambah. Data juga didukung dengan gambar tangan (spodogram) dengan menggunakan bantuan kamera lusida. Data gambar selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan pola dan tipe perbungaan, perkembangan bunga, morfologi buah dan biji, serta perkecambahan.

Data persentase perkecambahan dan rerata waktu berkecambah yang diperoleh dianalisis dengan analisis varian (Anava) non faktorial dalam rancangan acak kelompok (RAK) dengan taraf signifikansi 5% (Gomez & Gomez, 1986). Bila hasil analisis signifikan dilakukan uji lanjut menggunakan uji Scott-Knott pada taraf 5%. Variasi distribusi data ditampilkan dengan rerata \pm SE (*standard error*).



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pola dan Tipe Perbungaan Lerak

Perbungaan pada lerak merupakan perbungaan yang terletak di terminal (Gambar 22A). Perbungaan mempunyai pedunkulus (ibu tangkai, tangkai utama) yang bercabang banyak, dan setiap cabang bercabang lagi dengan cara yang sama seperti pedunkulus. Pola perbungaan lerak adalah berganda dengan tingkat percabangan sampai cabang tingkat III dan sebagian kecil sampai cabang tingkat IV. Pola perbungaan lerak disebut juga sinflorescentia (majemuk berganda). Jumlah cabang perbungaan tingkat I berkisar antara 8 sampai 14 cabang, cabang perbungaan tingkat II antara 4 sampai 14 cabang, cabang perbungaan tingkat III antara 4 sampai delapan cabang. Pada cabang perbungaan tingkat III, berkisar antara satu sampai dua yang bercabang sampai tingkat IV. Pola pertumbuhan pedunkulus bersifat monopodial. Tangkai utama (pedunkulus) mengadakan pola percabangan monopodial, demikian pula cabang-cabangnya juga monopodial, kecuali pada cabang tingkat akhir bersifat simpodial. Percabangan melebar dalam ruang, dari pangkal ke ujung semakin pendek, sehingga perbungaan berbentuk kerucut.

Dalam urutan perkembangan percabangan dari perbungaan (Gambar 22B), setiap cabang anak mengulangi perilaku cabang utama. Setiap unit perbungaan pada setiap tingkat percabangan yang berulang seperti ini disebut parakladium (Bell, 1991; Weberling, 1989).

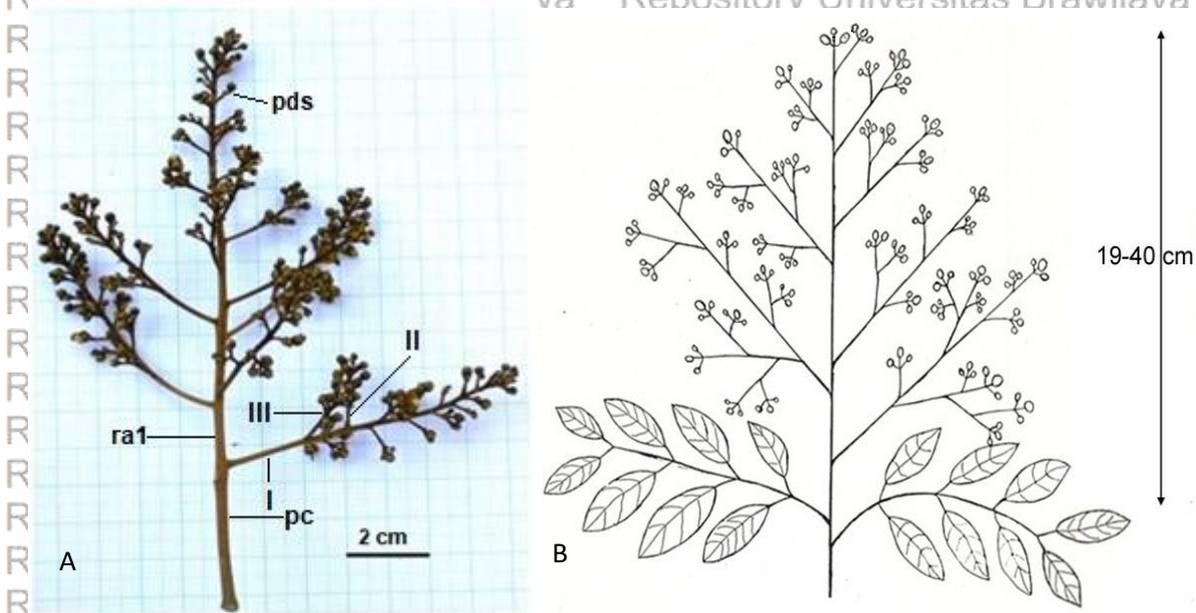
Anak cabang dan percabangan serupa mengacu pada terjadinya urutan bercabang biasa yang berulang untuk membangun struktur bercabang lengkap. Sistem cabang lateral bawah memiliki arsitektur yang sama dengan seluruh cabang induk pada tahap sebelumnya.

Perbungaan dengan ujung sumbu utama maupun ujung sumbu lateral berakhir dengan bunga terminal, digambarkan sebagai perbungaan monotelik.

Perbungaan lerak bertipe panikula dengan cabang perbungaan bersifat simosa. Bunga yang terletak di ujung rakis primer (sumbu utama) bersifat tidak terbatas (*indeterminate*).

Bunga yang muncul pada ujung cabang perbungaan bersifat terbatas (*determinate*) atau simosa. Bunga yang lebih dulu mekar adalah bunga yang di ujung ranting atau bunga terminal dan di bawahnya terdapat dua bunga yang letaknya saling berhadapan dan berada pada stadium perkembangan yang sama (Gambar 22B). Perbungaan lerak terletak pada posisi tegak dan tidak menjuntai di ujung ranting. Warna sepal bunga hijau kecoklatan dan

warna petal kuning keputihan. Karakter perbungaan lerak bertipe panikula dengan bentuk kerucut berhubungan erat dengan tipe penyerbukan baik yang dilakukan oleh angin atau hewan (Sedgley & Griffin, 1989).



Gambar 22. Perbungaan pada lerak. A. Pola perbungaan berganda (sinflorescentia, majemuk berganda) berbentuk kerucut. B. Tipe perbungaan panikula yang bersifat tirsus (campuran). pc = pedunculus communis, ibu tangkai bunga; pds = pediselus; ra1 = rakis primer; I = cabang perbungaan tingkat I; II = cabang perbungaan tingkat II; III = cabang perbungaan tingkat III

Panjang perbungaan mulai 19-40 cm. Ukuran yang paling banyak dijumpai adalah 30-35 cm yaitu sebanyak 77%. Panjang ukuran perbungaan yang banyak dijumpai pada *Euphoria longan* (Lour.) Steud adalah 23-27 cm (Muhibbudin, 1992), *Nephelium lappaceum* berukuran 15-20 cm (Lan, 1984). Pola perbungaan monopodial dengan cabang tingkat akhir bersifat simpodial dan perbungaan berbentuk kerucut terdapat juga pada *Sapindus saponaria* (Hodel, 2012).

Salah satu perhatian dalam konservasi genetik adalah masalah biologi reproduksi bunga atau pembungaan (White dkk., 2007). Struktur bunga berperan dalam menentukan pola penyerbukan dan struktur genetik populasi (Arroyo dkk. 2006). Struktur dan tampilan perbungaan berkaitan dengan keberhasilan polinasi dan reproduksi bunga. Tipe perbungaan panikula ditemukan pada suku Sapindaceae yang lain seperti pada *Euphoria longan* (Lour.)

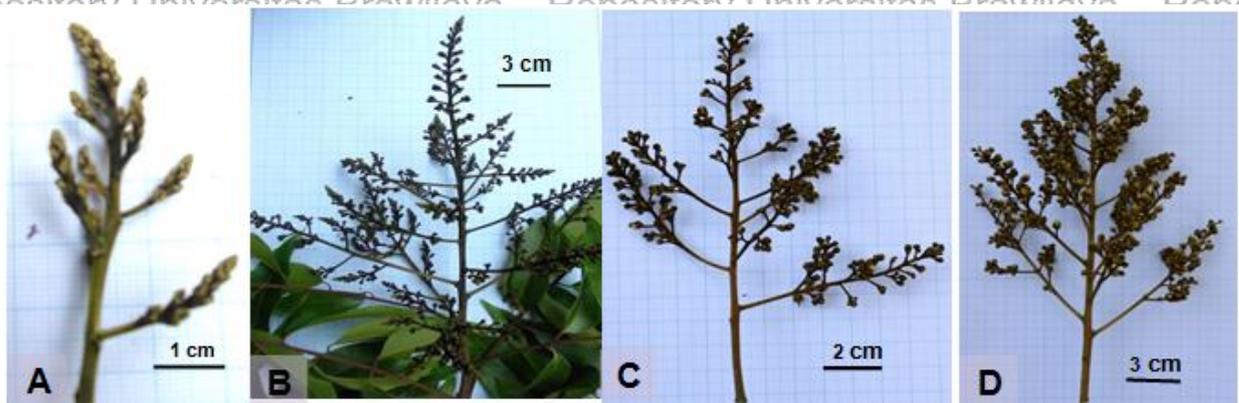
Steud, *Paranephelium macrophyllum* King, *Litchi sinensis* Sonn., dan *Sapindus saponaria* (Muhibbudin, 1992; Keng, 1969; Sauco & Menini, 1989; Hodel, 2012).

4.2 Morfologi Perkembangan Bunga Lerak

Perbungaan tumbuhan lerak merupakan perbungaan panikula. Pada setiap cabang panikula terdapat kuncup-kuncup bunga yang berada pada berbagai stadium perkembangan.

Perkembangan bunga lerak dari induksi pembungaan sampai bunga antesis terjadi selama 35 hari (Gambar 23).

Perkembangan panikula lerak dapat dikelompokkan menjadi 4 tahap yaitu (lama hari dihitung mulai dari awal munculnya primordium bunga): 1) tahap induksi pembungaan diperlukan waktu 9-10 hari; 2) tahap inisiasi bunga pada perbungaan diperlukan waktu 15 hari; 3) tahap diferensiasi bunga diperlukan waktu 30 hari; dan 4) tahap antesis diperlukan waktu 35 hari (Tabel 2).



Gambar 23. Perkembangan panikula pada lerak. A. Tahap induksi pembungaan waktu 9-10 hari. B. Tahap inisiasi bunga pada perbungaan waktu 15 hari. C. Tahap diferensiasi bunga waktu 30 hari. D. Tahap antesis waktu 35 hari

Waktu yang dibutuhkan tahap induksi pembungaan adalah 9-10 hari, diikuti tahap inisiasi bunga selama 5-6 hari. Tahap selanjutnya adalah tahap diferensiasi bunga berlangsung selama 14 hari dan tahap antesis memerlukan waktu lima hari. Tahap induksi pembungaan merupakan tahap saat mulai terlihatnya pertama kali perubahan morfologis menjadi bentuk kuncup reproduktif. Pada lerak tahap induksi ditandai dengan munculnya primordium bunga pada cabang perbungaan yang berasal dari meristem tunas aksiler. Primordium bunga berwarna hijau kecoklatan, secara morfologi belum terlihat jelas

perbedaan tangkai/primodium bunga. Panjang primodium bunga pada awal induksi berukuran 0,20 mm dan pada akhir tahap berukuran 1,94 mm.

Tabel 2. Tahap perkembangan panikula lerak

Tahap	Ukuran (mm)	Umur (hari, mulai dari awal)	Keterangan
Induksi Perbungaan	0,20-1,94	9-10	Primodium perbungaan muncul menjadi sinflorescentia, meristem tunas aksiler berkembang menjadi primodium bunga
Inisiasi bunga	2,05-2,21	11-15	Inflorescentia menjadi jelas, bagian primodium bunga terbentuk dan berkembang menjadi kuncup bunga
Diferensiasi Bunga	2,25-3,52	16-30	Terbentuk sepal, petal, stamen dengan antera, pistil
Antesis	3,70-3,84	30-35	Mahkota kuncup bunga mulai membuka, pistil dengan ovulum

Keterangan: angka umur dalam hari dan merupakan angka yang dihitung dari awal munculnya primodium

Pada tahap inisiasi bunga lerak, sinflorescentia menjadi lebih jelas, tangkai kuncup bunga sudah tampak jelas, dan terbentuk primodium sepal dan petal. Panjang awal primodium bunga berubah menjadi kuncup bunga yaitu 1,95-2,05 mm dan pada akhir tahap inisiasi kuncup bunga berukuran 2,21 mm.

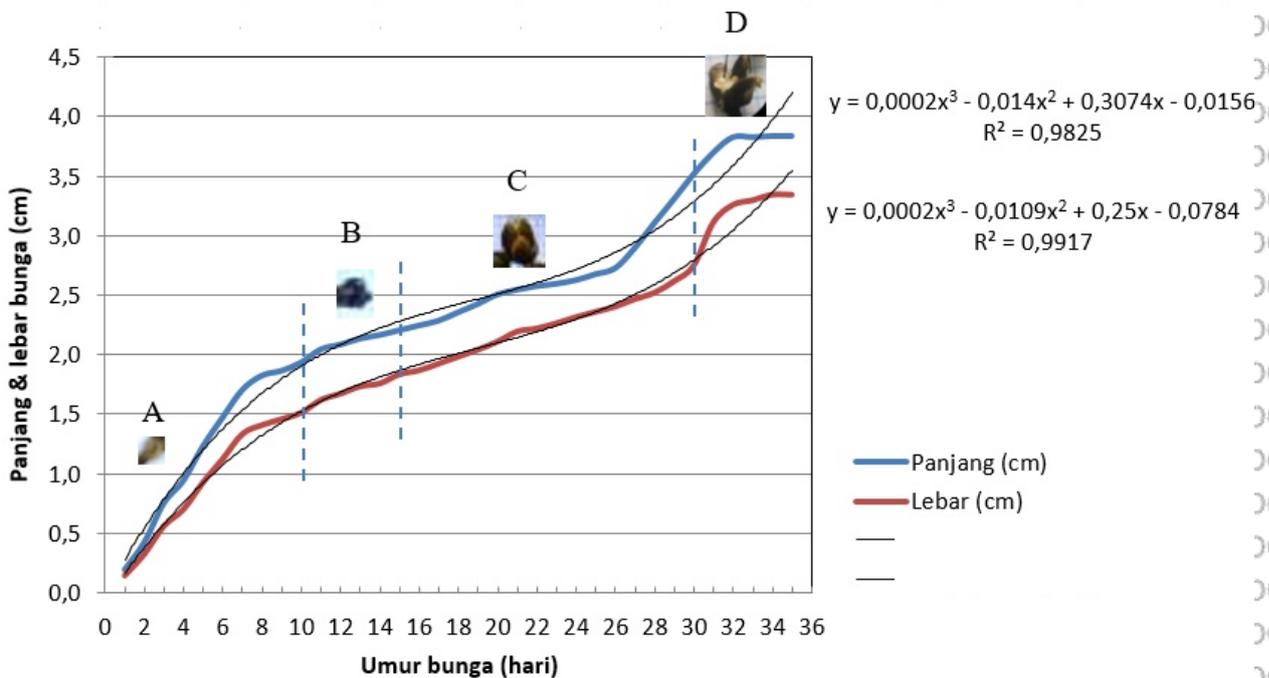
Tahap selanjutnya adalah tahap diferensiasi bunga lerak memerlukan waktu 14 hari, bagian primodium bunga sudah mengalami perkembangan. Primodium sepal dan petal tumbuh dan berkembang menjadi sepal dan petal serta terbentuk primodium stamen dan pistil. Keseluruhan sepal membentuk kaliks dan keseluruhan petal membentuk korola. Primodium stamen dan pistil muncul dan berkembang menjadi stamen dan pistil di akhir tahap diferensiasi.

Tahap antesis memerlukan waktu lima hari merupakan tahap sebelum perkembangan buah. Korola bunga tampak membuka. Lama perkembangan bunga lerak mulai induksi sampai antesis memerlukan waktu 35 hari. Waktu perkembangan bunga lerak lebih lama dibanding perkembangan bunga *Euphoria longan* yang memerlukan waktu 13-14 hari (Muhibbudin, 1992) dan hampir sama dengan perkembangan *Syzgium pycnanthum* yaitu

selama 26-31 hari (Muhdiana & Ariyanti, 2010). Tumbuhan manggis memerlukan waktu 40 hari (Rai dkk., 2006).

4.2.1 Pola pertumbuhan bunga

Pada stadium perkembangan yang sama, kuncup bunga betina dan bunga hermafrodit lerak mempunyai bentuk dan ukuran yang sama. Pertumbuhan bunga lerak sejak kuncup bunga berukuran 0,2 mm sampai bunga mekar berlangsung selama 35 hari. Bunga hermafrodit yang mekar umur 35 hari mempunyai rerata panjang 3,84 mm ($\pm 0,10$) dengan rerata lebar 3,34 ($\pm 0,09$) mm. Perkembangan bunga hermafrodit lerak mulai dari berukuran 0,2 mm sampai bunga mekar menunjukkan pola sigmoid ganda (Gambar 24).



Gambar 24. Pertumbuhan bunga hermafrodit lerak. A. Induksi Perbungaan waktu 9-10 hari; B. Inisiasi Bunga pada Perbungaan waktu 15 hari; C. Diferensiasi Bunga waktu 30 hari; D. Antesis waktu 35 hari

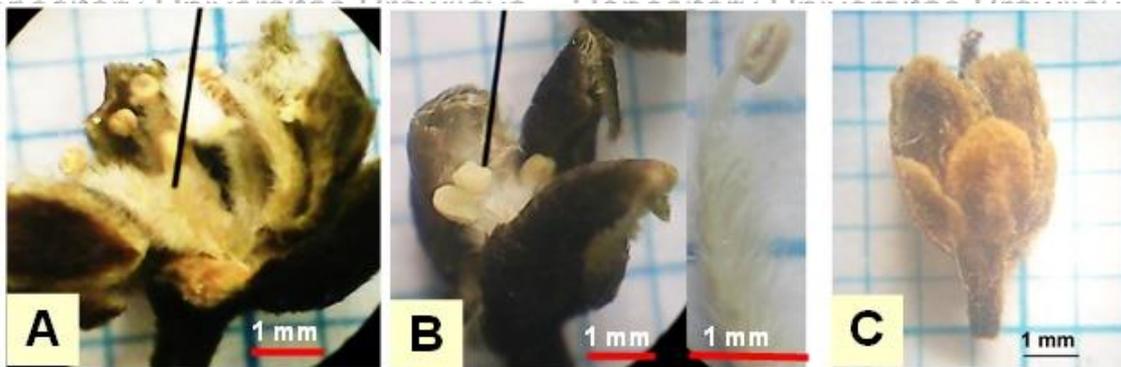
Pertumbuhan ukuran bunga lerak mengikuti pola kurva sigmoid (Gambar 24). Tahap diferensiasi memerlukan waktu yang lama (Gambar 24C), disebabkan terjadi diferensiasi untuk membentuk bagian-bagian bunga seperti sepal, petal, alat kelamin stamen dan pistil. Tahap perkembangan kantong embrio dan ovulum dan untuk penyempurnaan dan pendewasaan organ stamen dan pistil. Pertumbuhan pola sigmoid juga dilaporkan pada

pertumbuhan panjang dan lebar bunga *Euphoria longan* (Muhibbudin, 1992) dan *Litchi sinensis* (Sauco & Menini, 1989). Pola perkembangan bunga pada tumbuhan lerak, *Euphoria longan* (kelengkeng) dan *Litchi sinensis* (leci) menunjukkan adanya kemiripan dalam pola perkembangan bunga, yaitu menunjukkan pola sigmoid.

Seiring dengan pertumbuhan kuncup, stamen pada bunga jantan dan ginesium pada bunga hermafrodit juga mengalami pertumbuhan. Stamen pada bunga hermafrodit pertumbuhannya terhenti pada kuncup berukuran rerata panjang 3,52 mm (lima hari sebelum mekar), sehingga pada stadium mekar, stamen bunga hermafrodit lebih pendek dari ginesiumnya.

4.2.2 Jenis kelamin bunga

Pada setiap panikula terdapat kuncup-kuncup bunga pada berbagai stadium perkembangan. Jumlah kuncup bunga yang berkembang berkisar antara 467 sampai 783 buah dengan rerata $605,5 \pm 14,5$ (Lampiran 3). Kuncup bunga yang berkembang pada panikula terdiri dari bunga jantan, bunga hermafrodit, dan bunga betina (Gambar 25 dan Gambar 26). Bunga hermafrodit (pj. = $3,84 \pm 0,10$ mm; lb. = $3,34 \pm 0,09$ mm) dan bunga betina (pj. = $3,98 \pm 0,13$ mm; lb. = $3,06 \pm 0,11$ mm) berukuran hampir sama, yang ditemukan pada ujung ranting. Jumlah bunga jantan yang berkembang pada setiap panikula lebih banyak dibandingkan dengan bunga hermafrodit dan bunga betina.



Gambar 25. Kuncup tipe-tipe bunga lerak yang berkembang pada panikula. A. Bunga hermafrodit; B. bunga jantan dan stamen; C. bunga betina

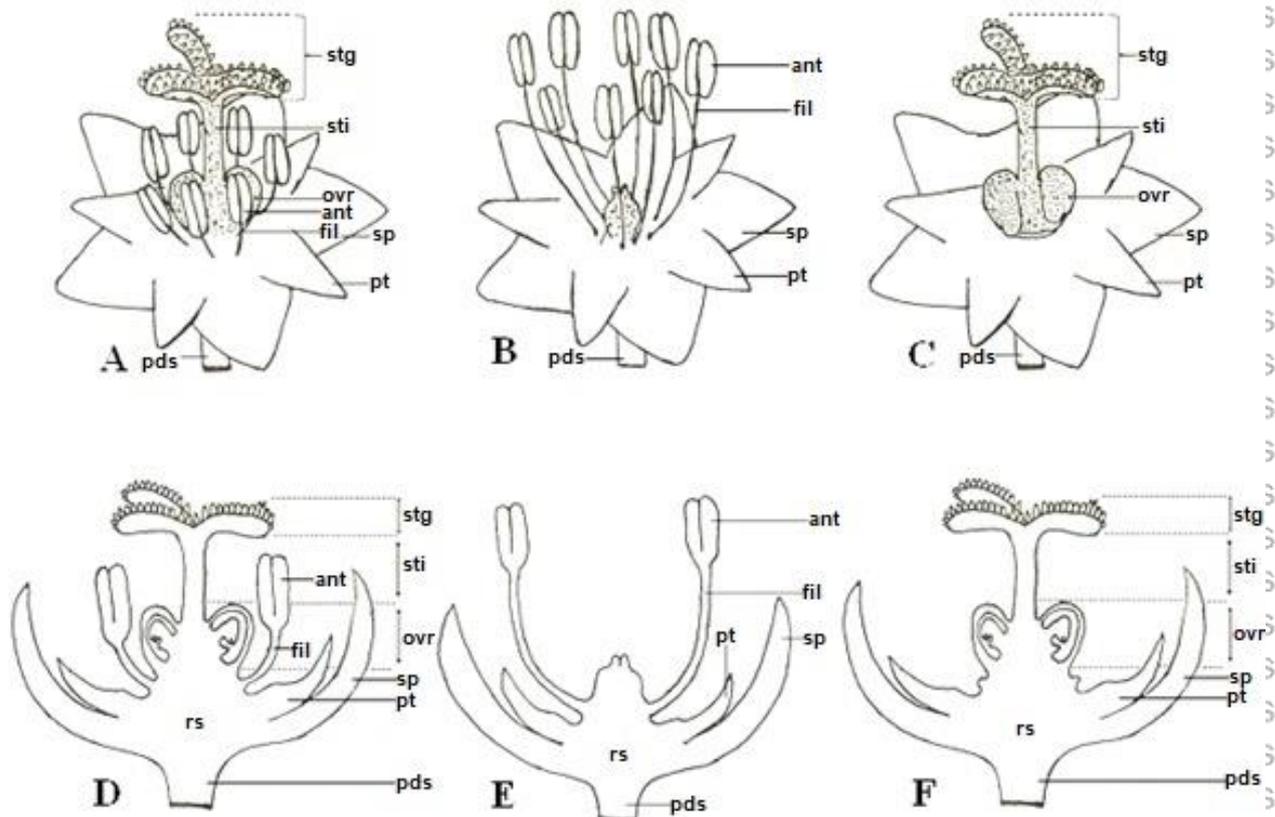
Bunga zigomorf, tangkai bunga antara 1-3,5 mm, sepal 5, oblongus, panjang 2,0-3,9 mm, hijau kecoklatan; petal 4, tempat untuk yang ke-5 tetap kosong, oblanseolatus, panjang 3,8 mm, warna kuning keputihan, tepi bertrikoma rapat, satu sama lain berlekatan. Stamen



berjumlah 8, panjang filamen 3,71 mm, pada bunga hermafrodit tidak tumbuh sempurna dengan panjang filamen 2,32 mm. Ginesium dengan ovarium superus berlekuk tiga, beruang tiga, per ruang satu ovulum.

Bunga jantan tersusun dari sepal, petal, stamen, dan ginesium yang rudimenter. Sepal terdiri dari lima helai, ujungnya lepas, tetapi bersatu pada bagian pangkal. Petal terdiri dari empat helai, saling terpisah. Stamen berjumlah delapan yang tersusun dalam dua lingkaran.

Diagram dan rumus bunga lerak hermafrodit ditunjukkan pada Gambar 27. Berdasarkan kelamin bunga yang terdapat pada suatu tumbuhan, lerak termasuk monoesius-poligamus (*poligamonoecious*), yaitu terdapat bunga jantan, betina, dan hermafrodit bersama-sama terdapat pada satu individu tumbuhan, bahkan pada satu perbungaan. Tumbuhan kelengkeng juga memiliki tiga tipe bunga, yaitu bunga jantan, bunga betina dan bunga hermafrodit, tetapi bisa terdapat pada pohon yang sama atau berbeda (Muhibbudin, 1992).



Gambar 26. Bagan morfologi bunga hermafrodit dan bunga jantan pada lerak. A. Bunga hermafrodit; B. Bunga jantan; C. Bunga betina; D. Penampang membujur bunga hermafrodit; E. Penampang membujur bunga jantan; F. Penampang membujur bunga betina. stg = stigma; sti = stilus; ovr = ovarium; ant = antera; fil = filamen; sp = sepal; pt = petal; pds = pediselus; rs = reseptakulum



♂*K₅, C₄, A₄₊₄, G₍₃₎

Gambar 27. Diagram dan rumus bunga hermafrodit lerak. ♂ = jenis kelamin bunga hermafrodit. * = simetri aktinomorf. K₅ = kaliks, sepal sejumlah 5 helai. C₄ = corolla, korola, petal sejumlah 4 helai. A₄₊₄ = andresium, kumpulan stamen, stamen berjumlah 8 dalam 2 lingkaran. G₍₃₎ = ginesium, kumpulan pistil, satu pistil terdiri dari 3 karpel membentuk 3 ruangan, kedudukan ovarium superus.

Tumbuhan yang termasuk ke dalam suku Sapindaceae dikenal memiliki tipe seks bunga yang berbeda. Perkembangan tiga tipe seks bunga lerak terjadi pada satu panikula pada pohon yang sama. Tiga tipe bunga yang terdapat pada suku Sapindaceae yaitu bunga jantan, betina, dan hermafrodit. Ketiga tipe bunga tersebut bisa terdapat pada satu individu tumbuhan atau pada individu yang berbeda. Umumnya anggota Sapindaceae berdasarkan keberadaan kelamin bunga pada tumbuhan termasuk poligamus (Richards, 1990).

Litchi sinensis mempunyai tiga tipe seks bunga yang berkembang pada setiap perbungaan dalam satu pohon (Saucu & Menini, 1989). Ketiga bunga berbeda dalam tingkat perkembangan seksual, yaitu tipe bunga jantan, tipe bunga hermafrodit yang berfungsi sebagai bunga betina dan tipe bunga hermafrodit yang berfungsi sebagai bunga jantan.

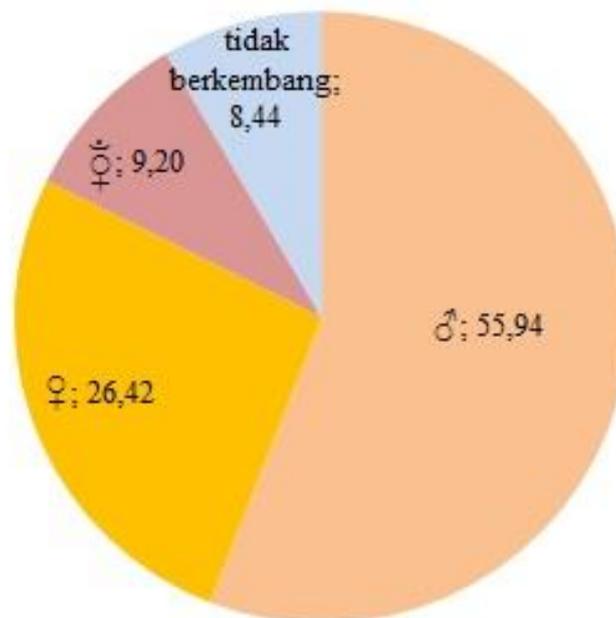
Nephelium lappaceum memiliki dua tipe bunga yaitu bunga jantan dan hermafrodit terdapat pada pohon yang terpisah (Lim, 1984) dikenal dengan androdioesius. Adanya variasi seks juga ditunjukkan pada *Euphoria longan* yang memiliki tiga tipe bunga, yaitu bunga jantan, bunga betina, dan bunga hermafrodit yang terdapat pada pohon yang sama atau berbeda (Sumanto, 1990). Ketiga tipe bunga yang terdapat pada individu yang berbeda disebut dengan dioesius-poligamus. Tumbuhan *Euphoria longan* yang dilaporkan Muhibbudin (1992) bersifat andromonoseus, yaitu bunga jantan dan hermafrodit pada individu yang sama dan pada perbungaan yang sama.



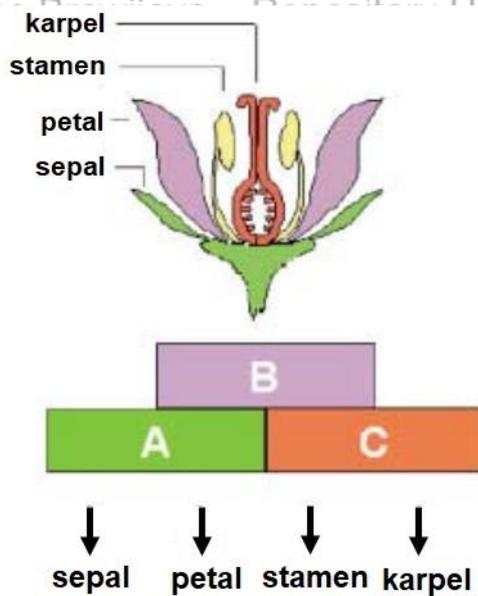
4.2.3 Persentase bunga yang berkembang berdasarkan jenis kelamin bunga

Persentase bunga pada tumbuhan lerak menunjukkan bahwa bunga jantan yang berkembang sebanyak $55,94\% \pm 3,42$, bunga betina $26,42\% \pm 2,22$, dan bunga hermafrodit $9,20\% \pm 1,57$ (Gambar 28). Kuncup bunga yang tidak berkembang dan akibatnya tidak mencapai stadium mekar, persentasenya mencapai $8,44\% \pm 1,87$. Kuncup bunga yang tidak mencapai stadium mekar tersebut layu dan gugur pada stadium muda. Absisi sejumlah bunga pada stadium muda juga terjadi pada *Nephelium lappaceum* (Saucu & Menini, 1989).

Ditinjau dari jumlah bunga yang berkembang dalam perbungaan, bunga jantan lebih banyak dari bunga betina dan bunga hermafrodit. Keadaan ini menunjukkan bahwa adanya penekanan jumlah bunga hermafrodit yang berkembang dalam perbungaan yang mengarah terbentuknya bunga jantan. Bunga hermafrodit pada perkembangannya berfungsi sebagai bunga betina, hal ini terjadi karena penekanan fungsi stamen sebagai kelamin jantan sehingga mengarah kepada terbentuknya bunga betina. Pada saat induksi bunga terjadi, meristem vegetatif diprogram untuk mulai berubah menjadi meristem reproduktif. Induksi pembentukan bunga berhubungan dengan faktor genetik dan nutrisi. Proses organogenesis bunga dikontrol oleh sekelompok gen yang dikenal sebagai model perkembangan bunga ABC (Gambar 29; Saedler dkk., 2001).



Gambar 28. Rerata persentase bunga yang berkembang pada perbungaan lerak. ♀ = betina; ♂ = jantan; ⚧ = hermafrodit; angka dalam persen (%)



Gambar 29. Model perkembangan bunga ABC

Dalam pembentukan organ struktur bunga (*sepal*, *petal*, *stamen*, dan *karpelum*), model ABC (Gambar 29) ditentukan oleh interaksi antara gen *Apetala 2* (AP2, komponen A), gen *Pistilata* (PI/AP3, komponen B) dan gen *Agamous* (komponen C). Tiga aktivitas komponen gen berinteraksi dengan cara berkombinasi atau sendiri untuk menentukan perkembangan primordium meristem organ bunga. Dalam lingkaran pertama bunga hanya komponen A sendiri yang terekspresi mengarah ke pembentukan sepal. Lingkaran kedua bunga komponen A dan B berkombinasi terekspresi mengarah ke pembentukan petal. Lingkaran ketiga, komponen B dan C berinteraksi untuk membentuk stamen dan lingkaran keempat di tengah bunga komponen C sendiri menghasilkan karpel. Jika komponen C kehilangan fungsinya berarti gen *Agamous* (AG) tidak terekspresi sehingga perhiasan bunga yang terbentuk adalah sepal pada bagian luar, petal pada bagian dalam, dan tidak terbentuk alat kelamin bunga.

Perkembangan bunga hermafrodit lerak, pada lingkaran pertama komponen A sendiri terekspresi membentuk sepal, lingkaran kedua interaksi komponen kombinasi A dan B terekspresi membentuk petal, lingkaran ketiga interaksi komponen B dan C terekspresi membentuk stamen, dan lingkaran keempat komponen C terekspresi membentuk karpel. Semua komponen A, B, C terekspresi dalam setiap lingkaran baik yang sendiri maupun yang kombinasi, sehingga terbentuk sepal, petal, stamen, dan karpel. Pada bunga jantan lerak, lingkaran pertama sampai ketiga ekspresi komponen sama, yaitu komponen A tunggal



menghasilkan sepal, komponen A-B menghasilkan petal, komponen B-C menghasilkan stamen, sedangkan pada lingkaran keempat komponen C tunggal tidak terekspresi, sehingga tidak terbentuk karpel. Pada bunga lerak betina, komponen A sendiri menghasilkan sepal, komponen A-B menghasilkan petal, kombinasi B-C gagal terekspresi sehingga tidak terbentuk stamen atau stamen non-fungsional dan komponen C tunggal terekspresi membentuk karpel.

Tumbuhan yang mempunyai bunga lebih dari satu tipe pada individu terpisah (dioseus) pada awalnya memiliki bunga hermafrodit (Doust & Doust, 1988). Selama evolusi, stamen bunga hermafrodit mengalami penekanan fungsi sebagai alat kelamin jantan (*male sterility*) sehingga terbentuk bunga betina. Peristiwa pada pohon lainnya terjadi penekanan fungsi pistil sebagai kelamin betina (*female sterility*), sehingga terbentuk pohon jantan. Penekanan fungsi stamen atau pistil dari tumbuhan yang memiliki bunga hermafrodit yang mengarah kepada terbentuknya tumbuhan bersifat dioseus, dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan gagal ekspresi gen yang mengontrol perkembangan kedua organ tersebut (Doust & Doust, 1988; Saedler dkk., 2001).

Ekspresi kelamin bunga dapat dikendalikan oleh lingkungan, tanah kurang subur cenderung menginduksi terjadinya bunga jantan seperti yang terjadi pada *Pappea capensis* (Sapiindaceae) (Robbertse dkk., 2011). Ekspresi kelamin pada *Pappaea* tidak stabil dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan terutama panjang hari terang dan suhu, serta diduga dipengaruhi oleh umur tumbuhan. Kondisi yang menyebabkan cekaman pada pohon beberapa tumbuhan seperti tingkat cahaya, nutrisi, cuaca atau air yang kurang optimal sering menginduksi terbentuknya banyak bunga jantan.

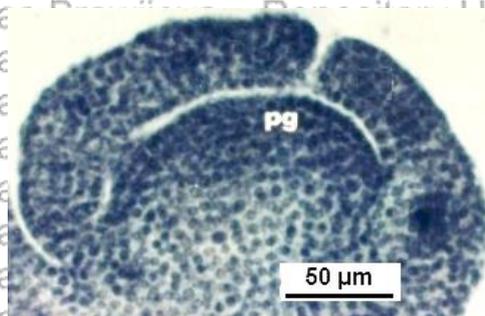
4.2.4 Morfoanatomi perkembangan ginesium

Pada ujung meristem reproduktif terbentuk primordium ginesium (Gambar 30) dan membentuk ginesium yang diawali dengan perkembangan bagian proksimal yaitu ovarium bersama ovulumnya (Gambar 31A, 32). Bagian tengah terbentuk stilus dengan stigma berpapila (Gambar 33) yang ujung-ujungnya tidak saling berlekatan (Gambar 34).

Pembentukan ginesium terjadi saat panjang kuncup bunga telah berukuran 0,50 mm (33 hari sebelum mekar). Pada stadium ini, meristem apeks bunga terdiri dari tunika dengan terdiri dari beberapa lapis sel (2-3 lapis) dan di bawahnya terdapat jaringan meristematik yang tersusun dari sel-sel yang homogen. Awal pembentukan ginesium dimulai dengan adanya pembelahan sel-sel secara periklinal di bawah lapisan tunika meristem apeks bunga,



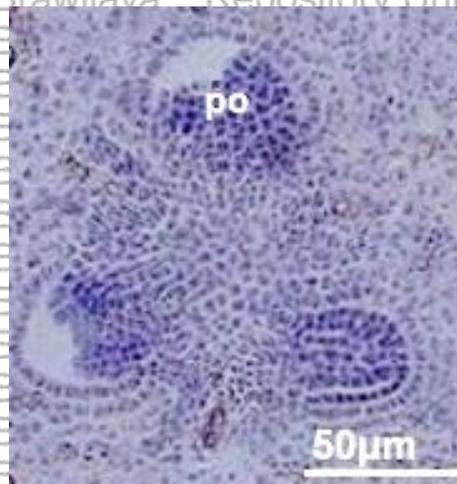
sehingga terbentuk primordium ginesium (Gambar 30). Pada kuncup bunga berukuran panjang 0,80 mm (32 hari sebelum mekar) primordium ginesium tumbuh memanjang. Hal ini terjadi karena adanya pembelahan sel pada meristem apeks bunga dan karpel tersebut. Pada tahap perkembangan lanjut, ketiga karpel tumbuh melengkung ke arah meristem apeks bunga, ujung-ujungnya saling bertemu dan bersatu dengan meristem apeks tersebut, sehingga terbentuk sekat yang memisahkan tiga primordium rongga ovarium. Hal ini teramati pada kuncup berukuran panjang 2,0 mm (26 hari sebelum mekar). Pada daerah tertentu sel-sel tepi luar karpel membesar dan memanjang ke arah luar, selanjutnya berkembang menjadi sel trikوماتa.



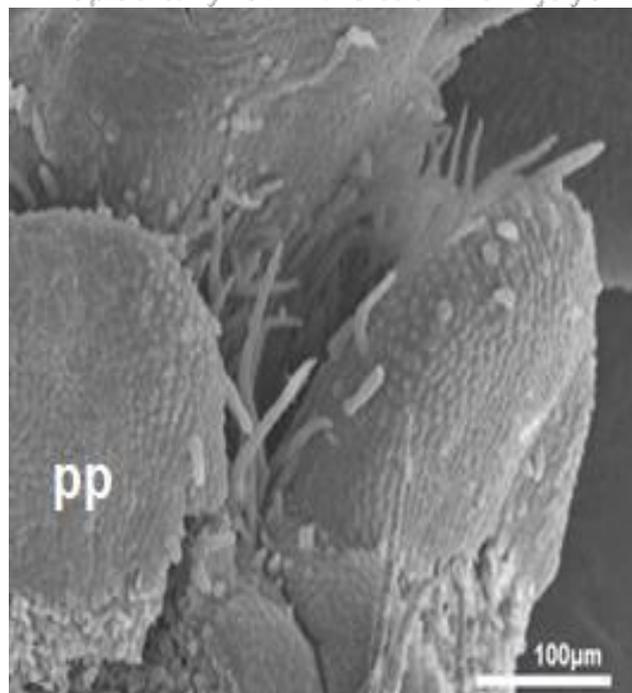
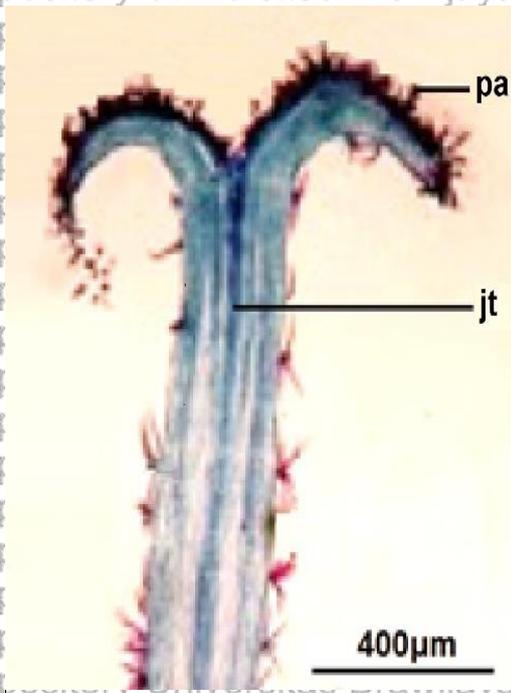
Gambar 30. Penampang membujur kuncup bunga betina lerak (33 hari sebelum mekar). pg = primordium ginesium



Gambar 31. Anatomi perkembangan ovarium lerak. A. Penampang bakal buah melalui ovulum lerak untuk menunjukkan pembentukan integumen dalam (32 hari sebelum mekar). B. Penampang membujur ovulum tahap lebih lanjut (7 hari sebelum mekar). n = nuselus; id = integumen dalam



Gambar 32. Penampang melintang ovarium lerak (25 hari sebelum mekar). po = primordium ovulum



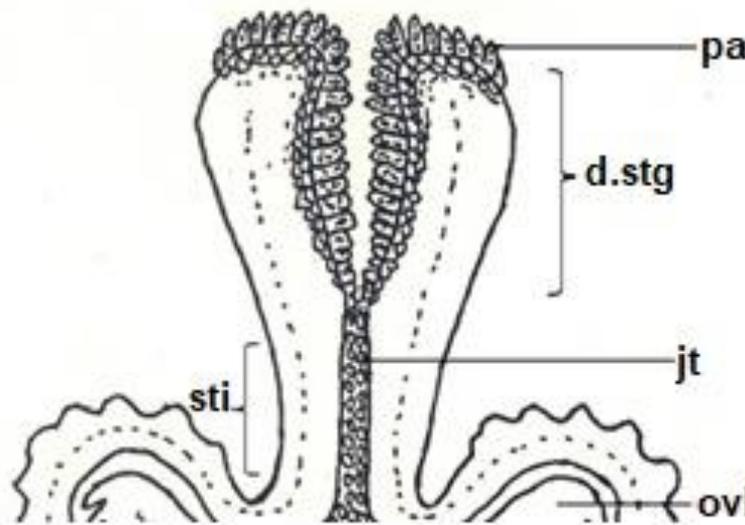
Gambar 33. Anatomi stigma lerak. pa = papila; jt = jaringan transmisi; pp = permukaan papila (SEM)

Ginesium lerak merupakan ginesium sinkarp yang terbentuk dari tiga karpel. Ginesium terdiri dari tiga bagian, yaitu di bagian proksimal ovarium, di bagian tengah stilus, dan di bagian distal stigma. Ruang ovarium terdiri dari tiga rongga, masing-masing pada awalnya terdiri dari dua primordium ovulum (Gambar 31A). Ketiga rongga terpisah oleh sekat yang terbentuk dari penyatuan keenam tepi karpel yang melipat ke arah meristem apikal bunga



selama perkembangan. Pada tahap lanjut setiap ruang ovarium terbentuk satu ovulum (Gambar 31B).

Saat kuncup bunga panjang 2,1 mm (25 hari sebelum mekar) bagian proksimal ginesium telah berdiferensiasi membentuk ovarium. Hal ini ditandai dengan melebarnya karpel di bagian proksimal (Gambar 33) dan terbentuknya primordium ovulum di dalam ruang ovarium (Gambar 32). Stilus bertipe tertutup atau padat yang tersusun atas sel-sel yang rapat (Gambar 34). Bagian tengah stilus terdapat jaringan transmisi yang berhubungan dengan jaringan permukaan stigma dan rongga ovarium. Jaringan transmisi berfungsi sebagai tempat pertumbuhan buluh polen (serbuk sari).



Gambar 34. Bagian perkembangan ginesium saat diferensiasi stilus lerak (7 hari sebelum mekar). pa = papila; d.stg = diferensiasi stigma; sti = stilus; jt = jaringan transmisi stilus; ovl = ovulum

Jaringan transmisi terbentuk dari sel-sel selama pembentukan stilus dan berkembang dari sel-sel tepi karpel yang bersatu. Stigma terdiri dari tiga lobus, yang terbentuk dari pelengkungan ketiga ujung di bagian distal ke arah luar dan permukaannya berpapila. Sel-sel papila berkembang dari pemanjangan ke arah radial sel-sel tepi karpel yang saling berhadapan.

Pada ujung distal stigma, papila lebih panjang dan ke arah daerah pertemuan ketiga lobus stigma, papila lebih pendek.

Ujung karpel tumbuh semakin panjang tetapi ujung-ujungnya tidak saling berlekatan (Gambar 34). Pada saat panjang kuncup 3,3 mm (7 hari sebelum mekar), ketiga karpel di bagian distal ovarium sudah bersatu membentuk stilus. Penyatuan terjadi karena keenam tepi



sisi karpel yang berlipat di bagian distal ovarium. Sel-sel tepi pada daerah penyatuan karpel, selanjutnya berdiferensiasi membentuk jaringan transmisi stilus. Sel-sel tepi karpel di atas daerah penyatuan tersebut tampak semakin memanjang ke arah radial, dan beberapa di antaranya sudah berdiferensiasi membentuk papila, terutama pada bagian ujung distal karpel (Gambar 34). Bersamaan dengan keadaan tersebut, ovarium semakin membesar seiring dengan pertumbuhan ovulum di dalamnya. Pertumbuhan ovarium terjadi karena adanya pembelahan sel di sepanjang dinding ovarium, sehingga ovarium semakin membesar dan dindingnya semakin menebal.

Pada saat panjang kuncup 3,4 mm (6 hari sebelum mekar) pada sisi sebelah luar dinding ovarium telah terbentuk tonjolan kecil yang tersebar di sepanjang dinding ovarium. Tonjolan terbentuk pada daerah epidermis yang mempunyai sel rambut. Pembentukan terjadi akibat pembelahan sel secara periklinal dan antiklinal di sebelah dalam epidermis yang memiliki sel rambut berlangsung lebih cepat daripada daerah lainnya. Tonjolan semakin membesar dan melebar seiring dengan pertumbuhan dinding ovarium. Pada stadium panjang 3,5 mm, stilus tampak semakin panjang dan di bagian distal sudah mulai berdiferensiasi membentuk stigma. Diferensiasi stigma diawali dengan melengkungnya ujung karpel yang saling terpisah di bagian distal stilus ke sisi lateral yang diikuti dengan pemanjangan sel-sel papila yang telah terbentuk sebelumnya (Gambar 34).

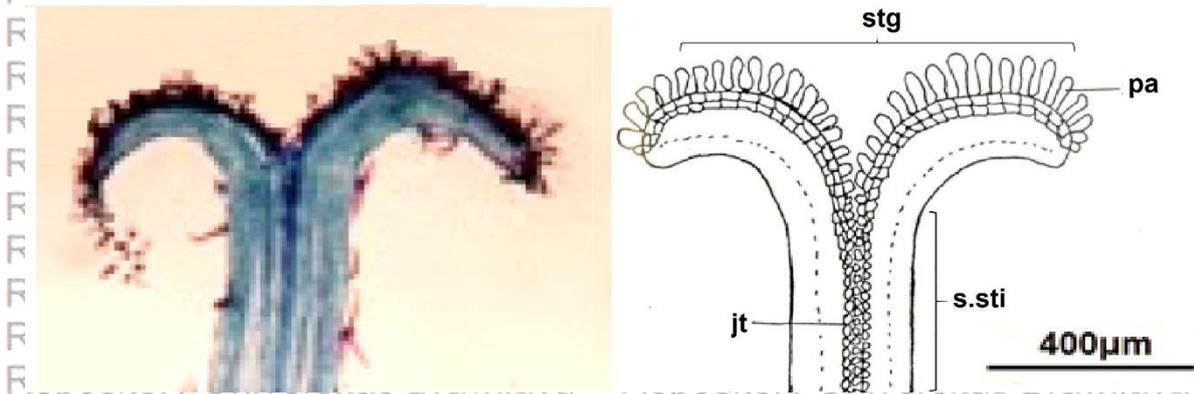
Pada saat bunga mekar, ketiga lobus stigma semakin mendatar dengan ujung-ujungnya melengkung ke bawah (Gambar 35). Pelengkungan tersebut terjadi karena adanya pembelahan dan pemanjangan sel pada jaringan permukaan stigma. Pada stadium bunga mekar, jaringan stigma dapat dibedakan atas 3 bagian, bagian pertama adalah epidermis permukaan berupa sel-sel papila yang telah terbentuk sejak diferensiasi stilus. Pada awalnya (kuncup berukuran 3,3 mm; 7 hari sebelum mekar), ujung-ujung sel papila tampak agak meruncing dan semakin menumpul sampai membulat pada saat bunga mekar. Sel-sel papila memiliki sitoplasma yang pekat dan di sebelah luar diliputi oleh kutikula.

Bagian kedua adalah jaringan yang berada di bawah sel-sel papila. Jaringan terdiri dari lebih kurang tujuh sampai sembilan lapis sel yang berbentuk kubus dengan inti yang besar, dan sel-sel penyusun jaringan tersebut berukuran lebih kecil dari sel-sel yang ada di bawahnya. Jaringan ini terdapat di sepanjang permukaan stigma dan merupakan kelanjutan dari jaringan transmisi stilus.

Bagian ketiga merupakan jaringan parenkima yang sel-selnya mengalami pemanjangan ke arah lateral lobus stigma dan terdapat di bawah jaringan permukaan stigma.



Jaringan parenkima merupakan kelanjutan jaringan pada stilus. Sel-sel penyusun jaringan transmisi stilus mempunyai ukuran lebih kecil dari sel-sel yang terdapat di sekitarnya (Gambar 35). Stigma pada lerak termasuk stigma bertipe kering, karena tidak menghasilkan eksudat pada saat bunga mekar dan tersusun dari sel-sel yang rapat serta permukaannya berpapila.

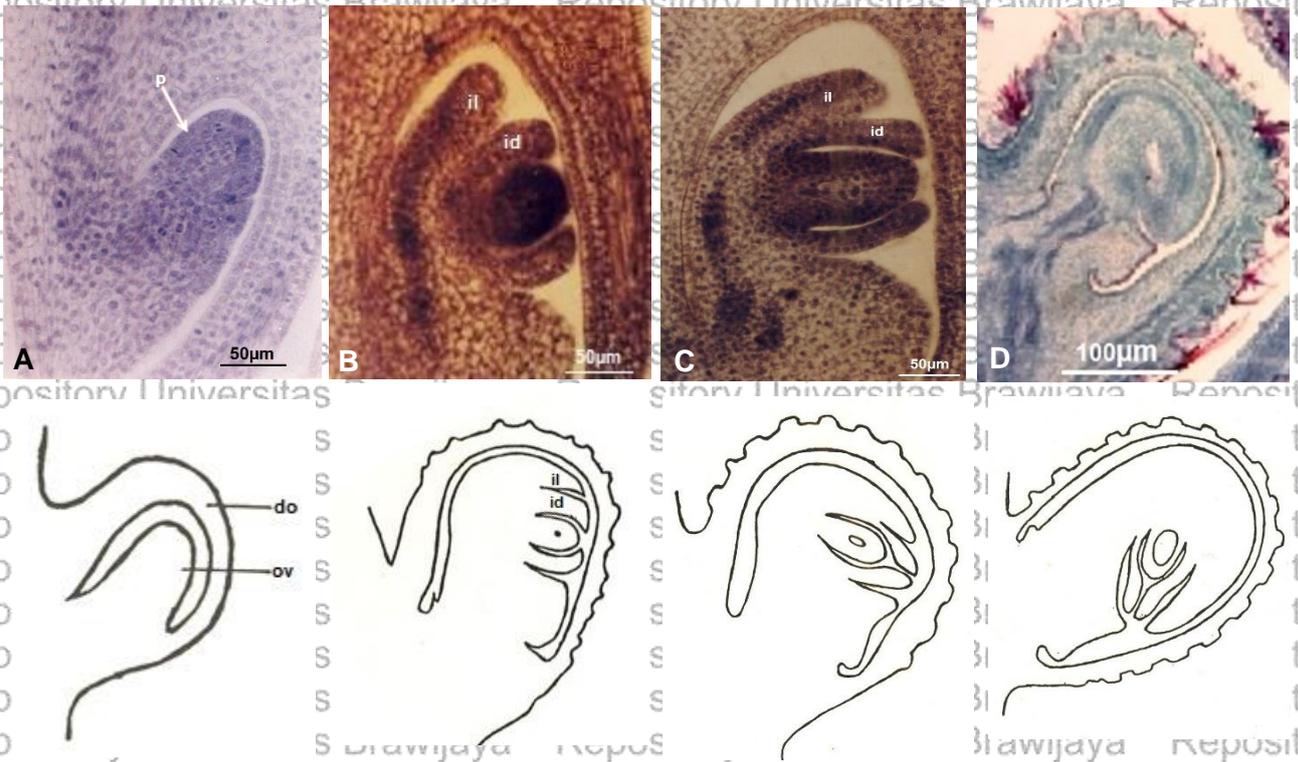


Gambar 35. Bagan penampang memanjang stigma lerak (terlihat 2 lobus) dan sebagian stilus (7 hari sebelum mekar). stg = stigma; pa = papila stigma; s.sti = sebagian stilus; jt = jaringan transmisi stilus.

Sejalan dengan perkembangan ginesium, di dalam ovarium terjadi perkembangan ovulum. Awal pembentukan ovulum terjadi pada saat ujung distal karpel melengkung ke bawah, yaitu pada saat kuncup bunga berukuran panjang 2,1 mm (25 hari sebelum mekar).

Pada awalnya ovulum hanya berupa tonjolan kecil, ujungnya membulat, tersusun dari sel-sel yang seragam dan mengarah ke dalam rongga ovarium (Gambar 36A). Ovulum tampak semakin memanjang pada saat panjang kuncup bunga 2,3 mm (20 hari sebelum mekar). Pada saat panjang kuncup bunga 2,5 mm (15 hari sebelum mekar), ovulum sudah terbentuk integumen dalam dan pada bagian ventral funikulus tampak melebar. Integumen dalam terbentuk terlebih dahulu, setelah itu baru integumen luar. Ovulum memiliki dua integumen (bitemmik). Pada stadium ini, integumen dalam tampak sudah menyelubungi jaringan nuselus, tapi ujung-ujungnya masih terpisah. Integumen luar sudah tumbuh menyelubungi setengah integumen dalam. Selain itu tonjolan pada daerah ventral funikulus tampak semakin tinggi, dan ovulum telah melengkung ke arah samping. Pada stadium ini, integumen dalam tampak sudah menyelubungi jaringan nuselus, tapi ujung-ujungnya masih terpisah.

Integumen luar sudah tumbuh menyelubungi setengah integumen dalam. Selain itu tonjolan pada daerah ventral funikulus tampak semakin tinggi, dan ovulum telah melengkung ke arah samping (Gambar 36B).



Gambar 36. Penampang membujur perkembangan ovulum lerak. A. Inisiasi ovulum pada awal perkembangan; B. Ovulum pada panjang kuncup bunga 2,5 mm (15 hari sebelum mekar); C. Ovulum pada panjang kuncup bunga 2,7 mm (12 hari sebelum mekar); D. Ovulum pada panjang kuncup bunga 3,1 mm (7 hari sebelum mekar). do = dinding ovarium; ov = ovulum; p = protoderm

Pada stadium 12 hari sebelum mekar (panjang 2,7 mm), jaringan nuselus pada salah satu ovulum telah terbentuk sel induk megaspora, yang selanjutnya akan berkembang membentuk kantung embrio. Jaringan nuselus pada ovulum lainnya, sel-selnya tampak membesar dan memanjang, tetapi tidak membentuk sel induk megaspora. Jaringan nuselus tetap bertahan sampai bunga mekar.

Pada kuncup bunga berukuran panjang 2,7 mm (12 hari sebelum mekar) ovulum tampak semakin melengkung dan integumen dalam hampir menyelubungi seluruh jaringan nuselus. Selanjutnya kedua integumen tumbuh semakin panjang, sampai menyelubungi jaringan nuselus, dan ujung integumen dalam sudah membentuk mikropil, sedangkan integumen luar menyelubungi integumen dalam (Gambar 36C). Hal ini teramati pada kuncup berukuran 3,1 mm (7 hari sebelum mekar). Keadaan ini menunjukkan bahwa sampai stadium tujuh hari sebelum mekar, pertumbuhan integumen dalam berlangsung lebih cepat daripada integumen luar. Pada tahap perkembangan selanjutnya, integumen luar tumbuh



lebih cepat dari integumen dalam, sehingga pada saat bunga lerak mekar, kedua ujung integumen berada pada posisi yang sama (Gambar 36D). Selama perkembangan, ovulum mengalami pelengkungan, mula-mula ovulum berada bersinambungan dengan garis yang melalui funikulus. Selanjutnya ovulum melengkung ke arah samping membentuk sudut tegak lurus terhadap funikulus (Gambar 36B). Pada tahap selanjutnya ovulum semakin melengkung ke arah funikulus, sehingga mengakibatkan ovulum bersifat anatrop pada saat bunga mekar (Gambar 36D). Pelengkungan terjadi karena pembelahan sel secara antiklinal di daerah kalaza dan sel-sel marginal dari integumen luar selama perkembangannya.

Pada lerak ovulum berkembang dari meristem apeks bunga yang tumbuh ke dalam rongga ovarium. Ovulum lerak bersifat anatrop dan bitegmik. Ovulum lerak memiliki tipe yang sama dengan kelengkeng dan leci (Muhibuddin, 1992; Saucó & Menini, 1989; Nacifa dkk., 2001), tetapi berbeda dengan rambutan yang bertipe anakampilotrop bitegmik (Lim, 1984). Ovulum ada yang bertipe sirsinatropus seperti pada suku Cactaceae, awalnya ovulum bertipe ortotropus, tetapi seiring dengan perkembangan ovulum funikulus bertambah panjang, tumbuh melengkung di bagian ujung dan funikulus tersebut menyelubungi ovulum.

Perkembangan ovulum yang berada di dalam ovarium superus juga terdapat pada *Handeliiodendron* (Sapindaceae) (Cao dkk., 2008). Ovarium trilokulus dengan plasenta aksilar, masing-masing lokulus mempunyai dua ovulum. Satu ovulum ascenden (naik) dan ovulum lainnya descenden (turun). Ovulum bitegmik, kampilotropus dan tanpa hipostase.

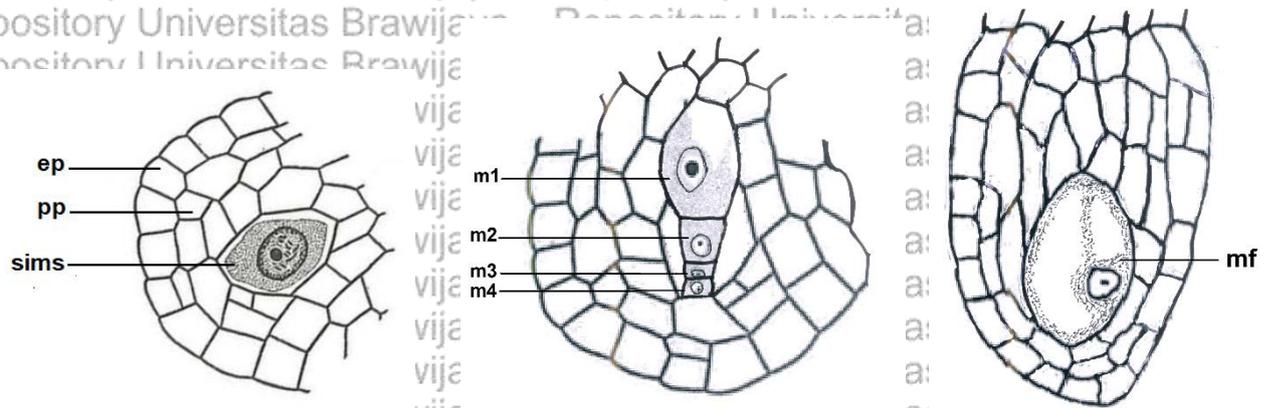
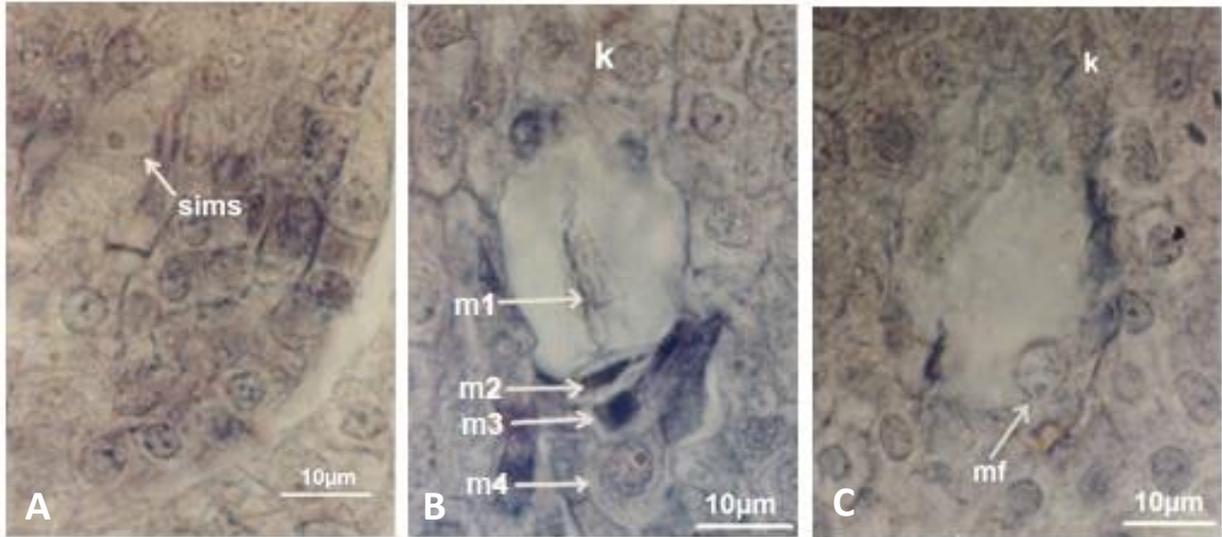
Pembentukan ovulum pada *Dodonaea viscosa* anggota Sapindaceae, pada tahap awal terjadi tonjolan tegak primordium ovulum (Karkare-Kushalani & Mulay, 1964), tetapi akan melengkung ke bawah pada tahap megasporosit dan tahap kantung embrio binukleat. Integumen dalam berkembang ketika arkesporium hipodermal dapat dibedakan dalam nuselus muda, setelah itu berkembang integumen luar. Mikropil dibentuk oleh integumen dalam. Pada tahap kantung embrio dewasa integumen terdiri dari beberapa lapisan, integumen dalam berkisar antara lima sampai enam lapisan, sedangkan integumen luar terdiri dari delapan sampai sepuluh lapisan.

4.2.5 Megasporogenesis dan megametogenesis

Pada kuncup bunga lerak berukuran panjang 2,5 mm (15 hari sebelum mekar), sel-sel arkesporium di sebelah dalam epidermis nuselus telah terdiferensiasi menjadi sel parietal dan sel sporogen. Sel sporogen tampak lebih besar daripada sel-sel lainnya yang merupakan bakal sel induk megaspora. Selanjutnya sel sporogen tersebut semakin membesar sampai



terbentuk satu sel induk megaspora (megasporosit), yaitu pada saat kuncup berukuran panjang 2,7 mm (12 hari sebelum mekar) (Gambar 37A),



Gambar 37. Penampang membujur ovulum lerak pada tahap megasporogenesis. A. sel induk megaspora pada kuncup bunga 2,7 mm (12 hari sebelum mekar); B. tahap tetrad megaspora pada panjang kuncup bunga 2,8 mm (9 hari sebelum mekar); C. sel megaspora fungsional. sims = sel induk megaspora (megasporosit); k = kutub kalaza; m1, m2, m3, m4 = sel megaspora; mf = megaspora fungsional

Pada lerak dan anggota Sapindaceae lainnya sel arkesporium (sel hipodermal) membelah secara transversal menghasilkan dua lapisan sel, sel bagian luar atau sel parietal primer dan sel bagian dalam atau sel sporogen (Gambar 37A). Sel parietal membelah secara periklinal dan antiklinal sehingga sel sporogen menjadi terbungkus di dalam jaringan nuselus. Berdasarkan asal sel induk megaspora maka nuselus pada lerak termasuk tipe



krasinuselat bitegmik. Tipe nuselus krasinuselat bitegmik umum terdapat tumbuhan yang termasuk Sapindaceae seperti pada kelengkeng dan leci (Muhibbuddin, 1992; Tobe & Raven, 1995; Nacifa, 2001).

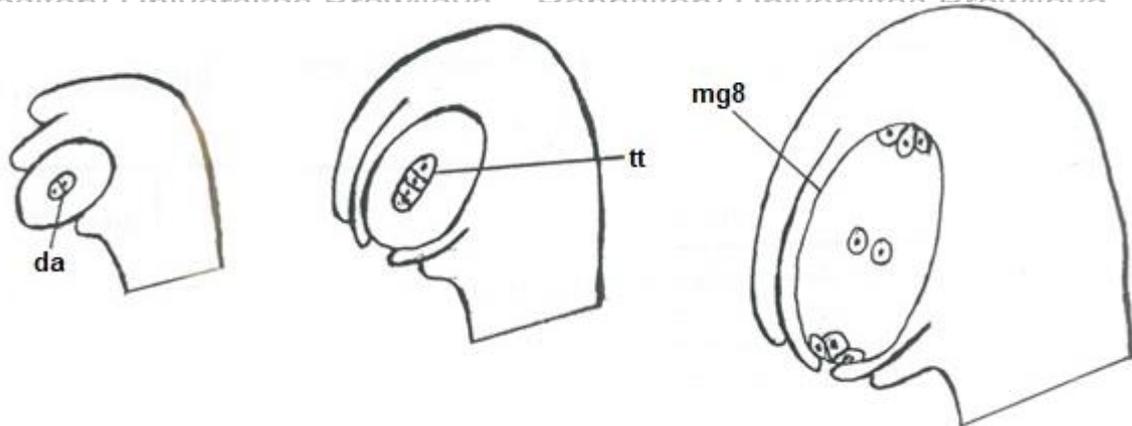
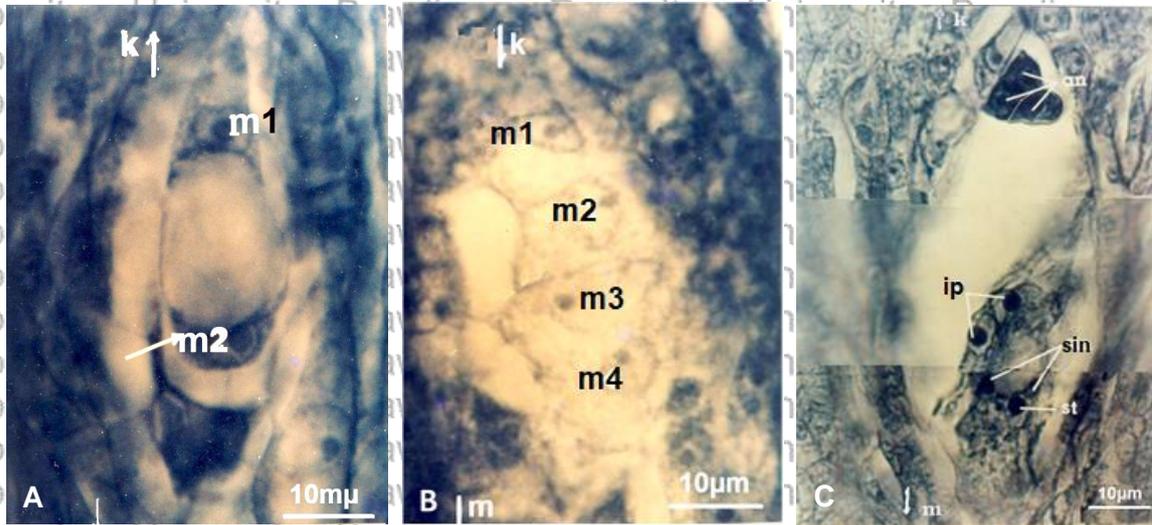
Megasporogenesis diawali dengan terjadinya pembelahan meiosis megasporosit. Megasporosit membelah dengan sumbu bidang pembelahan tegak lurus terhadap sumbu panjang nuselus, sehingga menghasilkan dua inti megaspora atau diad. Pada pembelahan berikutnya, masing-masing inti sel megaspora membelah dengan cara yang sama sehingga terbentuk empat inti sel megaspora (tetrad) yang tersusun liniir (Gambar 37B). Megasporogenesis diakhiri dengan terjadinya degenerasi tiga sel megaspora dekat kutub mikropil, sedangkan satu sel megaspora di bagian terdalam tetap bertahan dan berkembang menjadi sel megaspora fungsional (Gambar 37C).

Megagametogenesis diawali dengan pembesaran sel megaspora fungsional (Gambar 37C). Inti megaspora fungsional membelah secara berturut-turut sebanyak tiga kali dan tidak diikuti langsung dengan pembentukan dinding sel. Pada pembelahan pertama, terbentuk megagametofit dua inti (Gambar 38A). Salah satu inti megagametofit bergerak ke kutub kalaza dan yang satu lagi ke kutub mikropil. Masing-masing inti mengalami pembelahan yang kedua sehingga dihasilkan megagametofit berinti empat (Gambar 38B). Keempat inti masing-masing mengalami pembelahan yang ketiga, sehingga terbentuk megagametofit delapan inti. Empat inti berada di kutub kalaza dan empat lainnya berada di kutub mikropil. Inti dalam megagametofit delapan inti selanjutnya mengalami penyusunan kembali. Satu inti dari masing-masing kutub bergerak ke tengah kantung embrio, membentuk dua inti polar atau inti sel sentral. Tiga inti yang berada di kalaza berlaku sebagai antipoda dan tiga inti yang berada di kutub mikropil sebagai aparat telur. Dua di antara aparat telur merupakan sinergid dan satu inti membentuk sel telur (Gambar 38C). Setelah terjadi organisasi kembali, megagametofit telah siap untuk dibuahi. Megagametofit matang terbentuk pada saat satu hari setelah bunga mekar. Dalam proses megagametogenesis hanya satu megaspora yang terdalam dari kutub mikropil yang berkembang menjadi gametofit betina. Dengan demikian perkembangan megagametofit dalam pembentukan kantung embrio pada lerak bersifat monosporik dan bertipe Polygonum.

Perkembangan megagametofit meliputi megasporogenesis dan megametogenesis (Bhojwani & Bhatnagar, 1979; William & van Went, 1984). Dalam pembentukan megagametofit bertipe monosporik, inti megaspora yang berperan adalah satu. Inti megaspora pada pembentukan kantung embrio tipe Polygonum, selanjutnya membelah tiga kali berturut-turut menghasilkan delapan inti. Kedelapan inti terbagi dalam dua kelompok, yaitu masing-



masing empat inti pada bagian kutub kalaza dan mikropil. Pembentukan kantung embrio mono-sporik *Polygonum* ditemukan juga pada anggota Sapindaceae lain yaitu rambut, kelengkeng dan leci (Lim, 1984; Muhibbuddin, 1992; Tobe & Raven, 1995; Nacifa, 2001).



Gambar 38. Penampang membujur ovulum lerak tahap megagametogenesis. A. tahap megagametofit 2 inti pada kuncup bunga 3,5 mm (5 hari sebelum mekar); B. tahap megagametofit 4 inti (tt); C. tahap megagametofit 8 inti (mg8), an = antipoda; ip = inti polar; k = kutub kalaza; m = kutub mikropil; m1, m2, m3, m4 = inti megagametofit; sin = sinergid; st = sel telur (ovum)

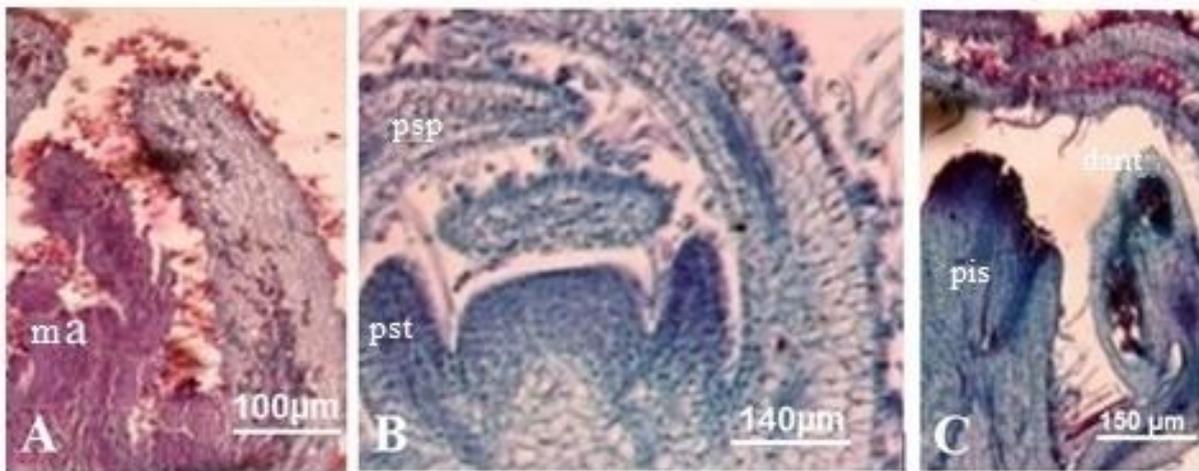
Selama megagametofit mengalami pembelahan inti dan perubahan organisasi, megagametofit juga mengalami pembesaran. Pembesaran terjadi karena adanya penghancuran sel-sel nuselus, sehingga pada saat megagametofit telah masak, sel-sel nuselus di sisi lateral megagametofit terdiri dari satu sampai dua lapis sel tebalnya. Sel-sel nuselus di dekat mikropil tidak ikut hancur, tetapi tetap tinggal sebagai tempat menempelnya sinergid dan sel



telur. Proses megasporogenesis yang diikuti dengan megagametogenesis umumnya dijumpai pada salah satu ovulum.

4.2.6 Morfoanatomi perkembangan andresium

Pengamatan andresium dilakukan pada bunga jantan. Pada kuncup bunga berukuran lebih kurang 0,8 mm (32 hari sebelum mekar) tampak sudah terlihat tonjolan primordium andresium dan primordium ginesium (Gambar 39A). Pada perkembangan selanjutnya seiring dengan pertumbuhan kuncup bunga, primordium andresium (Gambar 39A) terus tumbuh dan berkembang membentuk stamen, sedangkan primordium ginesium tidak berkembang lebih lanjut. Pada bunga hermafrodit, primordium ginesium terus berkembang membentuk pistil (Gambar 39C). Andresium lerak terdiri dari delapan stamen, masing-masing stamen meliputi filamen dan antera. Antera terdiri dari dua teka (Gambar 39C).

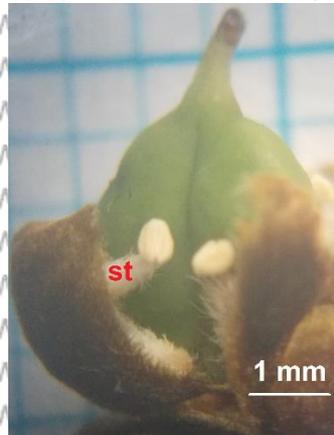


Gambar 39. Penampang membujur perkembangan bunga lerak (32 hari sebelum mekar), A. tunas bunga lerak; B. kuncup bunga lerak; C. kuncup bunga lerak pada saat diferensiasi. ma = meristem tunas apikal; pst = primordium stamen; psp = primordium sepal; pis = pistil; dant = dinding antera

Andresium pada bunga hermafrodit pertumbuhannya terhenti, sejak kuncup bunga berukuran panjang 2,9 mm (delapan hari sebelum mekar), sampai stadium mekar. Stamen bunga hermafrodit lebih pendek dari ginesiumnya (Gambar 40). Pada tahap perkembangan awal (hari kedua sampai hari keenam) pertumbuhan bunga berlangsung lebih cepat dan semakin menurun pada hari-hari berikutnya, sehingga terhenti pada saat mekar. Pada saat mekar, filamen bunga jantan lerak berukuran panjang rata-rata 3,71 mm dan ginesium bunga



hermafrodit 3,60 mm, sedangkan panjang bunga jantan 3,88 mm dan bunga hermafrodit 3,84 mm.



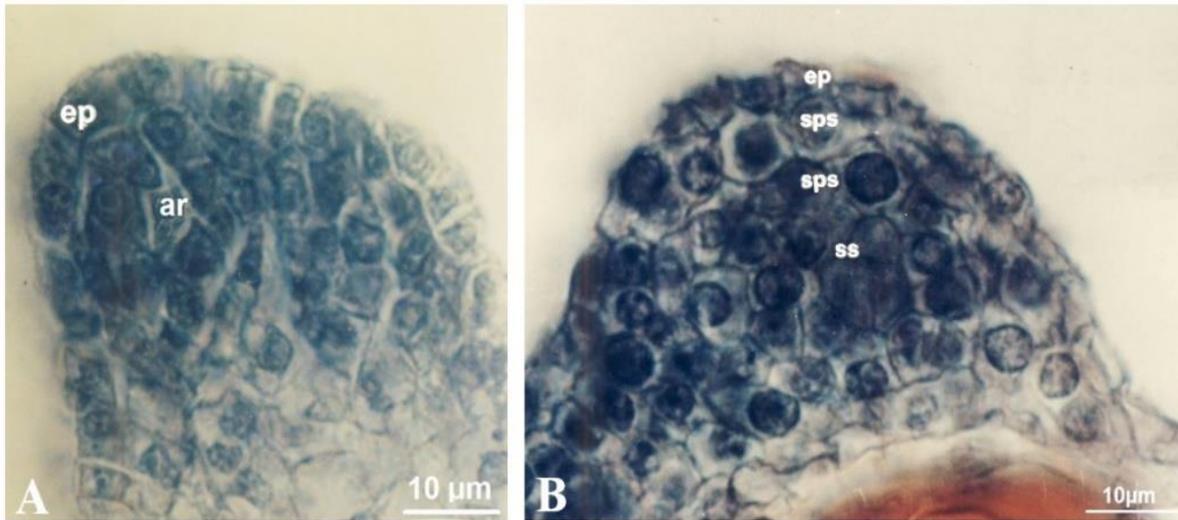
Gambar 40. Stamen bunga lerak hermafrodit. st = stamen

Andresium bunga lerak mulai dibentuk pada saat bunga kuncup dan berukuran lebih kurang 0,8 mm (32 hari sebelum mekar). Pembentukan diawali dengan terlihatnya sekelompok sel meristematis homogen dikelilingi selapisi sel protoderm. Perkembangan lebih lanjut sel-sel di sebelah dalam protoderm akan berdiferensiasi membentuk sel-sel arkesporium. Sel-sel protoderm berdiferensiasi membentuk epidermis (Gambar 41A) dan selanjutnya membelah secara antiklinal untuk menambah luas sel mengikuti perkembangan sel di sebelah dalamnya. Sel-sel arkesporium selanjutnya membelah secara periklinal, hasil pembelahan ke arah luar membentuk sel parietal primer dan ke arah dalam membentuk sel sporogen primer. Sel-sel parietal primer kemudian membelah secara periklinal dan antiklinal membentuk dua lapisan sel-sel parietal sekunder (Gambar 41B). Sel-sel parietal sekunder sebelah luar melalui pembelahan periklinal dan antiklinal menghasilkan endotesium dan dua lapisan tengah. Lapisan sel parietal sekunder sebelah dalam berkembang menjadi tapetum.

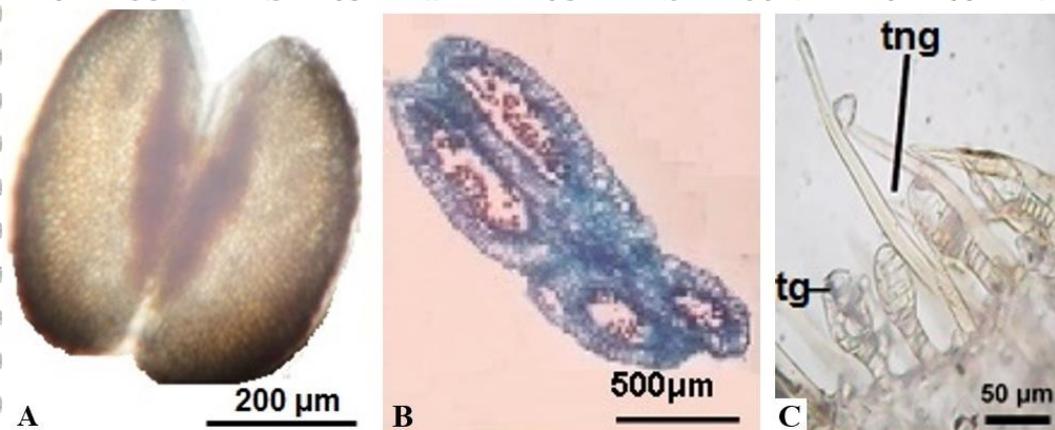
Pada saat kuncup bunga lerak panjang 2,7 mm (12 hari sebelum mekar), dinding antera telah tersusun oleh lapisan epidermis, endotesium, dua lapisan tengah, dan tapetum. Lapisan dinding antera lerak bertahan sampai bunga menjelang mekar (Gambar 42A,B; 44). Pada penampang melintang kuncup berukuran 3,6 mm (3 hari sebelum mekar) antera bunga jantan dan bunga hermafrodit terdiri dari dua teka (Gambar 43). Masing-masing teka terdiri dari dua lokulus sehingga keseluruhan satu antera mempunyai empat lokulus (kantung sari).

Berdasarkan duduknya antera lerak pada filamen termasuk antera innatus (tegak). Permukaan dinding antera menunjukkan trikoma glandular dan non glandular (Gambar

42C). Berdasarkan perilaku lapisan parietal sekunder, menurut Bhandari (1984) perkembangan dinding antera termasuk tipe dikotil (“*dicotyledons type*”).



Gambar 41. Penampang melintang pembentukan awal dinding antera lerak. A. tahap awal pembentukan antera; B. tahap sel parietal sekunder. ep = epidermis; ar = arkeporium; sps = sel parietal sekunder; ss = sel sporogen sekunder

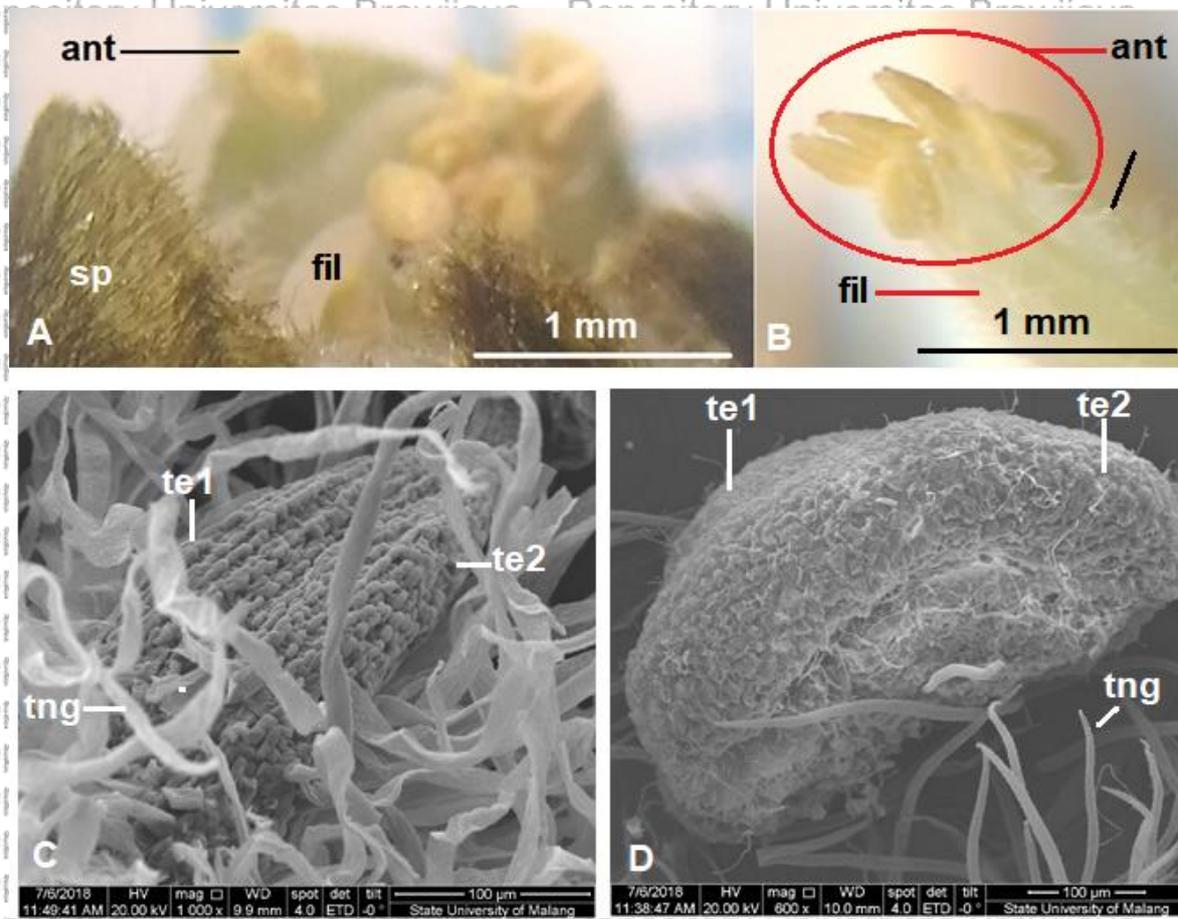


Gambar 42. Penampang melintang antera masak lerak. A. menunjukkan 2 teka; B. menunjukkan 4 lokulus; C. Permukaan dinding antera menunjukkan trikoma glandular (tg) dan non glandular (tng)

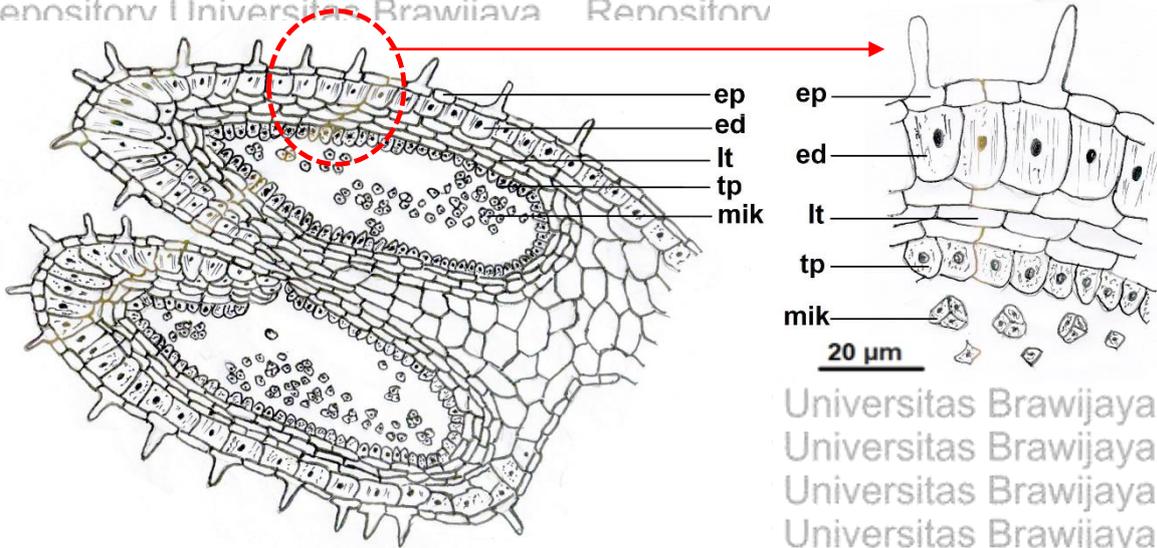
Dengan semakin bertambahnya umur bunga maka sel epidermis semakin pipih, sel endotesium mengalami penebalan pada dinding tangensial dan radial. Sel lapisan tengah juga memipih, sedangkan sel tapetum bentuknya tidak beraturan. Tapetum dibedakan dari sel lainnya karena tampak adanya sel-sel yang sitoplasmanya padat dan adanya nukleus (Gambar 44). Tapetum berfungsi untuk memberikan nutrisi bagi pertumbuhan mikrospora.



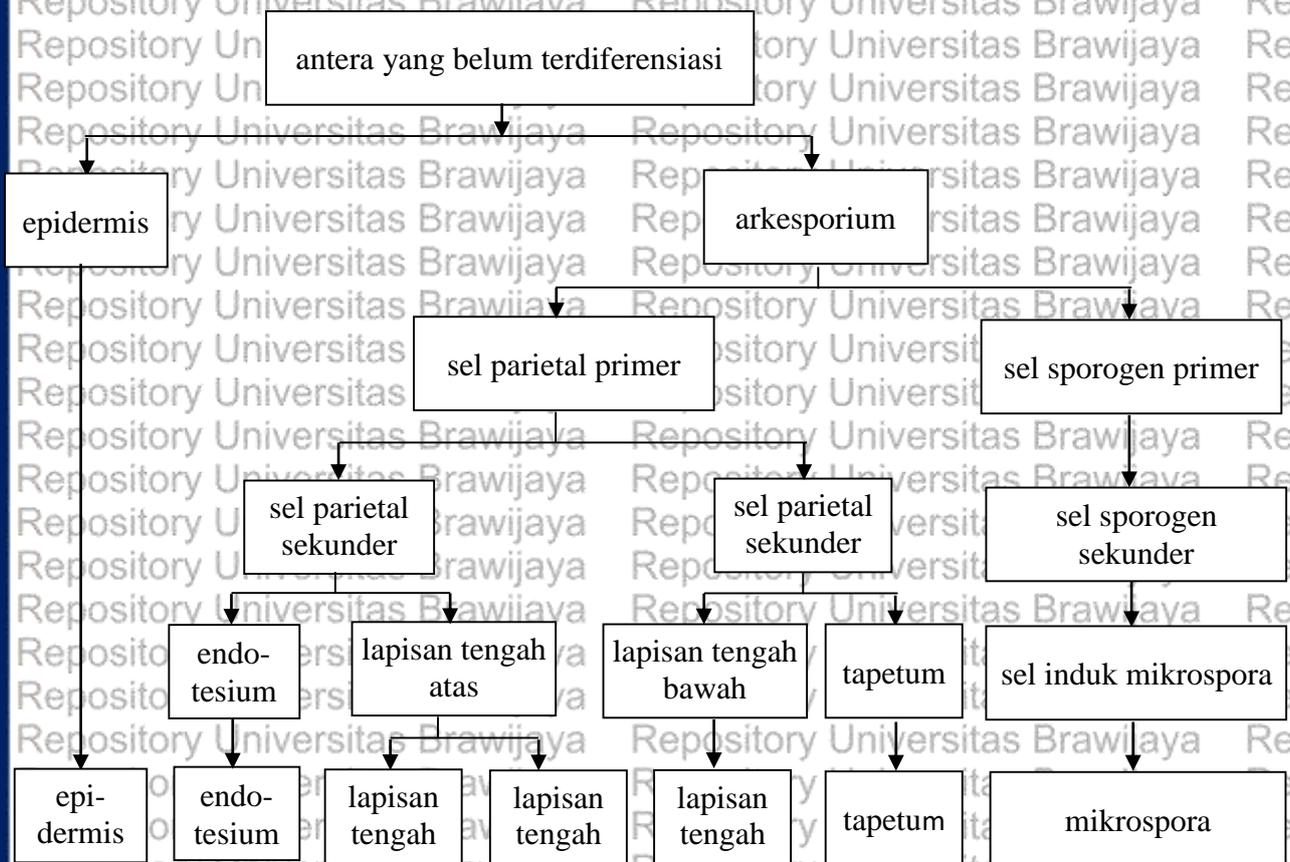
Tapetum mencapai perkembangan maksimum pada saat terbentuknya tetrad. Pada lerak tampak bahwa tipe tapetumnya adalah tapetum sekretori. Hal ini berdasarkan pengamatan bahwa dinding sel-sel tapetum tidak mengalami lisis dan masih kelihatan saat perkembangan mikrospora. Tapetum sekretori mengeluarkan substansinya ke dalam kantung polen melalui sekresi dari permukaan sebelah dalam sel-sel tapetum sampai keseluruhannya terhenti pada saat masaknyanya polen. Lapisan dinding antera dan mikrospora berasal dari jaringan arkesporium (Bhojwani & Bhatnagar, 1981; Bhojwani dkk., 2014). Proses perkembangan antera dari jaringan antera yang belum terdiferensiasi sampai terbentuknya jaringan penyusun dinding antera ditunjukkan pada Gambar 45.



Gambar 43. Antera bunga lerak. A. Antera pada ujung bunga lerak tampak 5 buah. B. Antera stamen bunga lerak tampak 5 buah. C. Antera muda bunga lerak yang menunjukkan 2 teka (penampang SEM); D. Antera masak menjelang pecah yang menunjukkan dua teka (penampang SEM). ant = antera; fil = filamen; sp = sepal; te1 = teka 1; te2 = teka 2; tng = trikoma non-glandular (tg)



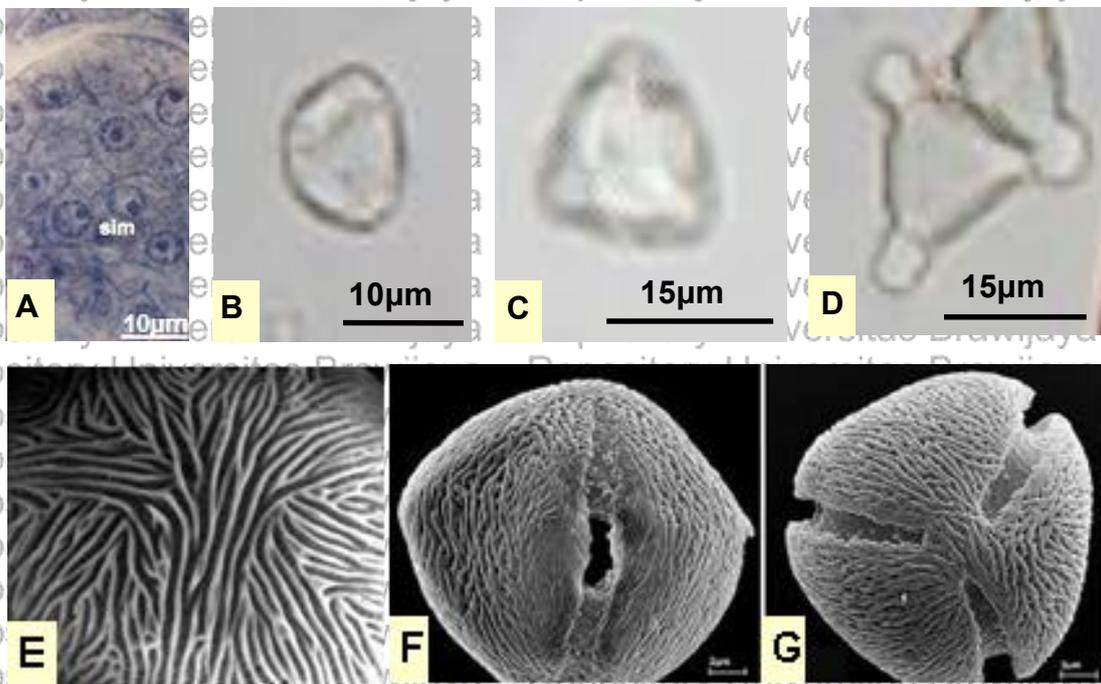
Gambar 44. Lokulus lerak (tampak dua). ep = epidermis; ed = endotesium; lt = lapisan tengah; tp = tapetum; mik = mikrospora



Gambar 45. Skema perkembangan antera (Bhojwani dkk., 2014)



Pada lerak, polen dihasilkan baik pada bunga jantan dan bunga hermafrodit. Pada kuncup bunga berukuran 2,8 mm (9 hari sebelum mekar) jaringan sporogen pada antera telah berkembang membentuk sel induk mikrospora (mikrosporosit) (Gambar 46A). Mikrosporosit mengalami meiosis, pembelahan inti sel tidak diikuti dengan pembentukan dinding. Sel berinti dua yang haploid melanjutkan pembelahan meiosis sehingga dihasilkan sel berinti empat. Selanjutnya terjadi pembentukan dinding secara sentripetal, tumbuh mengarah ke dalam dan bertemu di pusat sel dan membaginya menjadi empat bagian. Tipe pembentukan dinding sel yang demikian ini disebut dengan simultan.



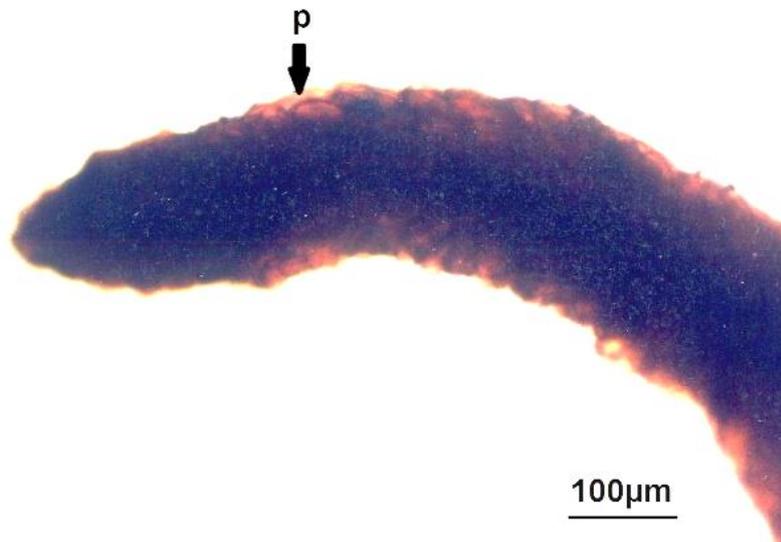
Gambar 46. Mikrosporogenesis lerak. A. mikrosporosit; B. mikrospora; C. tetrad mikrospora; D. polen; E, F, G. Polen (SEM)

Pada saat kuncup berukuran 2,9 mm (8 hari sebelum mekar), telah terbentuk mikrospora pada tahap tetrad yang berbentuk tetrahedral (Gambar 46C), dan pada kuncup bunga berukuran 3,6 mm (tiga hari sebelum mekar) polen sudah terbentuk dan tersebar dalam teka (Gambar 46D). Inti mikrospora membelah membentuk inti vegetatif dan inti generatif, perkembangan ini disebut dengan polen. Polen yang terbentuk pada bunga jantan dan bunga hermafrodit mempunyai bentuk yang sama. Bentuk polen lerak yaitu sferoid pada pandangan ekuatorial dan triangular pada pandangan polar serta memiliki tiga pori germinasi (trikolporat).

Antera bunga jantan dan bunga hermafrodit lerak terdiri dari empat lokulus (kantong sari). Pada saat mekar, dua lokulus yang berhadapan pada bunga jantan sudah bersatu. Penyatuan terjadi karena degradasi sel-sel yang menghubungkan kedua lokulus dan antera telah pecah. Pecahnya antera terjadi secara longitudinal pada stomium yang terdapat di sepanjang dinding lateral antera. Antera pada bunga hermafrodit terdiri dari empat lokulus, tetap bertahan hingga hari keenam setelah bunga mekar, dan antera berada dalam keadaan tidak memecah.

4.2.7 Reseptivitas stigma dan viabilitas polen

Permukaan stigma telah menunjukkan ciri-ciri reseptif pada saat kuncup bunga lerak berukuran panjang 3,8 mm (satu hari sebelum mekar). Keadaan ini diketahui dengan adanya aktivitas enzim esterase pada permukaan stigma yang ditunjukkan dengan perubahan warna papila menjadi kuning kemerahan (Gambar 47). Lokalisasi enzim esterase mula-mula terdapat pada bagian tepi, selanjutnya meluas ke permukaan atas stigma. Pada saat bunga lerak mekar, seluruh permukaan stigma telah menunjukkan adanya enzim esterase (Gambar 47).



Gambar 47. Reseptivitas stigma lerak (satu hari sebelum mekar). p = papila

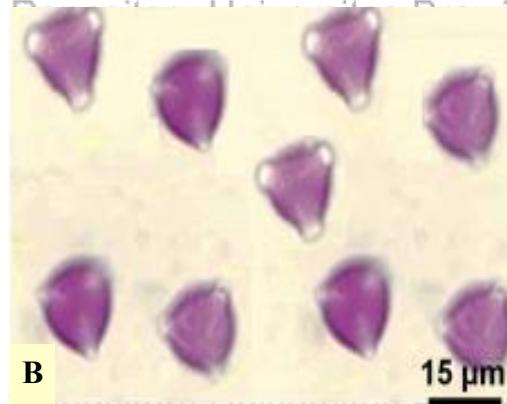
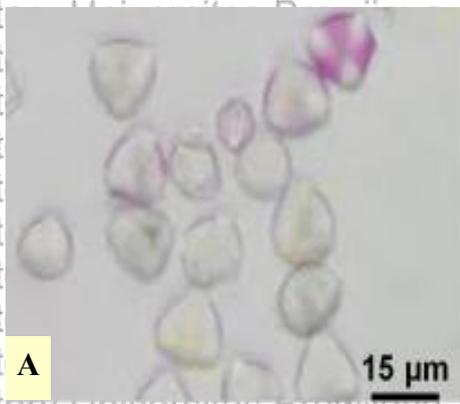
Hasil pengujian viabilitas polen menunjukkan bahwa polen yang dihasilkan pada bunga hermafrodit tidak viabel hingga hari keenam setelah bunga mekar. Sedangkan polen bunga jantan telah memiliki viabilitas sejak kuncup bunga berukuran 3,8 mm (satu



hari sebelum bunga mekar). Persentase tertinggi pada saat bunga mekar (93,18.%) (Tabel 3). Polen viabel tampak berwarna merah karena penyerapan zat warna ketika diberi pewarna acetocarmin, sedangkan polen yang tidak viabel tampak tidak berwarna (Gambar 48).

Tabel 3. Persentase polen yang viabel

Umur bunga	Persentase polen viabel (%)	
	Bunga hermafrodit	Bunga jantan
enam hari sebelum mekar	2,12 ± 0,50	22,86 ± 0,66
saat mekar	7,20 ± 0,54	93,18 ± 0,76



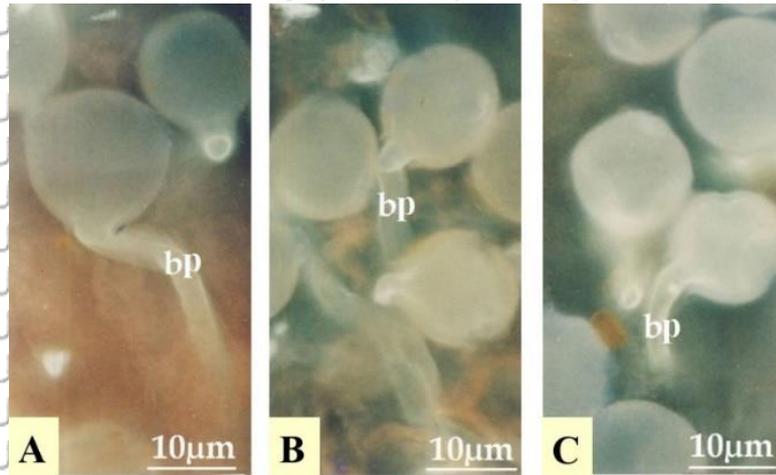
Gambar 48. Viabilitas polen bunga jantan lerak. A. sebelum mekar; B. saat mekar

4.2.8 Polinasi, pertumbuhan buluh polen dan fertilisasi

Setelah terjadi polinasi, serbuk polen menempel pada permukaan papila stigma. Satu hari setelah bunga mekar, polen berkecambah membentuk buluh polen (Gambar 49).

Keberhasilan polinasi ditandai dengan berkecambahnya polen yang menempel di stigma membentuk buluh polen. Buluh polen keluar dari salah satu pori germinasi, tumbuh pada permukaan papila kemudian masuk ke dalam jaringan permukaan stigma. Pada pengamatan ini belum dilakukan perhitungan banyaknya polen yang tumbuh di stigma, oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan keberhasilan polinasi pada stigma.

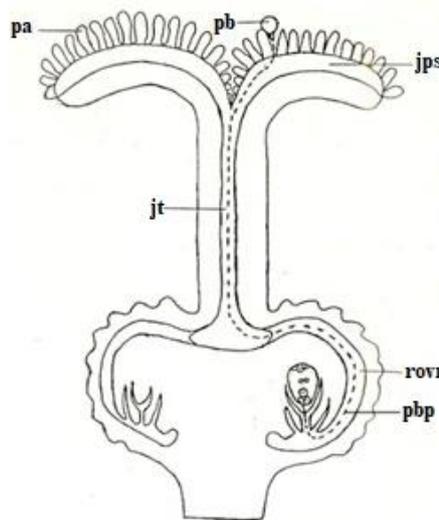
Buluh polen yang berada pada permukaan jaringan stigma melalui ruang antar sel buluh polen tumbuh menuju stilus. Buluh polen tumbuh melalui ruang antar sel jaringan transmisi stilus, sampai menempel ke ruang ovarium. Buluh polen mencapai ruang ovarium pada hari keempat setelah bunga mekar. Salah satu ruang ovarium saja yang dimasuki buluh polen. Setelah itu buluh polen masuk ke dalam ovulum melalui mikropil, lalu masuk ke dalam megagametofit.



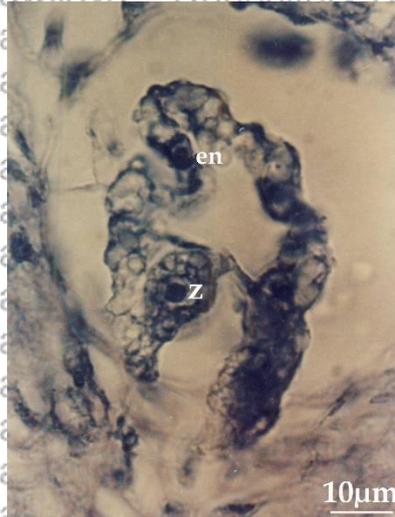
Gambar 49. Perkecambahan buluh polen lerak di stigma dengan pewarnaan biru anilin. A. 2 jam setelah polinasi; B. 8 jam setelah polinasi; C. 40 jam setelah polinasi. bs = buluh polen

Buluh polen setelah sampai megagametofit, selanjutnya melepaskan kedua sel sperma yang akan membuahi ovum dan inti polar. Rekonstruksi perjalanan buluh polen dari stigma sampai megagametofit ditunjukkan pada Gambar 50. Pembuahan terjadi pada hari kelima setelah bunga mekar. Keadaan ini ditandai dengan adanya inti sel sperma yang bergabung dengan inti sel ovum. Setelah hari kelima bunga mekar sel ovum yang telah dibuahi telah berkembang menjadi zigot dan sel polar menjadi inti endosperma (Gambar 51).

Perkembangan endosperma dijelaskan pada saat terjadinya pembentukan biji.



Gambar 50. Pertumbuhan buluh polen pada pistil lerak. jps = jaringan permukaan stigma; pb = polen yang berkecambah pada papila stigma; pa = papila stigma; jt = jaringan transmisi stilus; rovrr = rongga ovarium; pbp = garis-garis putus menunjukkan perjalanan buluh polen



Gambar 51. Penampang memanjang sebagian ovulum lerak setelah pembuahan (2 hari setelah polinasi): z = zigot; en = endosperma

4.3 Morfologi Perkembangan Buah Lerak

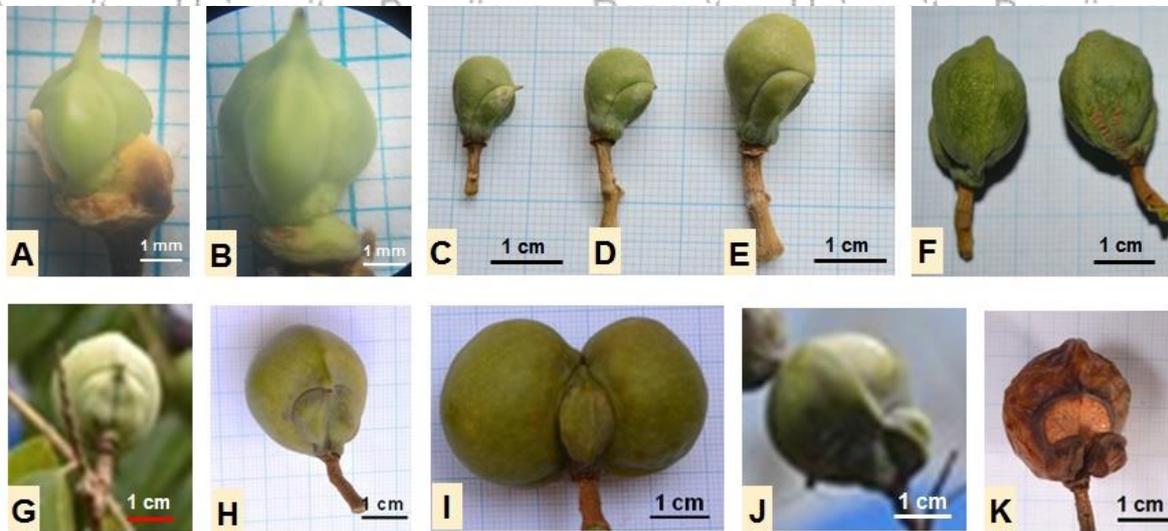
4.3.1 Pembentukan buah dan biji

Awal terbentuknya buah ditandai dengan layu dan gugurnya perhiasan bunga serta stamen bunga hermafrodit, bagian ginesiumnya tetap bertahan. Salah satu bagian ovarium tumbuh membesar dan berkembang menjadi buah. Bunga hermafrodit yang gagal membentuk buah ditandai dengan layu dan gugurnya bunga pada hari ketujuh setelah mekar. Persentase kuncup bunga yang berkembang menjadi buah pada setiap perbungaan dari tiga puluh perbungaan yang diamati adalah 38,78%.

Perkembangan buah diikuti sejak hari ketiga bunga mekar sampai buah mencapai stadium matang (Gambar 52). Setelah hari kesembilan bunga mekar, perhiasan bunga dan stamen layu dan gugur. Bagian ginesium tetap bertahan, selanjutnya akan berkembang menjadi buah. Umumnya satu bagian ovarium saja yang berkembang membentuk buah. Sembilan hari setelah bunga mekar, salah satu lobus ovarium telah membesar sehingga posisinya lebih tinggi dari lobus ovarium yang tidak berkembang. Pada tahap tersebut, panjang ovarium berkembang 5 mm. Selanjutnya ovarium tumbuh semakin membesar sampai buah masak (Gambar 52). Pertumbuhan buah sejak berukuran 5 mm sampai buah masak (siap panen) berlangsung selama 20 minggu. Pada saat masak, ukuran buah mencapai panjang rata-rata 31,75 mm. Pada tahap perkembangan awal (5 mm), buah berwarna hijau dan pertumbuhannya berlangsung cepat hingga minggu ke-10. Pada minggu ke-10 (panjang 23,65 mm) laju pertumbuhannya mulai menurun. Pada saat menjelang masak yaitu minggu



ke-17 (panjang 31,75 mm) warna buah mulai menguning dan selanjutnya warna buah berubah menjadi coklat.



Gambar 52. Perkembangan buah lerak. A. umur 3 hari; B. umur 9 hari; C, D, E. umur 4 minggu; F. umur 6 minggu; G. umur 11 minggu; H. umur 17 minggu; I. buah berkembang 2 buah umur 17 minggu; J. umur 20 minggu; K. umur 23 minggu.

Empat hari setelah bunga mekar, dinding ovarium dapat dibedakan atas dua bagian yaitu bagian epidermis dan bagian yang tersusun dari sel-sel parenkima. Epidermis terdiri atas dua bagian yaitu epidermis luar dan epidermis dalam yang berbatasan dengan rongga ovarium. Kedua epidermis tersusun atas satu lapisan sel yang berbentuk kubus. Sel-sel epidermis luar yang terdapat pada tonjolan dinding ovarium berukuran lebih besar daripada daerah lainnya, diantara sel-sel epidermis terdapat sel trikوماتa yang telah terbentuk selama diferensiasi ovarium.

Sel-sel parenkima penyusun dinding ovarium dapat dibedakan atas dua bagian yaitu sel-sel parenkima yang berbatasan dengan epidermis luar dan sel-sel parenkima yang berbatasan dengan epidermis rongga ovarium. Sel-sel parenkima yang berbatasan dengan epidermis luar berukuran lebih kecil dari sel-sel parenkima lainnya, namun kedua parenkima memiliki bentuk yang sama yaitu segi enam isodiametris. Sel-sel parenkima yang berada pada daerah tonjolan dinding ovarium tampak telah memanjang yang mengakibatkan tonjolan pada dinding ovarium semakin meninggi. Keberadaan berkas pembuluh terdapat diantara sel-sel parenkima yang berbatasan dengan epidermis luar dan sel-sel parenkima yang berbatasan dengan epidermis rongga ovarium.

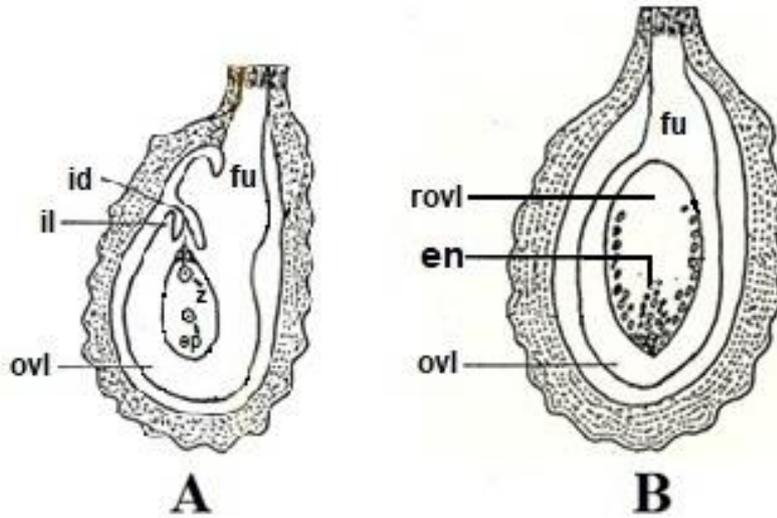


Sembilan hari setelah bunga mekar, dinding ovarium tampak semakin tebal karena adanya pembelahan sel di sepanjang dinding ovarium. Seiring dengan hal itu, tonjolan pada dinding luar ovarium semakin membesar, namun struktur sel penyusunnya tidak berbeda dari hari keempat setelah bunga mekar. Pada tahap perkembangan selanjutnya (panjang 6,4 mm), sel-sel epidemis luar dinding ovarium mengalami pembelahan secara antiklinal dan diikuti dengan pemanjangan sel-sel parenkima searah sumbu panjang buah, sehingga pertumbuhan dinding buah tetap mengiringi perkembangan ovulum. Pada saat buah berumur lima minggu (panjang 12,9 cm) sel-sel parenkima yang terdapat pada daerah tonjolan kulit buah tampak semakin tidak teratur, dan beberapa sel-selnya hancur sehingga terbentuk rongga pada daerah tersebut. Hancurnya sel-sel parenkima pada daerah tersebut terus berlangsung seiring dengan perkembangan buah. Sel-sel yang hancur mengakibatkan tonjolan-tonjolan kulit buah secara berangsur-angsur terkelupas. Sel-sel parenkima yang berbatasan dengan epidermis rongga ovarium mengalami pemanjangan sehingga mengimbangi pertumbuhan biji.

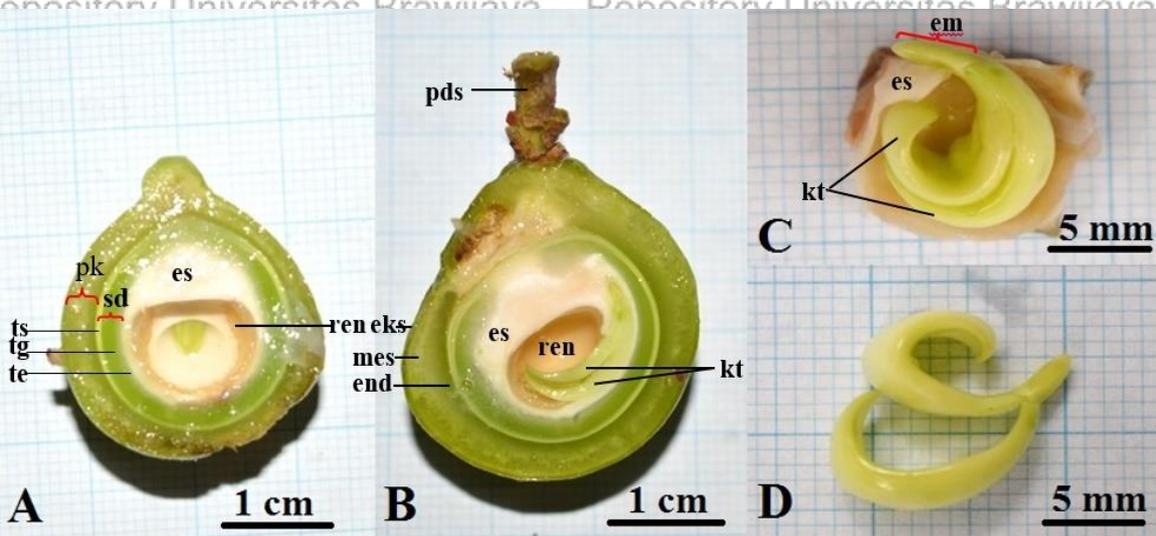
Setelah terjadi pembuahan, ovulum mengalami berbagai perubahan. Kedua ujung integumen dalam yang membentuk mikropil tampak saling berlekatan dan di dalam kantung embrio terdapat zigot dan inti endosperma primer (Gambar 53A). Perlekatan antara ujung integumen luar dengan ujung integumen dalam terjadi pada saat buah berumur empat minggu (panjang 9,0 mm). Pada tahapan tersebut kantung embrio tampak semakin membesar, karena terjadinya degradasi sel pada daerah kalaza, dan inti endosperma primer tampak sudah membelah-belah. Pembelahan inti endosperma tidak disertai dengan pembentukan dinding sel, sehingga terbentuk endosperma inti bebas yang sebagian besar berada di daerah kutub kalaza dan lainnya tersebar di sepanjang tepi kantung embrio. Pembelahan inti endosperma berlangsung terus, sehingga jumlahnya semakin banyak seiring dengan pelebaran kantung embrio.

Pada saat buah berumur lima minggu (panjang 12,9 mm) endosperma inti bebas tampak sudah tersebar ke seluruh kantung embrio, dan telah terbentuk endosperma seluler pada daerah mikropil. Pada stadium lima minggu embrio berada pada tahap globular, yang terletak di antara endosperma seluler. Pembentukan endosperma seluler terjadi karena pembentukan dinding sel di antara inti-inti bebas endosperma. Pembentukan dinding sel endosperma mula-mula terjadi di tepi kantung embrio di daerah mikropil, selanjutnya meluas ke daerah kalaza. Seiring dengan pembentukan endosperma, kedua integumen berdiferensiasi membentuk spermodermis (kulit biji). Embrio telah membentuk kotiledon

pada buah umur enam minggu. Pada saat buah berumur tujuh minggu (panjang 21,5 mm) sebagian besar inti bebas endosperma telah berubah menjadi endosperma seluler, dan menyisakan endosperma nuklear dekat daerah kalaza. Keadaan endosperma nuklear tampak sampai buah umur 16 minggu (Gambar 54A, B).



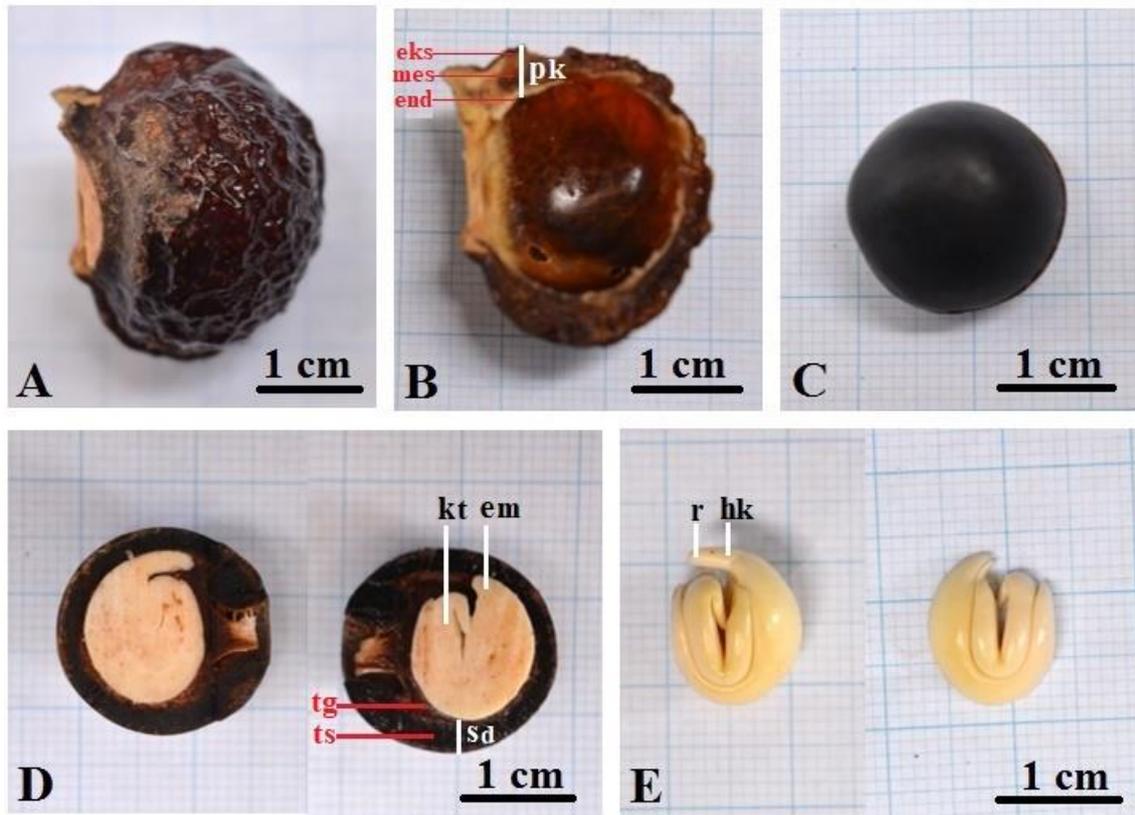
Gambar 53. Bagan perkembangan buah lerak. A. ovulum setelah fertilisasi; B. Buah berumur 4 minggu (panjang 9,0 mm). ovl = ovulum; il = integumen luar; id = integumen bersatu; fu = funikulus; rovl = rongga ovulum; en = endosperma nuklear (inti bebas); ep = inti endosperma nuklear; z = zigot



Gambar 54. Penampang buah lerak. A. penampang memanjang buah lerak umur 14 minggu menunjukkan bagian dalam buah; B. penampang memanjang buah lerak umur 16 minggu; C. embrio lerak dengan sebagian endosperma; D. embrio dengan dua kotiledon. eks = eksokarp, em = embrio, end = endokarp, es = endosperma seluler, kt = kotiledon, mes = mesokarp, pds = pedisel, pk = perikarp, ren = ruangan tempat endosperma nuklear, sd = spermodermis, te = tepi luar endosperma, tg = tegmen, ts = testa.



Saat buah berumur 17 minggu (panjang buah 30,7 mm), seluruh cadangan makanan endosperma diabsorpsi oleh embrio. Dua kotiledon embrio tumbuh membesar untuk penyimpanan cadangan makanan. Pada saat buah masak (Gambar 55), biji hanya terisi oleh embrio dengan kotiledon besar tanpa endosperma.



Gambar 55. Penampang buah lerak masak umur 21 minggu. A. penampang buah lerak; B. penampang membujur perikarp; C. biji lerak; D. penampang membujur biji lerak yang diiris melalui hilum menunjukkan biji yang eksalbuminus; E. belahan embrio lerak. pk = perikarp; eks = eksokarp; mes = mesokarp, end = endokarp; sd = spermodermis; ts = testa, tg = tegmen; em = embrio; kt = kotiledon; hk = hipokotil; r = radikula

Buah lerak termasuk sejati tunggal dan hanya mengandung satu biji. Penampang memanjang buah lerak (Gambar 55A, B) menunjukkan kulit buah (perikarp) terdiferensiasi memperlihatkan tiga lapisan. Lapisan-lapisan mulai dari luar yaitu eksokarp (atau epikarp), mesokarp, dan endokarp. Pada dasarnya jaringan penyusun buah berasal dari perkembangan jaringan penyusun bakal buah. Kulit buah (perikarpium) merupakan perkembangan dari dinding ovarium. Biji merupakan alat perkembangbiakan tumbuhan angiosperma

(Magnoliophyta), karena di dalam biji tersebut ditemukan embrio yang merupakan calon tumbuhan baru. Gambaran embrio lerak (Gambar 54; 55) menunjukkan tipe embrio aksilaris-lengkung. Keadaan embrio lengkung juga terdapat pada *Sapindus saponaria* (Vosso, 2002).

Pada perkembangan biji lerak, funikulus tidak mengalami proliferasi untuk berkembang menjadi arilus (Gambar 55D). Buah Sapindaceae lain yang mempunyai arilus yaitu pada buah *Sapindus saponaria* (Vosso, 2002). Buah Sapindaceae yang lain seperti *Nephelium lappaceum*, *Euphoria longan*, dan *Litchi chinensis* memiliki arilus yang merupakan perkembangan dari funikulus (Lim, 1984 (Muhibbuddin, 1992; Saucó & Menini, 1989; Nacifa dkk., 2001).

Berdasarkan letak cadangan makanannya, biji lerak matang termasuk eksalbuminus. Jaringan endosperma dalam biji lerak yang sedang berkembang terdiri dari sel-sel berdinding tipis dengan vakuola besar dan mengandung substansi cadangan makanan amilum. Perkembangan endosperma diawali dengan endosperma nuklear (Gambar 53B), selanjutnya dibentuk endosperma seluler tetapi menyisakan bagian nuklear pada bagian apikal buah (Gambar 54B). Pada saat buah masak endosperma telah diabsorpsi untuk perkembangan embrio dengan kotiledon yang membesar, sehingga termasuk biji yang eksalbuminus.

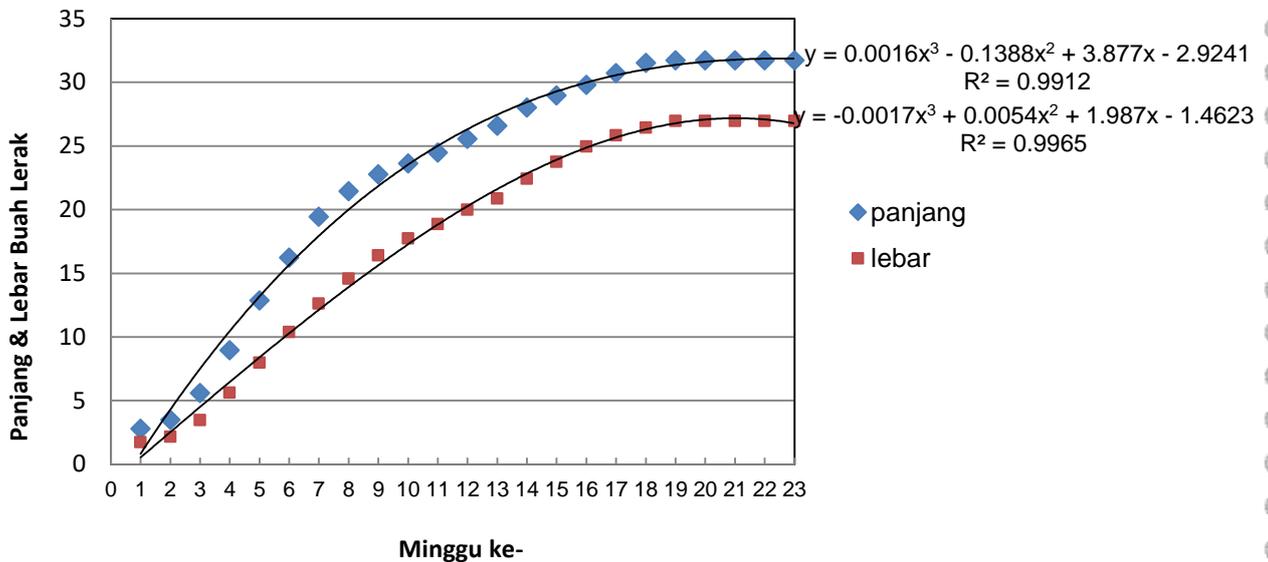
4.3.2 Pola pertumbuhan buah

Hasil pengamatan laju pertumbuhan buah lerak mengikuti pola pertumbuhan sigmoid tunggal (Gambar 56). Pertumbuhan buah sejak panjang 5 mm sampai buah matang berlangsung selama 140 hari (20 minggu). Pada saat matang, ukuran buah mencapai rerata panjang 31,75 mm ($SE \pm 0,28$). Pola pertumbuhan buah yang mengikuti kurva sigmoid juga terjadi pada buah kelengkeng (Muhibbuddin, 1992), rambutan (Lim, 1984), dan leci (Saucó & Menini, 1989).

Setelah bunga mekar dan telah terjadi polinasi, empat hari kemudian perhiasan bunga gugur dan stamen pada bunga hermafrodit akan layu. Bagian ginesium tetap bertahan dan akan berkembang menjadi buah. Ovarium pada lerak terdiri dari 3 lobus, tetapi sebagian besar hanya satu ovarium saja yang berkembang membentuk buah.

Pada tahap perkembangan awal, buah berwarna hijau agak kekuningan dan pertumbuhannya berlangsung cepat sampai minggu kesembilan (panjang 22,33 mm). Setelah minggu kesepuluh (panjang 23,40 mm) laju pertumbuhan mulai menurun dan berhenti pada minggu kedua puluh. Pada minggu kedua puluh warna buah mulai tampak menguning,

selanjutnya menjadi coklat muda, coklat tua dan akhirnya coklat kehitaman. Proses perubahan warna dari kuning menjadi coklat kehitaman terjadi pada minggu kedua puluh sampai minggu kedua puluh tiga. Kulit buah awalnya halus, tetapi sejak minggu ke dua puluh, permukaan kulit buah lerak menjadi berkerut.



Gambar 56. Pola pertumbuhan buah lerak

4.3.3. Persentase buah masak

Setelah polinasi, rerata buah lerak yang ada pada satu panikula adalah 83,60 (\pm SE 1,45) atau sebesar 38,78% dari bunga betina dan bunga hermafrodit. Setelah dua puluh minggu, jumlah rerata buah yang bertahan sebanyak 51,23 (\pm SE 0,28) atau sebesar 61,28% dari rerata buah yang ada panikula setelah polinasi.

Produksi buah lerak tergantung pada jumlah bunga dan keberhasilan bunga betina dan bunga hermafrodit yang menjadi buah. Keberhasilan polinasi dan fertilisasi juga merupakan faktor utama yang mempengaruhi produksi buah. Tingkat keberhasilan fertilisasi pada bunga lerak termasuk sedikit yaitu mencapai 38,78% dari bunga betina dan bunga hermafrodit yang mempunyai ovarium. Ketidakberhasilan pada setiap tahap memiliki akibat terhadap kualitas dan kuantitas buah yang dihasilkan, dengan demikian perlu dikembangkan pengaturan yang baik pada setiap tahap perkembangan tumbuhan.

Struktur bunga jantan lerak menunjukkan ovarium yang tidak berkembang dan delapan stamen berkembang dengan baik. Selama berkembangnya bunga, kemungkinan kegagalan berlanjutnya perkembangan bunga dapat terjadi pada setiap tahap perkembangan. Setelah polinasi tidak semua polen membentuk buluh polen, hal ini karena adanya

inkompatibilitas antara polen dengan stigma. Selama perkembangan menjadi buah masak, buah muda banyak yang rontok.

Buah lerak termasuk buah tunggal berasal dari pistil sinkarp dengan tiga karpelum. Ovarium dengan tiga ruang lokulus dengan masing masing satu biji. Buah dengan tiga ruang ovarium, biasanya yang berkembang hanya satu buah skizokarp (81,70%). Persentase buah yang berkembang menjadi dua skizokarp mencapai 16,58%, sedangkan yang menjadi tiga skizokarp hanya 1,64%.

Persentase buah yang terbentuk rendah juga terjadi pada kelengekung, yaitu sebesar 44,44% dari jumlah bunga hermafrodit (Muhibbudin, 1992). Rasio pembentukan bunga dengan buah mencapai 75% terjadi pada buah mindi (*Melia azedarach*) (Syamsuwida & Aminah, 2007).

4.3.4 Perkecambahan biji lerak

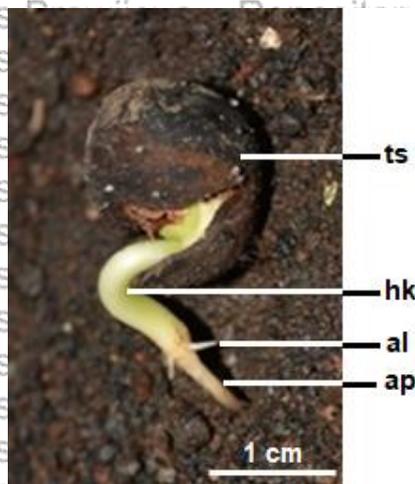
Tipe perkecambahan biji lerak termasuk epigeal (Gambar 57), kotiledon terdorong ke atas bersama kulit biji. Berdasarkan letak kotiledon pada kecambah, pada lerak kotiledon keluar dari spermodermis (kulit biji), perkecambahan lerak termasuk tipe fanerokotilar dan tipe Sloanea (de Vogel, 1980). Tipe perkecambahan ini juga terjadi biji kelengkeng anggota Sapindaceae lainnya. Tipe perkecambahan pada rambutan adalah hipogeal, kriptokolar, tipe Horsfieldia.

Tahap pertama perkecambahan lerak adalah keluarnya radikula dari biji (Gambar 57A). Proses perkecambahan kecambah biji lerak diawali dengan adanya retakan spermodermis (testa) di sekitar mikropil. Dengan adanya kegiatan perkembangan embrio di dalam biji, maka radikula tumbuh dan mendorong pori germinasi di mikropil dan merobek spermodermis sehingga tampak adanya retakan. Radikula keluar dari biji melalui mikropil pada bagian pangkal biji. Radikula berkembang menjadi akar primer berwarna putih kekuningan sampai krem. Lama waktu tahap pertama berkisar satu hari.

Tahap kedua adalah pertumbuhan akar primer dan hipokotil. Hipokotil kecambah lerak tumbuh memanjang dan membesar berwarna kuning kehijauan (Gambar 57B; 58). Kotiledon masih terdapat di dalam biji pada bagian ujung hipokotil sehingga kotiledon dalam biji ikut terangkat. Akar primer bertambah panjang berwarna putih kecoklatan dan mulai tumbuh akar cabang pada dekat bagian pangkal akar (Gambar 58). Pemanjangan hipokotil terus berlanjut sehingga bagian ujungnya membengkok sehingga menyerupai huruf U terbalik. Tinggi kecambah mencapai 1,2 cm. Kisaran waktu pada tahap kedua adalah dua sampai tiga hari.



Tahap ketiga adalah pemanjangan hipokotil. Hipokotil kecambah lerak terus tumbuh memanjang dan semakin tegak (Gambar 57C-D). Warna hipokotil yang berada di luar substrat kuning kehijauan dan yang berada di dalam substrat kuning keputihan. Akar primer tumbuh memanjang tetapi kecepatan tumbuhnya lebih lambat bila dibandingkan dengan pertumbuhan hipokotil dan berwarna putih kecoklatan. Kotiledon masih tertutup oleh spermodermis testa. Tinggi kecambah lerak mencapai 8,9 cm (Gambar 57E). Dengan adanya pertumbuhan memanjang hipokotil dan kotiledon terangkat ke atas permukaan substrat maka tumbuhan lerak mempunyai tipe perkecambahan epigeal. Kisaran waktu pada tahap ketiga adalah tiga sampai lima hari.



Gambar 58. Tahap kedua perkecambahan lerak yang menunjukkan pertumbuhan akar primer dan hipokotil. al = akar lateral (cabang akar); ap = akar primer (akar pokok); hk = hipokotil; ts = testa (spermodermis testa).

Tahap keempat adalah kotiledon keluar dari spermodermis. Tinggi kecambah 11,2 cm dengan panjang hipokotil 9,4 cm, kotiledon tampak keluar dari spermodermis testa. Testa tertahan di sisi ujung kotiledon (Gambar 57F). Epikotil semakin tumbuh memanjang. Kisaran waktu pada tahap keempat adalah dua sampai tiga hari.

Tahap kelima adalah membukanya kotiledon. Bagian di sebelah ujung hipokotil yang membawa kotiledon yang semula membelok ke samping berubah tegak (Gambar 57G). Saat perubahan ujung hipokotil tegak, dua kotiledon membuka secara berhadapan dan berwarna hijau kekuningan. Kotiledon yang semula berfungsi sebagai penyimpan cadangan makanan berubah fungsi menjadi “daun pertama”, walaupun secara morfologi berbeda dengan daun lerak yang sesungguhnya. Kotiledon pada kecambah lerak selanjutnya mengambil fungsi fotosintesis untuk menunjang pertumbuhan kecambah, kotiledon yang demikian disebut

dengan fanerokotilar. (de Vogel, 1980). Kisaran waktu pada tahap keempat adalah satu sampai dua hari.

Tahap keenam munculnya daun (yang sesungguhnya). Setelah kotiledon membuka, bagian epikotil tumbuh memanjang dan primordium daun di belakang meristem apikal berkembang menjadi kuncup daun majemuk. Epikotil semakin memanjang mencapai panjang 3,8 cm dengan tinggi kecambah 12,1 cm (Gambar 57G). Dua kuncup daun majemuk yang berseling mulai membuka sampai daun membuka sepenuhnya (Gambar 57H; 59A), begitu seterusnya sehingga daun-daun majemuk berikutnya tumbuh dan berkembang (Gambar 59B). Lama waktu tahap keenam sampai membukanya dua daun majemuk yang berseling adalah dua sampai tiga hari. Ringkasan morfologi pertumbuhan kecambah lerak tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Morfologi pertumbuhan kecambah lerak

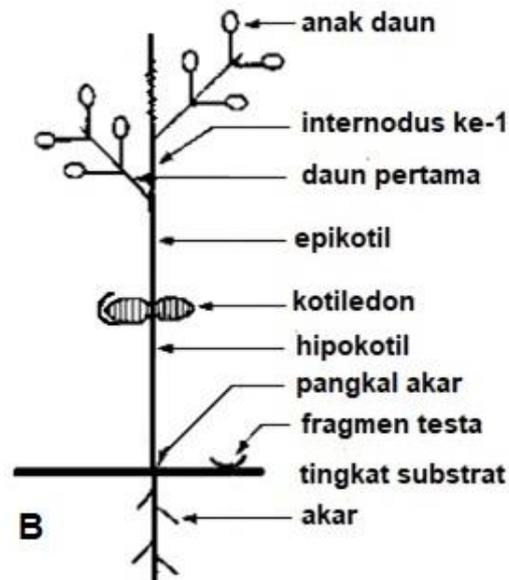
Tahap ke-	Peristiwa	Lama waktu (hari)	Keterangan
1.	keluarnya radikula dari biji	1	Gambar 57A
2.	pertumbuhan akar primer dan hipokotil	2-3	Gambar 57B; 58
3.	permanjangan hipokotil	3-5	Gambar 57C-D
4.	kotiledon keluar dari spermodermis	2-3	Gambar 57F
5.	membukanya kotiledon	1-2	Gambar 57G
6.	munculnya daun (yang sesungguhnya)	2-3	Gambar 57H



Gambar 59. Kecambah lerak tahap lanjut. A. Kecambah dengan dua daun majemuk yang membuka; B. Kecambah dengan enam daun majemuk yang membuka



Perkecambahan lerak termasuk tipe Sloanea (de Vogel, 1980). Kotiledon lerak terangkat keluar substrat sehingga kotiledon penyimpan cadangan makanan menjadi terdedah. Pada tahap awal perkecambahan kotiledon yang terangkat tertutup spermodermis testa, selanjutnya kedua kotiledon membuka dan terdedah dengan retakan testa yang jatuh di atas substrat atau sebagian retakan testa menempel pada kotiledon. Pertumbuhan hipokotil yang panjang merupakan perkecambahan subtipe Sloanea (2a). Epikotil tumbuh memanjang dengan mendukung plumula diujungnya. Dua primordium daun berkembang menjadi dua daun majemuk yang kedudukannya berseling. Trikona berkembang di internodus (ruas) pertama. Perkecambahan lerak bertipe epigeal-fanerokotilar-Sloanea (2a) tampak pada Gambar 60.



Gambar 60. Perkecambahan lerak epigeal-fanerokotilar-Sloanea. A. Kecambah lerak umur 18 hari; B. Bagan kecambah lerak

4.4 Pengaruh Pematangan Dormansi pada Biji Terhadap Perkecambahan Lerak

4.4.1 Persentase perkecambahan

Semua perlakuan yang digunakan dalam studi ini meningkatkan persentase perkecambahan. Persentase perkecambahan lerak paling banyak ($81,11 \pm 2,9\%$) dihasilkan oleh perlakuan perendaman air panas 50°C selama 20 menit dan persentase perkecambahan paling sedikit ($31,11 \pm 2,9\%$) terdapat pada kontrol (tanpa perlakuan) (Gambar 61). Hasil analisis varian menunjukkan bahwa macam perlakuan berpengaruh terhadap persentase perkecambahan lerak (Lampiran 4). Biji dihitung berkecambah ketika sudah tahap kedua perkecambahan lerak yang menunjukkan pertumbuhan akar primer dan hipokotil (Gambar



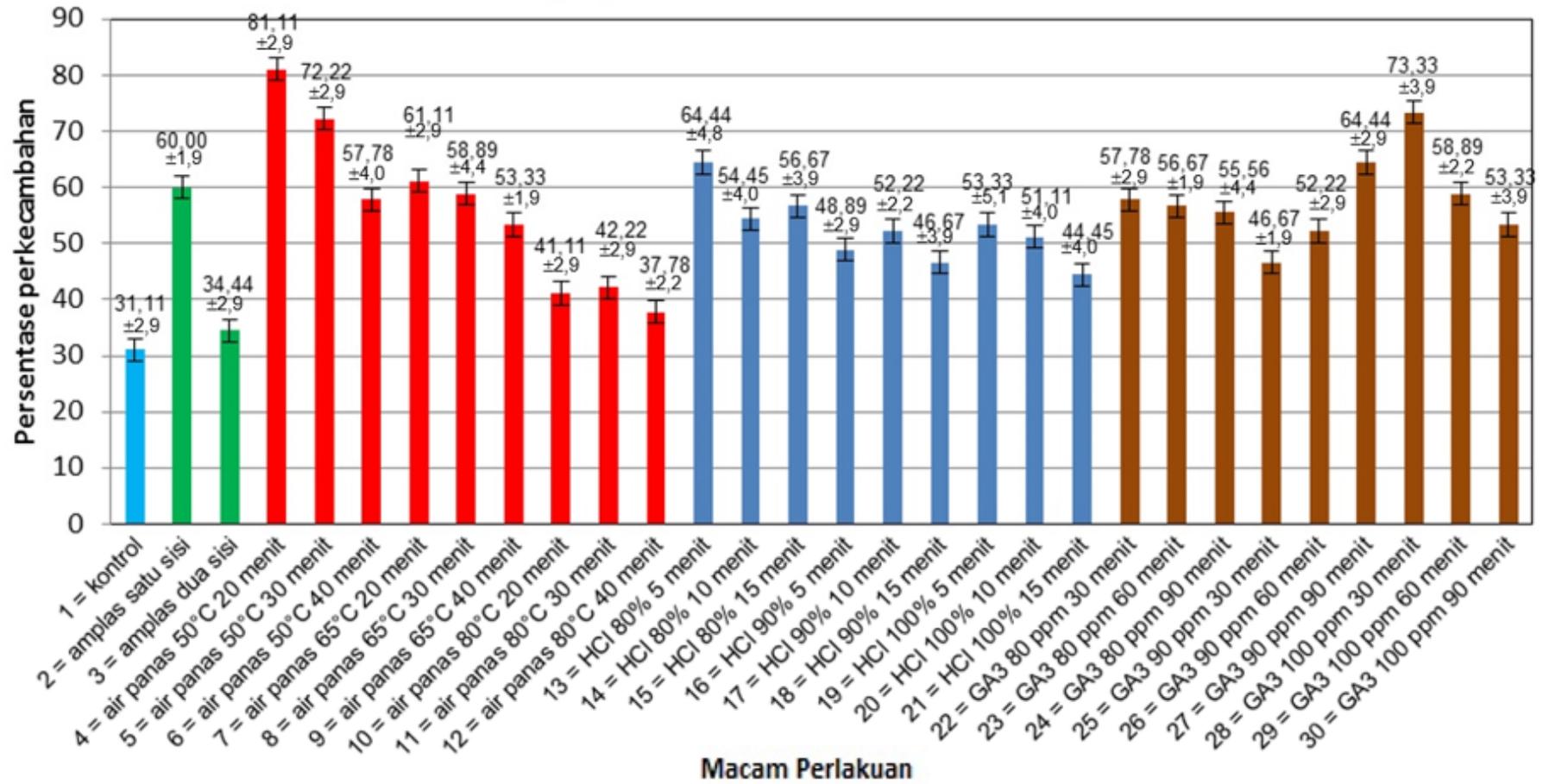
58) dan dapat tumbuh sampai munculnya daun ketika sudah dipindahkan ke polibag. Hasil uji Scott-Knott menunjukkan bahwa perendaman air panas 50°C 20 menit menghasilkan persentase perkecambahan (81,11%) yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan GA₃ 100 ppm 30 menit (73,33%), dan air panas 50°C 30 menit (72,22%) (Lampiran 4, 6; Gambar 61). Perlakuan perendaman air panas 50°C 20 menit berbeda nyata dengan macam perlakuan lainnya.

Di antara perlakuan perendaman air panas, persentase perkecambahan paling banyak (81,11%) terdapat pada perlakuan perendaman air panas 50°C selama 20 menit, diikuti air panas 50°C selama 30 menit (72,22%). Persentase perkecambahan terendah (37,78%) terdapat pada perlakuan perendaman air panas 80°C selama 40 menit. Pada perlakuan asam klorida, perendaman HCl 80% selama 5 menit menghasilkan persentase perkecambahan paling banyak (64,44%) dan perendaman HCl 100% selama 15 menit menghasilkan persentase perkecambahan paling sedikit (44,45%). Di antara perlakuan perendaman giberelin, persentase perkecambahan paling banyak (73,33%) terdapat pada perlakuan GA₃ 100 ppm selama 30 menit dan paling sedikit (46,67%) terdapat pada perendaman GA₃ 90 ppm selama 30 menit.

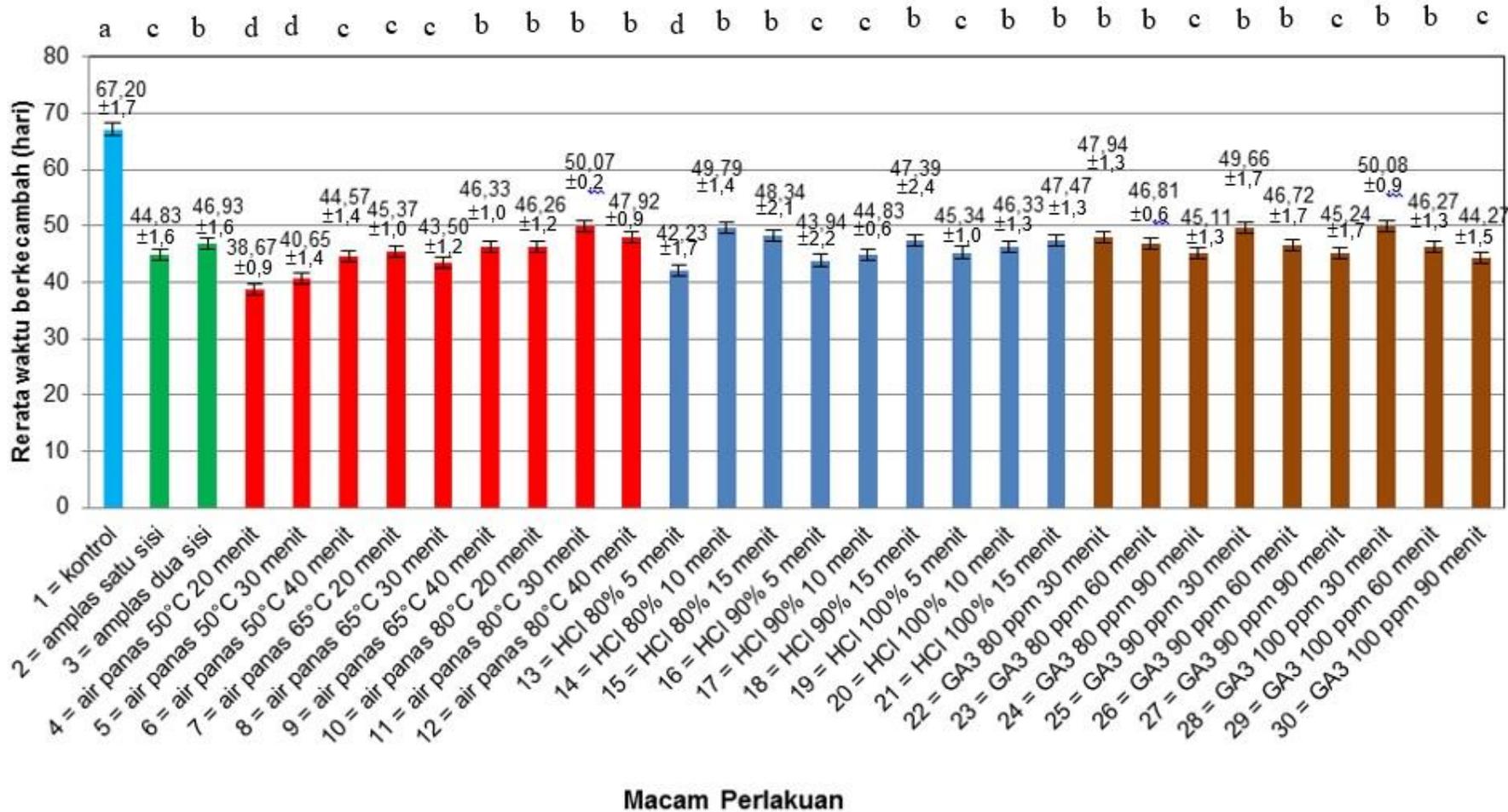
4.4.2 Waktu perkecambahan

Semua perlakuan yang digunakan dalam studi ini mempercepat waktu perkecambahan. Hasil rerata waktu perkecambahan biji lerak paling cepat ($38,67 \pm 1,53$ hari) dihasilkan oleh perlakuan perendaman air panas 50°C selama 20 menit dan rerata waktu perkecambahan paling lama ($67,20 \pm 1,74$ hari) terdapat pada kontrol (tanpa perlakuan) (Gambar 62). Hasil analisis varian menunjukkan bahwa macam perlakuan berpengaruh terhadap rerata waktu berkecambah lerak (Lampiran 5). Hasil uji Scott-Knott menunjukkan bahwa perendaman air panas 50°C 20 menit menghasilkan waktu berkecambah paling cepat (38,67 hari), tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan air panas 50°C 30 menit (40,65 hari), dan HCl 80% lima menit (42,23 hari) serta berbeda nyata dengan macam perlakuan lainnya (Lampiran 5, 6).

Di antara perlakuan pengampelasan kulit biji, rerata waktu perkecambahan paling cepat (44,83 hari) terdapat pada perlakuan pengampelasan pada sisi hilum, diikuti perlakuan pengampelasan dua sisi dan punggung biji (46,93 hari), dan tanpa perlakuan (67,20 hari). Di antara perlakuan perendaman air panas, perendaman air panas 50°C selama 20 menit menghasilkan rerata waktu perkecambahan paling cepat (38,67 hari) diikuti air panas 50°C selama



Gambar 61. Pengaruh perlakuan pematangan dormansi secara fisik dan kimia pada biji lerak terhadap persentase perkecambahan lerak.
 ■ kontrol; ■ = perlakuan pengampelasan; ■ = perlakuan air panas; ■ = perlakuan asam klorida; ■ = perlakuan GA₃
 Angka di atas balok menunjukkan rerata ± SE (*standard error*). Notasi huruf sama di atas grafik menunjukkan berbeda tidak nyata dari hasil uji Scott-Knott pada taraf 5%



Gambar 62. Pengaruh perlakuan pematangan dormansi secara fisik dan kimia pada biji lerak terhadap waktu berkecambah lerak.
 ■ = kontrol; ■ = perlakuan pengampelasan; ■ = perlakuan air panas; ■ = perlakuan asam klorida; ■ = perlakuan GA₃
 Angka di atas balok menunjukkan rerata ± SE (*standard error*). Notasi huruf sama di atas grafik menunjukkan berbeda tidak nyata dari hasil uji Scott-Knott pada taraf 5%



30 menit (40,65 hari). Rerata waktu perkecambahan paling lama (50,07 hari) terdapat pada perendaman air panas 80°C selama 30 menit. Pada perlakuan perendaman asam klorida, perendaman HCl 80% selama 5 menit menghasilkan rerata waktu perkecambahan paling cepat (44,23 hari). Rerata waktu perkecambahan paling lama (49,79 hari) pada perendaman HCl 80% selama 10 menit. Rerata waktu perkecambahan untuk semua perlakuan asam klorida lebih cepat daripada tanpa perlakuan. Perlakuan perendaman giberelin, rerata waktu perkecambahan paling cepat (44,27 hari) pada perlakuan perendaman GA3 100 ppm selama 90 menit dan paling lama (50,08 hari) pada perlakuan GA3 100 ppm selama 30 menit.

Kulit biji lerak bersifat tidak permeabel terhadap air (dormansi fisik). Pada biji lerak, struktur testa yang keras sebagai penghambat utama yang mengakibatkan dormansi (Sautu dkk., 2007). Perlakuan pengampelasan kulit biji memudahkan air masuk ke dalam biji untuk imbibisi dan memudahkan berkecambah. Biji yang tidak diampelas kulit biji tidak mampu menyerap air dengan baik. Pengampelasan kulit biji di dua sisi pada hilum dan punggung biji, menyebabkan air yang masuk ke dalam biji terlalu banyak, sehingga biji yang berkecambah persentasenya lebih sedikit dan lebih lama dibanding dengan pengampelasan pada satu sisi hilum kulit biji.

Perendaman biji dalam air panas mengakibatkan perkecambahan dan pertumbuhan biji lerak yang lebih baik dibandingkan kontrol (tanpa perlakuan). Kulit biji dibuat permeabel terhadap air melalui imbibisi air panas. Perendaman dalam air panas dapat melunakkan dan membuka “celah” dalam kulit biji dan air memasuki biji (Baskin & Baskin, 2004; Baskin dkk., 2004). Kulit biji lunak memudahkan absorpsi air secara perlahan oleh biji sehingga proses fisiologis terjadi dan perkecambahan biji berlangsung.

Skarifikasi biji dengan perendaman dapat dilakukan dengan asam klorida. Perendaman dengan asam klorida juga memudahkan air masuk ke dalam biji untuk imbibisi dan memudahkan berkecambah. Asam klorida menghidrolisis dan meningkatkan permeabilitas kulit biji. Skarifikasi asam mengarah ke pengurangan sebagian atau keseluruhan zat inhibitor dan melemahnya kulit biji keras dan kedap air (Naikawadi dkk., 2012).

Pertumbuhan biji dapat dirangsang oleh hormon endogen biji untuk berkecambah menghasilkan kecambah normal pada keadaan yang tidak menguntungkan (Salisbury & Ross, 1992). Zat pengatur tumbuh eksogen yang diberikan akan bekerja sama dengan hormon endogen. Hormon tumbuh dalam konsentrasi rendah mampu menimbulkan suatu reaksi baik secara biokimia, fisiologis maupun morfologis, yang berfungsi untuk mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Giberelin mampu mengatasi



dormansi biji pada berbagai spesies. Salah satu efek giberelin pada biji adalah mendorong pemanjangan sel sehingga radikula dapat menembus endosperma dan kulit biji yang membatasi pertumbuhan (Srivastava, 2002). Efek fisiologis giberelin antara lain adalah mendorong aktivitas enzim-enzim hidrolitik dan pembentukan amilase serta enzim yang mengubah lipid menjadi sukrosa pada proses perkecambahan. Nurshanti (2009) menyatakan bahwa pemberian zat pengatur tumbuh GA_3 75 ppm memberikan pengaruh terhadap perkecambahan biji palem raja lebih tinggi 32% dibandingkan kontrol. Perlakuan perendaman biji lerak dalam GA_3 100 ppm selama 30 menit menghasilkan persentase perkecambahan 73,33%, lebih tinggi 42% dibandingkan kontrol.

Giberelin eksternal yang diberikan akan mengubah level giberelin internal yang terdapat dalam biji, level inilah yang merupakan faktor pemicu untuk terjadinya proses perkecambahan. Hopkin & Huner (2008) menyatakan bahwa pembentukan enzim alfa amilase terjadi pada saat permulaan perkecambahan oleh giberelin internal. Jika giberelin internal berada dalam jumlah terbatas atau belum aktif maka proses perkecambahan akan berjalan lambat. Adanya penambahan giberelin eksternal menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah giberelin di dalam biji, sehingga meningkatkan ketersediaan dan aktivitas enzim alfa amilase.

Secara keseluruhan hasil penelitian menunjukkan perlakuan perendaman air panas $50^\circ C$ selama 20 menit menghasilkan perkecambahan dan rerata waktu biji lerak yang lebih baik dibandingkan perlakuan perendaman biji dengan larutan HCl, larutan GA_3 , maupun pengampelasan. Perlakuan perendaman air panas $50^\circ C$ selama 20 menit direkomendasikan untuk memecah dormansi biji lerak, karena lebih murah dan peralatan yang sederhana.

4.5 Pembahasan Umum

Permasalahan yang dihadapi dalam upaya pelestarian lerak adalah masyarakat tidak menanam lerak karena umur panen buahnya sangat lama. Pohon lerak berbuah pertama kali umumnya memerlukan waktu 5 sampai 15 tahun sejak penyemaian atau perkecambahan (Widowati, 2003; Udarno, 2009). Lerak yang tumbuh liar di berbagai tempat seperti tempat umum, taman hutan rakyat, kawasan pelestarian alam juga tidak mendapat perhatian sehingga terancam punah. Lerak memiliki sistem regenerasi yang lambat, yang disebabkan tidak banyak bunga yang berhasil diserbuki dan berkembang menjadi buah dan biji. Biji yang dihasilkan hanya sedikit yang dapat berkecambah dan menghasilkan bibit tanaman.



Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa pola perbungaan lerak adalah berganda dengan tingkat percabangan sampai cabang tingkat III dan sebagian kecil sampai cabang tingkat IV. Pola perbungaan lerak disebut juga sinflorescentia (majemuk berganda) dan membentuk seperti kerucut. Perbungaan lerak bertipe panikula dengan cabang perbungaan bersifat simosa. Bentuk perbungaan kerucut berhubungan erat dengan tipe penyerbukan yang dilakukan oleh angin atau hewan (Sedgley & Griffin, 1989). Perbungaan kerucut memberikan ruang tiga dimensi yang memungkinkan polinator untuk melakukan polinasi pada bunga lerak.

Agar penyerbukan pada bunga lerak berlangsung secara maksimum perlu diupayakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk hewan polinator yang umumnya adalah lebah. Pada waktu bunga lerak mekar, polinator biasanya datang pada pukul 08.00 sampai dengan pukul 15.00 dengan intensitas yang terbanyak pada pukul 11.00 dengan kondisi sinar yang cukup.

Kondisi yang diperlukan adalah tidak terlalu panas, tidak hujan, dan tidak bertiup angin yang kencang. Tiupan angin yang kencang menyebabkan polinator tidak banyak yang datang ke perbungaan lerak. Tiupan angin yang kencang juga dapat mengakibatkan bunga lerak banyak yang rontok. Kondisi seperti itu tentu sangat tergantung pada alam, tidak dapat dimanipulasi oleh manusia. Absisi sejumlah bunga pada stadium muda disebabkan oleh defisiensi nutrisi, seperti yang terjadi pada rambutan dan leci (Lim, 1984; Saucó & Menini, 1989). Hal yang dapat diupayakan adalah memastikan bahwa pada saat kondisi mendukung peristiwa penyerbukan maka jumlah bunga yang siap untuk melakukan penyerbukan melimpah, dengan memberikan kondisi pertumbuhan dan perkembangan bunga yang optimal.

Lerak merupakan tumbuhan tahunan seperti halnya rambutan dan leci. Kondisi lingkungan yang berpengaruh terhadap pembungaan tumbuhan tahunan meliputi panjang hari, suhu lingkungan, dan ketersediaan air (Battey & Tooke, 2002). Kondisi lingkungan berdampak pada induksi sinyal pembungaan oleh meristem menjadi perbungaan atau daun (Battey & Tooke, 2002; Bernier and Périlleux, 2005). Pembungaan tumbuhan tahunan diinduksi oleh suhu rendah, suhu yang dibutuhkan untuk berbunga berkisar 15°C - 20°C. Suhu lingkungan yang terlalu tinggi serta tidak diikuti dengan persediaan air yang memadai dan radiasi matahari yang kurang mengakibatkan primordium bunga tidak banyak terbentuk (Sthapit and Scherr 2012). Kekurangan air berpengaruh pada diferensiasi primordium bunga menjadi bunga jantan dengan jumlah lebih banyak dibandingkan bunga betina dan bunga betina yang sudah terbentuk dapat mengalami aborsi akibat kekurangan air dalam metabolisme tubuh tumbuhan sehingga meningkatkan jumlah bunga jantan dan menurunkan



jumlah bunga betina (Verheye, 2010). Dengan demikian ketersediaan air tanah yang cukup perlu dipastikan agar primordium bunga dapat terbentuk lebih banyak.

Berdasarkan pengamatan proporsi bunga lerak betina dan bunga hermafrodit dengan bunga jantan lebih sedikit yaitu sebesar 39% sehingga peluang ovarium untuk berkembang menjadi buah menjadi sedikit. Oleh karena itu penyesuaian tumbuhan lerak adalah mempunyai jumlah bunga yang banyak pada satu panikula.

Lama penyinaran yang kurang dapat menyebabkan penurunan produksi bunga betina (Verheye, 2010). Kurangnya nutrisi pada perkembangan primordium bunga mengakibatkan induksi terbentuknya pistil menjadi terhambat (Lyndon, 1990). Untuk mengurangi proporsi terbentuknya bunga jantan yang banyak lama penyinaran dan kesuburan tanah tempat tumbuhnya pohon lerak perlu diperhatikan. Cara lain untuk meningkatkan keberhasilan polinasi dari polen bunga jantan juga adalah dengan polinasi buatan. Polinasi buatan diharapkan dapat untuk menanggulangi masalah buluh polen yang tidak berkembang yang dalam penelitian ini ditengarai terjadi dalam proses penyerbukan bunga lerak.

Viabilitas polen setelah dua hari atau lebih setelah bunga mekar akan menurun, disebabkan karena polen mengering seperti yang terjadi juga pada duku (Prakash., 1977), rambutan (Lim, 1984), kelengkeng (Muhibbuddin, 1992), dan leci (Nacifa dkk., 2001). Polen dalam keadaan kering akan kehilangan viabilitas. Keberhasilan polinasi alami yang rendah dapat terjadi jika polen yang diangkut oleh polinator atau yang terkena angin berasal dari bunga dua hari atau lebih setelah mekar atau polen bunga hermafrodit, karena sebagian polen telah kehilangan viabilitasnya. Polinasi buatan dilakukan dengan mempolinasi stigma dari polen bunga yang mekar atau bunga jantan, akan meningkatkan keberhasilan polinasi. Polinasi buatan juga dapat menghasilkan buluh polen yang lebih banyak daripada polinasi alami. Buluh polen dari polinasi buatan lebih cepat mencapai ruang ovarium daripada polinasi alami, sehingga memberi peluang lebih awal untuk terjadinya fertilisasi.

Ovulum lerak bertipe anatrop dengan pembentukan kantung lembaga atau kantung embrio bersifat monosporik bertipe Polygonum. Pada perkembangan zigot menjadi embrio dapat terjadi hambatan secara internal, seperti ketidakberlanjutan tahap perkembangan menjadi embrio dewasa. Embrio yang tidak berkembang sempurna dapat menyebabkan buah lerak menjadi rontok.

Selama pembentukan buah menjadi masak juga terdapat buah muda yang rontok akibat terpaan angin dan lemahnya jaringan yang menghubungkan antara buah dengan tangkai buah. Penyebab lain terhentinya tahap perkembangan embrio adalah embrio berkembang

tidak sampai tahap kotiledon. Embrio kurang mendapat pasokan hormon internal dan enzim sehingga embrio kurang asupan nutrisi. Pengamatan berkembangnya tahapan embrio dapat lebih difokuskan, sehingga dapat mengetahui kegagalan berkembangnya embrio sampai pada tahap kotiledon. Lemahnya jaringan absisi tangkai buah disebabkan oleh kurangnya nutrisi (Esau, 1977; Fahn, 1990) pada jaringan tersebut, sehingga kondisi lingkungan tumbuhnya lerak perlu nutrisi yang cukup. Kondisi cekaman lingkungan seperti cuaca terlalu kering, kondisi tanah terlalu masam, atau kadar garam tinggi dapat menyebabkan gugurnya buah lerak ketika masih muda.

Buah lerak mempunyai satu biji tanpa terbentuk arilus tidak seperti anggota lain Sapindaceae yaitu rambutan, leci, dan kelengkeng yang mempunyai arilus. Buah masak memiliki kulit biji tebal, keras, dan bersifat tidak permeabel terhadap air, sehingga karakter morfologi tersebut mengakibatkan dormansi atau mengakibatkan biji memiliki tingkat perkecambahan yang rendah. Pengaruh pematangan dormansi terhadap perkecambahan biji Sapindus yang pernah dilakukan (Tabel 5) menunjukkan bahwa perendaman biji dalam air panas dapat meningkatkan persentase perkecambahan. Perlakuan perendaman dalam asam klorida pada biji *Sapindus mukorossi* menghasilkan perkecambahan sebesar 66,6%.

Tabel 5. Perlakuan pematangan dormansi pada *Sapindus*

Biji tumbuhan	Perlakuan dan hasil	Peneliti
<i>Sapindus saponaria</i>	secara normal rata-rata lama perkecambahan selama 74 hari.	Sautu, 2004
<i>Sapindus mukorossi</i>	perlakuan skarifikasi asam klorida selama 110 menit menghasilkan 66,6% biji berkecambah	Thapa & Gautam, 2005
<i>Sapindus rarak</i> (tidak disebutkan asal diperolehnya)	perendaman biji dalam air panas 65°C selama 20 menit meningkatkan daya kecambah sebesar 11,11% dibanding kontrol (50% berkecambah)	Wardhani & Elik, 2007
<i>Sapindus rarak</i> dari Bangalore India	perlakuan sakawa 2 ml/L (sitokinin, Gandasil D, <i>Chlorella pyrenoidosa</i>) menghasilkan pertumbuhan kecambah yang paling baik (80% tumbuh)	Sumiasri dkk., 2010
<i>Sapindus mukorossi</i>	perkecambahan biji lebih meningkat (32%) setelah direndam dalam air panas daripada biji yang tidak mendapat perlakuan perendaman dalam air panas.	Dobhal dkk., 2012

Perlakuan pematangan dormansi dalam penelitian ini dilakukan dengan perendaman biji lerak (*Sapindus rarak*) dalam air panas 50°C selama 20 menit menghasilkan rerata perkecambahan 81,11% ($\pm 2,9$) dengan rerata waktu berkecambah 38,67 hari ($\pm 0,9$) setelah



berkecambah. Dengan demikian evaluasi perlakuan pematangan dormansi terhadap biji lerak menunjukkan bahwa perlakuan perendaman biji dalam air panas 50°C selama 20 menit merupakan perlakuan yang terbaik.

Buah yang tua tetapi belum matang yaitu berumur sebelum 20 minggu setelah fertilisasi menunjukkan embrio belum dewasa secara sempurna. Pertumbuhan embrio yang belum sempurna merupakan dormansi fisiologi (Cook dkk., 2008). Embrio memerlukan waktu tertentu untuk menyempurnakan tahapan pembentukan kotiledon, sehingga biji dapat berkecambah. Biji yang baik untuk dijadikan benih adalah biji yang berasal dari buah matang yaitu berumur 20 minggu. Oleh karena itu, pemanenan buah lerak sebaiknya dilakukan pada buah yang sudah berumur 20 minggu.

Dengan temuan-temuan di atas maka rekomendasi agar biji lerak tersedia banyak, perkecambahan berlangsung maksimal dan masyarakat mau menanam lerak adalah dengan sosialisasi. Sosialisasi tentang pentingnya manfaat budidaya tumbuhan lerak, cara pemeliharaan, dan pengaturan yang baik pada setiap tahap perkembangan tumbuhan lerak. Pengelolaan pemilihan buah dan biji perlu dilakukan secara terencana, sehingga biji dapat dijadikan benih yang vigornya tinggi. Pengelolaan cara pematangan dormansi biji lerak dilakukan secara baik sehingga diperoleh kecambah lerak yang lebih banyak dan cepat tumbuhnya.

Sehubungan dengan bentuk perbungaan lerak yang kerucut maka polinasi yang dibantu oleh angin terindikasi terjadi secara acak. Oleh karena polen dari bunga hermafrodit viabilitasnya rendah maka polinasi yang baik adalah bila polen berasal dari stamen bunga jantan masak. Pada satu panikula keseluruhan bunga lerak tidak mekar secara serentak. Secara temporal, pemasakan bunga jantan lerak dan bunga betina pada satu panikula terjadi pada waktu yang tidak bersamaan, sedangkan secara spasial bunga jantan yang masak dapat terletak pada panikula yang sama atau berbeda dari bunga betina. Cara meningkatkan keberhasilan polinasi adalah dengan menjamin bahwa polen yang mempolinasi stigma benar-benar masak dan viabel yaitu dengan melakukan polinasi buatan atau menjaga keadaan lingkungan yang cocok bagi polinator. Polinasi buatan dilakukan dengan pengambilan polen dari bunga jantan yang sedang mekar, selanjutnya polen diserbukkan ke stigma putik bunga lerak yang sudah masak. Polinasi buatan menjamin polen yang viabel dipertemukan dengan stigma yang reseptif.

Selama periode reproduksi, kegagalan hidup dapat terjadi pada setiap tahap perkembangan mulai dari pembungaan hingga pembuahan dan perkecambahan. Kegagalan



pada setiap tahap perkembangan mempunyai risiko yang sama terhadap kualitas dan jumlah buah lerak yang dihasilkan, dengan demikian pengelolaan yang baik pada setiap tahap perkembangan tumbuhan perlu dilakukan.

Dalam rangka konsevasi tumbuhan lerak maka saat pemanenan perlu dilakukan seleksi buah lerak yang dapat dijadikan benih yang sehat. Buah lerak yang diseleksi menjadi benih adalah yang masak secara fisiologis yang berasal dari pohon induk lerak yang tua berumur lebih dari 10 tahun atau sekurang-kurangnya telah menghasilkan bunga lebih dari dua kali. Buah yang baik memiliki permukaan buah mengkilat berkerut berwarna coklat kehitaman dengan ukuran panjang dan lebar buah berkisar 31,75 mm dan 26,99 mm, tekstur daging buah keras tidak lembek, bobot kering angin per buah berkisar 8 g.

Pohon lerak membutuhkan waktu 5 sampai 15 tahun untuk menghasilkan bunga untuk pertama kali. Untuk mengatasi lama waktu tumbuhan untuk berbunga pertama kali perlu dilakukan upaya perbanyak secara vegetatif. Upaya perbanyak secara vegetatif tumbuhan lerak belum pernah ada laporan tentang keberhasilannya, baik dengan cara stek maupun cangkok seperti halnya yang dapat dilakukan pada rambutan dan kelengkeng.

Keberhasilan perkecambahan biji lerak dapat ditingkatkan dengan perlakuan pematangan dormansi biji. Kecambah lerak yang baik dipindahkan terlebih dahulu ke dalam polibag sampai berumur tiga bulan. Kecambah lerak yang telah berumur tiga bulan merupakan bibit lerak yang sudah tahan terhadap kondisi lingkungan untuk melanjutkan pertumbuhannya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian adalah seperti berikut.

1. Perbungaan lerak merupakan panikula dengan cabang bunga bersifat simosa, terminal, tegak, seperti kerucut. Pola perbungaan lerak adalah berganda atau sinflorescentia (majemuk berganda) dan membentuk seperti kerucut, sedangkan tipe perbungaan panikula dengan cabang perbungaan bersifat simosa.
2. Perkembangan panikula lerak dapat dikelompokkan menjadi 4 tahap yaitu 1) tahap induksi perbungaan diperlukan waktu 9-10 hari; 2) tahap inisiasi bunga pada perbungaan diperlukan waktu 15 hari; 3) tahap differensiasi bunga diperlukan waktu 30 hari; dan 4) tahap antesis diperlukan waktu 35 hari. Pada induksi perbungaan terbentuk primordium bunga dari meristem tunas aksiler. Pertumbuhan bunga menunjukkan pola sigmoid ganda. Rerata persentase bunga mekar pada perbungaan lerak meliputi bunga jantan 55,94%, bunga betina 26,42%, bunga hermafrodit 9,20%, dan bunga tidak mekar 8,44%.
3. Perkembangan buah setelah pembuahan sampai buah masak membutuhkan waktu 160 hari dan mengikuti kurva sigmoid. Buah lerak termasuk sejati tunggal dan hanya mengandung satu biji. Kulit buah (perikarp) terdifferensiasi mulai dari luar yaitu eksokarp (atau epikarp), mesokarp, dan endokarp. Jaringan penyusun buah berasal dari perkembangan jaringan penyusun bakal buah. Kulit buah (perikarpium) merupakan perkembangan dari dinding ovarium. Funikulus biji lerak tidak mengalami proliferasi untuk berkembang menjadi arilus. Perkembangan endosperma diawali dengan endosperma nuklear selanjutnya dibentuk endosperma seluler, biji pada saat buah masak termasuk eksalbuminus.
4. Perkembangan embrio di dalam biji meliputi tahap zigot, proembrio (globular), jantung, torpedo dan kotiledon. Embrio bertipe aksilaris-lengkung. Perkembangan endosperma diawali dengan endosperma nuklear selanjutnya terbentuk endosperma seluler. Pada saat buah masak endosperma telah diabsorpsi untuk perkembangan embrio dengan kotiledon yang membesar, sehingga termasuk biji yang eksalbuminus.



5. Perlakuan fisik dengan perendaman biji dalam air panas mampu mematahkan dormansi lebih efektif, menghasilkan perkecambahan biji yang lebih banyak dan lebih cepat. Perlakuan perendaman air panas 50°C selama 20 menit menghasilkan persentase perkecambahan lerak sebesar 81,11% dan rerata waktu perkecambahan selama 38,24 hari.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan penelitian dikemukakan seperti berikut.

1. Pengamatan berkembangnya tahapan embriogenesis dapat lebih difokuskan, sehingga dapat mengetahui kegagalan berkembangnya menjadi embrio masak.
2. Polen yang tumbuh di stigma perlu dilakukan studi lebih lanjut secara ultrastruktural dan pengamatan enzim lebih lanjut.
3. Pengembangan budidaya tumbuhan lerak perlu dilakukan guna menjaga plasma nutfah tumbuhan.
4. Rekomendasi supaya biji lerak tersedia banyak, perkecambahan berlangsung maksimal dan masyarakat mau menanam lerak adalah dengan sosialisasi pentingnya manfaat budidaya tumbuhan lerak, cara pemeliharaan, pengaturan yang baik pada setiap tahap perkembangan tumbuhan lerak, pengelolaan pemilihan buah dan biji yang dapat dijadikan benih, dan pengelolaan cara pematangan dormansi biji lerak yang menghasilkan kecambah lerak yang lebih banyak dan cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arroyo, M.T.K., M.S. Muñoz, C. Henríquez, I. Till-Bottraud, & F. Perez. 2006. Erratic pollination, high selfing levels and their correlates and consequences in an altitudinally widespread above-tree-line species in the high Andes of Chile. *Acta Oecologica*, 30: 248–257.
- Arulmozhi, D.K., A. Veeranjanyulu, S.L. Bodhankar, S.K. Arora. 2005. Effect of *Sapindus trifoliatus* on hyperalgesic in vivo migraine models. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*.38 (3): pp. 469–475.
- Asra, R. 2014. Effect of hormone gibberellin (GA₃) on germination and vigoritas *Calopogonium caeruleum*. *Biospecies* 7 (1): 29-33.
- Ashworth, S. 2002. **Seed to seed: Seed saving and growing techniques for vegetable gardeners**. Seed Savers Exchange, Decorah, IA.
- Backer, C.A. & R.C. Bakhuizen van den Brink Jr.1965. **Flora of Java** Vol. II. Noorhoff.Groningen. The Netherlands.
- Baskin, J.M. & C.C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14: 1–16.
- Baskin J.M., B.H. Davis, C.C. Baskin, S.M. Gleason & S. Cordell. 2004. Physical dormancy in seeds of *Dodonaea viscosa* (Sapindales, Sapindaceae) from Hawaii. Abstract. *Seed Science Research*: 14 (1): 81-90.
- Batley, N.H. & F. Tooke. 2002. Molecular control and variation in the floral transition. *Current Opinion in Plant Biology*. [Online] 5 (1): 62–68. Available from: doi:10.1016/S1369-5266(01)00229-1.
- Beck, C.B. 2010. **An introduction to plant structure and development: Plant anatomy for the twenty-first century**. Cambridge University Press. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo.
- Bell, A.D. 1991. **Plant form: An illustrated guide to flowering plant morphology**. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Bernier, G. and C. Périlleux. 2005. A physiological overview of the genetics of flowering time control. *Plant Biotechnology Journal*. [Online] 3 (1), 3–16. Available from: doi:10.1111/j.1467-7652.2004.00114.x.
- Bewley, J.D. & M.B. Black. 1994. **Seeds, physiology of development and germination**. Plenum Press. New York-London.
- Bhandari, N.N. 1984. **The microsporangium. In Embriology of Angiosperms**. Editor: B.M. Johri. Springer-Verlag, Berlin, Hedelberg. Germany.
- Bhojwani, S.S. & S.P. Bhatnagar. 1981. **The Embryology of angiosperms**. Vikas Publishing House PVT Ltd. New Delhi.
- Bhojwani, S.S., S.P. Bhatnagar & P.K. Dantu. 2014. **The Embryology of angiosperms**. 6th Edition, Kindle Edition. Vikas Publishing House PVT Ltd. New Delhi.
- Cao, L. M., N. H. Xia, & Deng, Y. F. 2008. Embryology of *Handeliendron bodinieri* (Sapindaceae) and its systematic value: development of male and female gametophytes. *Plant Systematics and Evolution* (2008). 274:17–23.
- Cook, A., S.R. Turner, J.M. Baskin, C. Baskin, K.J. Steadman & K.W. Dixon. 2008. Occurrence of physical dormancy in seeds of Australian Sapindaceae: A survey of species in nine genera. *Annals of Botany*. 101: 1349-1362.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering plants**. Columbia University Press. New York.



- de Vogel, E.F. 1980. **Seedlings of dicotyledons: Structure, development, types, descriptions of 50 woody Malesian taxa.** Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen.
- Dobhal, U., S. Bhandari, S. Bisht & N.S. Bisht. 2012. Seed germination of *Sapindus mukorossi*. *Life Sciences Leaflets*. 3: 60-63.
- Doust, J. L. & L. L. Doust (eds.). 1988. **Plant reproductive ecology, patterns and strategies.** + xiii + 344 pp. Oxford University Press. New York.
- Elliot, S., P. Navakitbumrung, C. Kuarak, S. Zangkum, V. Anusarnsunthorn & D. Blakesly. 2003. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forest in Northern Thailand based on field performance. *Forest Ecology and Management*. 184: 177-191.
- Esau, K. 1977. **Anatomy of seed plants.** 2nd. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Fahn, A. 1990. **Plant anatomy.** Fourth Edition. Pergamon Press. Oxford.
- Fatmawati, I. 2014. Effectiveness of fruit lerak (*Sapindus rarak* De Candolle) as a cleaning material metallic silver, bronze, and iron. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Indonesia*. 8 (20): 24-31.
- Froneman, I.J. 2010. **Horticultural manipulation techniques to improve yield, fruit size and quality in 'Wai Chee' litchi (*Litchi chinensis* Sonn.).** School of Agricultural Science and Agribusiness. Faculty of Science and Agriculture. University of Kwazulu-Natal Pietermaritzburg Republic of South Africa. Fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Agriculture (Horticultural Science).
- Gardner, F.P., R.B. Pearce & R.L. Mitchel. 1985. **Physiology of crop plants.** The Iowa State University Press. Iowa.
- Ghazoul, J. 1997. **Field studies of forest tree reproductive ecology.** ASEAN-Canada Forest Tree Seed Center Project, Saraburi, Thailand.
- Gomez, K.A. & A.A. Gomez. 1984. *Statistical procedures for agricultural research* (2 ed.). John Wiley and Sons. New York. 680p.
- Hamburger, M., I. Scalanin, K. Hostettmann, W. Dyatmiko, & Sutarjadi. 2007. **Acetylated saponins with molluscicidal activity from *Sapindus rarak*: Unambiguous structure determination by proton nuclear magnetic resonance and quantitative analysis.** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pca.2800030507/abstract>.
- Diakses 2 April 2012.
- Heriyanto, N.M. & E. Subiandono. 2007. Pemanfaatan jenis tumbuhan obat oleh masyarakat di sekitar Taman Nasional Meru Betiri Jawa Timur. *Info Hutan*, Volume IV (5): 511-521.
- Hermawan, E. 2007. Rerak dan saponin mampu usir keong mas. *Majalah Agrotek*. 28 Juni.
- Hidajat, E.B. 1995. **Anatomi tumbuhan berbiji.** Penerbit ITB, Bandung.
- Hodel, D.R. 2012. **Trees in the landscape, Part 6: *Sapindus saponaria*.** Western Arborist. Winter.
- Hopkin, W.G. & N.P.A Huner. 2008. **Introduction to plant physiology.** Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey United States of America.
- Isnaeni, E. & E. Habibah. 2014. Effectiveness of scarification and soaking temperature on seed germination Kepel [*Stelechocarpus burahol* (Blume) Hook f. & Thompson] in vitro and ex vitro. *Jurnal MIPA*. 37 (2): 105-114.
- Kabupaten Jombang. 2010. **Profil keanekaragaman hayati Kabupaten Jombang.** Kabupaten Jombang.
- Karkare-Khushalani, I. & B. N. Mulay. 1964. **Studies in Sapindaceae, I. Embryology of *Dodonaea viscosa*.** Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria.
- Kasahara, S. & S. Hemmi (eds.). 1986. **Medicinal herb index in Indonesia.** PT. Eisai Indonesia. Jakarta.



Kamble, V.R., B.K. Sayed, & S.P. Kavade. 2013. Effect of some pre-sowing treatments on *Sapindus laurifolius* seed germination. *Journal of Research in Plant Sciences*. 2 (2): 205-212.

Keng, H. 1969. **Orders and families of Malayan seed plants**. University of Malaya Press. Kuala Lumpur.

Lakitan, B. 1996. **Fisiologi pertumbuhan dan perkembangan tanaman**. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Lambers, H., F.S. Chapin-III & T.L. Pons. 2008. **Plant physiology ecology**. 2nd Edition. Springer Science Business Media. New York, USA.

Larashati. 2004. Keanekaragaman tumbuhan dan populasinya di Gunung Kelud Jawa Timur. *Biodiversitas*. 5(2): 71-76.

Lim, A.L. 1984. The Reproductive biology of rambutan (*Nephelium lappaceum*). *The Gardens Bulletin Singapore* 37 (2): 181-192.

Lord, E.M. & L.U. Kohorn. 1986. Gyonoecial development, pollination, and the path of pollen tube growth in the tepary bean, *Phaseolus acustifolius*. *Amer. J. Bot.* 73(1): 70-78.

Lyndon, R. F. 1990. **Plant development the cellular basis**. Cambridge Press. Sydney.

Martin, A.C. 1946. The comparative internal morphology of seeds. *The American Midland Naturalist*. 36: 513—660.

Maheswari, P. 1963. Embriology in relation to taxonomy. *Vistas in Botany*. 4: 55-96.

Mediana, G. & D. Priyono. 2014. Influence of heating and storage to extract the insecticidal activity lerak (*Sapindus rarak*) larvae *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Crambidae). *Agrovigor*. 7 (2): 90-98.

Muhdiana, D. & E. Ariyanti. 2010. Flower and fruit development of *Syzygium pycnanthum* Merr. *Biodiversitas Journal*: 124-128.

Muhibbuddin. 1992. **Morfologi perkembangan bunga dan buah *Euphoria longan* (Lour.) Steud.**. ITB Bandung. Tesis Pascasarjana.

Nacifa, S.R., A.A.S. Paolib & L.C.C. Salomãoa. 2001. Morphological and anatomical development of the litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Brewster). *Fruits*. 56: 225–233.

Naikawadi, V.B., M.L. Ahire, & T.D. Nikam. 2012. Seeds characterization, viability and promotion of seed germination in nervine tonic plant *Evolvulus alsinoids* Linn. *The Asia and Australian Journal of Plant Science and Biotechnology*. 6 (1). 5-11.

Nakata, M. & Sugiyama. 2005. Morphological study of the structure and development of longan inflorescence. *Jurnal Amer Horticulture*. 130(6): 793-797.

Nugroho, H., Purnomo, & I. Sumardi. 2006. **Struktur dan perkembangan tumbuhan**. Penebar Swadaya. Jakarta.

Nunik, S.A. 1988. Penggunaan buah lerak *Sapindus rarak* de Candolle sebagai insektisida. *Center for Research and Development of Health Ecology*. Jakarta.

Nurshanti, D. F. 2009. Growth regulator giberellin acid (GA₃) and the influence of the king palm seed germination (*Roystonea regia*). *Agronobis*, Vol. 1 No.2, September 2009.

Pandey, B.P. 1995. **Embryology of angiosperms**. Ram Nagar. New Delhi.

Prenner, G., F. Vergara-Silva, & P.J. Rudall. 2009. The key role of morphology in modelling inflorescence architecture. *Trends in Plant Science*. 14: 302–309.

Piputri, D.A. & D. Lutfiati. 2014. The influence of the frequency of washing by using lerak (*Sapindus rarak* De Candolle) on the sharpness of the dulit color batik Gresik. *e-Journal Edisi Yudisium Periode Pebruari 2014 Unesa*. 03(01): 175-179.

Plantus. 2008. *Sapindus rarak* DC. <http://file:///F:/Sapindus%20rarakDC%20lerak%20%20C2%AB%20ANEKAPLANTASIA.cybermediaclips.html>. Diakses 25 Maret 2012.



- Prakash, N., A.L. Lim & R. Manurung. 1977. Embryology of duku and langsung varieties of *Lansium domesticum*. *Phytomorphology*. 27: 50-59.
- Prusinkiewicz, P. & A. Lindenmayer. 1990. **The Algorithmic beauty of plants**. Springer-Verlag.
- Purwaningsih. 2001. Kajian fisiologis dan biokimia benih rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) selama penyimpanan dengan perlakuan ABA dan GA₃. *Ilmu Pertanian*. 8(2): 66-75.
- Rahmasari, E.K. 2011. **Komposisi dan struktur vegetasi pada areal hutan bekas terbakar (di areal UPT Taman Hutan Raya R. Soerjo Malang)**. Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Skripsi.
- Rai, I.N., R. Poerwanto, L.K. Darusman, & B.S. Purwoko. 2006. Perubahan kandungan giberelin dan gula total pada fase-fase perkembangan bunga manggis. *Hayati*. 13(3), 101-106. <https://doi.org/10.4308/hjb.13.3.101>
- Richards, A.J., 1990. **Plant breeding systems**. Unwin Hyman, London.
- Robbertse, P.J., E.S. Du Toit & M.O. Cloete. 2011. Gender expression and inflorescence structure of *Pappea capensis* Eckl. And Zeyh. (Sapindaceae). *South African Journal of Botany*. 77 (2011): 425-429.
- Rudall, P.J. 2007. **Anatomy of Flowering Plants: An introduction to structure and development**. Cambridge University Press. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo.
- Ryugo, K. 1988. **Fruit culture: Its science an art**. John Wiley dan Sons. New York.
- Saedler, H., A. Becker, K. Winter, C. Kirchner & G. Theiben. 2001. MADS-box genes are involved in floral development and evolution. *Acta Biochimica Polonica*. Vol. 48 No. 2/2001: 351-358.
- Sauco, V.G. & U.G. Menini. 1989. *Litchi cultivation*. Food & Agriculture Organization of The United Nations. Roma.
- Sautu, A.E. 2004. **Ecology, morphology, and germination physiology of tree seeds in tropical semievergreen forest in the Panama Canal Watershed, with special reference to seed dormancy classes along a precipitation gradient**. University of Kentucky. Master Thesis.
- Sautu, A., J.M. Baskin, C.C. Baskin, J. Deago, & R. Condit. 2007. Classification and ecological relationships of seed dormancy in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Seed Science Research*. 17: 127-140.
- Sadjad, S. 1993. **Dari benih kepada benih**. Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.
- Salisbury, F.B. & C.W. Ross. 1992. **Plant physiology**. 4th edition. Wadsworth Publishing Inc. California.
- Sandi, A.L.I., Indriyanto & Duryat. 2014. Ukuran benih dan skarifikasi dengan air panas terhadap perkecambahan benih pohon kuku (*Pericopsis mooniana*). *Jurnal Sylva Lestari*. ISSN 2339-0913. 2 (3): 83-92.
- Sass, J.E. 1958. **Botanical microtechnique**. Third Edition. The Iowa State College Press. Iowa.
- Sauco, V.G. & U.G. Menini. 1989. *Litchi cultivation*. Food & Agriculture Organization of The United Nations. Roma.
- Schmidt, L. 2000. Dormancy and pretreatment. In: Olesen, K. (Ed.). **Guide to handling of tropical and subtropical forest seeds**. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek. cap.9, p. 263-303
- Sedgley, M. & A.R. Griffin. 1989. **Sexual reproduction of tree crops**. Academic Press. Sydney.
- Shipunov, A. 2017. **Introduction to botany**. Minot State University, North Dakota, USA.



Silviani, Y. & A. Puspitaningrum. 2015. Test the effectiveness of ethyl acetate and ethanol extracts of fruit lerak (*Sapindus rarak*) on the growth of *Entero-phatogenic Escherichia coli* dan *Enterotoxigenic Escherichia coli*. *Biomedika*. 8 (1): 1-6.

Soepadmo, E. 1989. Contribution of reproductive biological studies towards the conservation and development of Malasyian plant genetic resources. In: A.H. Zakri (Ed.) Genetic resources of under-utilized plants in Malaysia. *Proceedings of the National Workshop on Plant Genetic Resources*. Subang Jaya, Malaysia.

Srivastava, L.M. 2002. **Plant growth and development: Hormone and environment**. Elsevier Science. Orlando-Florida.

Steeves, T.A. dan I.M. Sussex. 1989. **Patterns in plant development**. Cambridge University Press. New York.

Sthapit, S.R. and Scherr, S.J. 2012 Tropical fruit tree species and climate change. *Tropical Fruit Tree Species and Climate Change*. [Online] Available from: http://ecoagriculture.org/documents/files/d oc_420.pdf.

Stoffels, K. 2008. Soap nut saponins create powerful natural surfactant. *Personal Care Magazine (Jeen International Corporation)*.

Sulisetijono. 2009. Potensi dan sebaran tumbuhan “klerek” (*Sapindus rarak* DC.) yang berada di Kota Malang. *Makalah Seminar Nasional Biologi XX dan Konggres Perhimpunan Biologi Indonesia XIV*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. 24—25 Juli 2009.

Sumiasri, N., D. Priadi & I.N.K. Kabinawa. 2010. **Pengaruh berbagai konsentrasi zat pengatur tumbuh sakawa terhadap perkecambahan biji dan pertumbuhan semai lerak (*Sapindus rarak* D.C.) pada media kompos**. LIPI Cibinong. Bogor. Laporan Penelitian.

Sunanto, H. 1990. **Budidaya lengkung dan aspek ekonominya**. Kanisius. Yogyakarta.

Sunaryadi. 1999. **Ekstrasi dan isolasi saponin buah lerak (*Sapindus rarak*) serta pengujian daya defaunasinya**. IPB.Bogor. Tesis Pascasarjana.

Sunlayanuban, P. 1991. **Effects of mycorrhizae on germination and seedling growth rate of native tree species**. http://www.forru.org/ab_sunlayanuban_1991eng.htm. Diakses 15 April 2012.

Swaminathan, C. & R. Revathy. 2013. Improving seed germination in *Sapindus emarginatus* Vahl. *Pinnacle Agricultural Research & Management*. Volume 2013, Article ID parm-101, 3 pages.

Suresha, N.L., H.C. Balachandra & H. Shivanna. 2007. Effect of seed on germination viability and seedling biomass in *Sapindus emarginatus* (Linn.). *Karnataka J. Agric. Sci.* 20(2): 326-327.

Sutopo, L. 2002. **Teknologi benih**. CV. Rajawali. Jakarta.

Syamsuwida, D. & A. Aminah. 2007. Morfologi dan siklus perkembangan pembungaan-pembuahan mindi (*Melia azedarach*). *Biodiversitas*. 8 (1): 228-237

Taiz, L. dan E. Zeiger. 2002. **Plant physiology**. Edisi III. Sinauer Associates, New York.

Thapa, H.B. & S.K. Gautam. 2005. Augmentation of germination in *Sapindus mukorossi* due to acid scarification in Jhanjhatpur Nursey. *Banko Janakari*. 16 (1): 14-20.

Tobe, H. & P. H. Raven F.M.L.S. 1995. Embryology and relationships of Akania (Akaniaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 118: 261-274.

Udarno, L. 2009. Lerak (*Sapindus rarak*) Tanaman industri pengganti sabun. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*. Volume 12 (2): 7-8.

Verheye W. 2010. Growth and production of oil palm. In: Verheye, W. (ed.), Land use, land cover and soil sciences. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, UNESCO-EOLSS Publishers, Oxford, UK. <http://www.eolss.net>



- Vosso, J.A. (ed.). 2002. **Tropical tree seed manual**. United States: Department of Agriculture (USDA) Forest Service, Agriculture Handbook. Washington DC.
- Wardhani, T. & M.N. Elik. 2007. **Meningkatkan keberhasilan pembibitan lerak (*Sapindus rarak* de Candolle) dengan mematahkan dormansinya**. Fakultas Pertanian Universitas Widyagama. Malang. Laporan penelitian.
- Weberling, F.1989. **Morphology of flowers and inflorescences**. Cambridge University Press, New York.
- Westoby, M., Jurado, E. & M. Leisman. 1992. Comparative evolutionary ecology of seed size. *Trends in Ecology and Evolution*. 7: 368–72.
- White, T.L., W.T. Adams, D.B. Neale. 2007. **Forest genetics**. CABI Publishing. CAB International. Wallingford, Oxfordshire, UK.
- Widowati, L. 2003. *Sapindus rarak* DC. In: Lemmens RHMJ. N. Bunyapraphastarsa (Eds). Plant Resources of South-East Asia. Medicinal and Poisonous Plants. *Prosea Foundation*. Bogor. 12 (3): 358-359.
- Willan, R.L. 1985. **A guide to forest seed handling**. FAO, Rome.
- William, M.T.M. & J.L. van Went. 1984. The female gametophyte dalam B.M. Johri (Ed.). **Embriology of Angiosperms**. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Wina, E., S Muetzel, E Hoffmann, H.P.S. Makkar, & K. Becker. 2005. Saponins containing methanol extract of *Sapindus rarak* affect microbial fermentation, microbial activity and microbial community structure in vitro. *Animal Feed Science and Technology*. 121 (1-2), 159-174.
- Winarno, M. W. & D. Sundari.1997. Informasi tanaman obat untuk kontrasepsi tradisional. Pusat Penelitian dan Pengembangan Farmasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan,Departemen Kesehatan RI.Jakarta. *Cermin Dunia Kedokteran* No. 120.
- Woods, K. & S. Elliott. 2004. Direct seedling for forest restoration on abandoned agricultural land in Northern Thailand. *Journal of Tropical Forest Science*.16 (2):248–259.



Lampiran 1. Bahan dan Cara Penyediaan Perekat Haupt

Bahan:

- gelatin 1 gram
- air suling 100 mililiter
- natrium benzoat 0,5 gram
- gliserin 15 milimeter

Prosedur kerja:

1. gelatin dilarutkan dalam air suling pada suhu 30-35°C,
2. ditambahkan natrium benzoat, selanjutnya ditambah gliserin,
3. perekat Haupt siap digunakan.



Lampiran 2. Macam Perlakuan Pematahan Dormansi pada Biji Lerak

Tabel 2.1 Macam perlakuan pematahan dormansi pada biji lerak

Macam Perlakuan	Kode perlakuan
Kontrol	1
Ampelas satu sisi pada hilum	2
Ampelas dua sisi hilum & punggung	3
Air panas 50°C 20 menit	4
Air panas 50°C 30 menit	5
Air panas 50°C 40 menit	6
Air panas 65°C 20 menit	7
Air panas 65°C 30 menit	8
Air panas 65°C 40 menit	9
Air panas 80°C 20 menit	10
Air panas 80°C 30 menit	11
Air panas 80°C 40 menit	12
GA3 100 ppm 30 menit	13
GA3 100 ppm 60 menit	14
GA3 100 ppm 90 menit	15
GA3 90 ppm 30 menit	16
GA3 90 ppm 60 menit	17
GA3 90 ppm 90 menit	18
GA3 80 ppm 30 menit	19
GA3 80 ppm 60 menit	20
GA3 80 ppm 90 menit	21
HCl 100% 5 menit	22
HCl 100% 10 menit	23
HCl 100% 15 menit	24
HCl 90% 5 menit	25
HCl 90% 10 menit	26
HCl 90% 15 menit	27
HCl 80% 5 menit	28
HCl 80% 10 menit	29
HCl 80% 15 menit	30



Lampiran 3. Jumlah Kuncup Bunga yang Berkembang pada Panikula Lerak

Tabel 3.1 Jumlah kuncup bunga yang berkembang pada panikula lerak

Individu	Panikula ke-	Σ kuncup	Σ yang berkembang			Σ tidak berkembang	% yang berkembang			% tidak berkembang
			♂	♀	♂		♀	♀		
1	1	631	417	133	56	25	66,09	21,08	8,87	3,96
	2	701	428	168	79	26	61,06	23,97	11,27	3,71
	3	543	301	146	47	49	55,43	26,89	8,66	9,02
	4	571	325	151	51	44	56,92	26,44	8,93	7,71
	5	620	351	171	47	51	56,61	27,58	7,58	8,23
2	6	583	332	134	65	52	56,95	22,98	11,15	8,92
	7	604	327	157	54	66	54,14	25,99	8,94	10,93
	8	469	249	127	51	42	53,09	27,08	10,87	8,96
	9	753	433	207	62	51	57,50	27,49	8,23	6,77
	10	630	421	135	41	33	66,83	21,43	6,51	5,24
3	11	512	281	143	36	52	54,88	27,93	7,03	10,16
	12	615	332	160	62	61	53,98	26,02	10,08	9,92
	13	617	352	167	39	59	57,05	27,07	6,32	9,56
	14	783	435	221	73	54	55,56	28,22	9,32	6,90
	15	648	351	187	61	49	54,17	28,86	9,41	7,56
4	16	512	281	143	36	52	54,88	27,93	7,03	10,16
	17	615	332	160	62	61	53,98	26,02	10,08	9,92
	18	617	352	167	39	59	57,05	27,07	6,32	9,56
	19	677	363	194	64	56	53,62	28,66	9,45	8,27
	20	698	381	197	65	55	54,58	28,22	9,31	7,88
5	21	583	332	134	65	52	56,95	22,98	11,15	8,92
	22	604	327	157	54	66	54,14	25,99	8,94	10,93
	23	467	249	127	50	41	53,32	27,19	10,71	8,78
	24	510	271	143	49	47	53,14	28,04	9,61	9,22
	25	571	313	165	54	39	54,82	28,90	9,46	6,83
6	26	583	332	134	65	52	56,95	22,98	11,15	8,92
	27	604	327	157	54	66	54,14	25,99	8,94	10,93
	28	488	249	127	61	51	51,02	26,02	12,50	10,45
	29	616	336	179	57	44	54,55	29,06	9,25	7,14
	30	740	405	211	67	57	54,73	28,51	9,05	7,70
	Rerata	605,5	339,5	160,1	55,5	50,4	55,94	26,42	9,20	8,44
	Minimal	467	249	127	36	25	51,02	21,08	6,32	3,71
	Maksimal	783	435	221	79	66	66,83	29,06	12,50	10,93
	Simpangan baku	79,7	54,1	26,4	10,8	10,4	3,42	2,22	1,57	1,87
	Standard error	14,5	9,9	4,8	2,0	1,9	0,6	0,4	0,3	0,3



Lampiran 4. Hasil Uji Beda Data Persentase Perkecambahan Lerak dengan Analisis Varian

Data hasil persentase perkecambahan lerak

Descriptives

Persentase perkecambahan lerak

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1 = kontrol	3	31,11	5,092	2,940	18,464	43,763	26,67	36,67
2 = amplas satu sisi	3	60,00	3,330	1,923	51,728	68,272	56,67	63,33
3 = amplas dua sisi	3	34,44	5,092	2,940	21,794	47,093	30,00	40,00
4 = air panas 50°C 20 menit	3	81,11	5,092	2,940	68,464	93,763	76,67	86,67
5 = air panas 50°C 30 menit	3	72,22	5,091	2,939	59,577	84,870	66,67	76,67
6 = air panas 50°C 40 menit	3	57,78	6,938	4,005	40,543	75,011	50,00	63,33
7 = air panas 65°C 20 menit	3	61,11	5,092	2,940	48,464	73,763	56,67	66,67
8 = air panas 65°C 30 menit	3	58,89	7,696	4,443	39,769	78,005	50,00	63,33
9 = air panas 65°C 40 menit	3	53,33	3,335	1,925	45,049	61,618	50,00	56,67
10 = air panas 80°C 20 menit	3	41,11	5,092	2,940	28,464	53,763	36,67	46,67
11 = air panas 80°C 30 menit	3	42,22	5,091	2,939	29,577	54,870	36,67	46,67
12 = air panas 80°C 40 menit	3	37,78	3,851	2,223	28,210	47,343	33,33	40,00
13 = HCl 80% 5 menit	3	64,44	8,386	4,841	43,612	85,274	56,67	73,33
14 = HCl 80% 10 menit	3	54,45	6,938	4,005	37,213	71,681	46,67	60,00
15 = HCl 80% 15 menit	3	56,67	6,665	3,848	40,110	73,223	50,00	63,33
16 = HCl 90% 5 menit	3	48,89	5,092	2,940	36,237	61,536	43,33	53,33
17 = HCl 90% 10 menit	3	52,22	3,851	2,223	42,657	61,790	50,00	56,67
18 = HCl 90% 15 menit	3	46,67	6,665	3,848	30,110	63,223	40,00	53,33
19 = HCl 100% 5 menit	3	53,33	8,822	5,093	31,419	75,248	43,33	60,00
20 = HCl 100% 10 menit	3	51,11	6,942	4,008	33,866	68,354	43,33	56,67
21 = HCl 100% 15 menit	3	44,45	6,938	4,005	27,213	61,681	36,67	50,00
22 = GA3 80 ppm 30 menit	3	57,78	5,091	2,939	45,130	70,423	53,33	63,33
23 = GA3 80 ppm 60 menit	3	56,67	3,335	1,925	48,382	64,951	53,33	60,00
24 = GA3 80 ppm 90 menit	3	55,56	7,696	4,443	36,439	74,675	46,67	60,00
25 = GA3 90 ppm 30 menit	3	46,67	3,335	1,925	38,382	54,951	43,33	50,00
26 = GA3 90 ppm 60 menit	3	52,22	5,091	2,939	39,577	64,870	46,67	56,67
27 = GA3 90 ppm 90 menit	3	64,44	5,092	2,940	51,794	77,093	60,00	70,00
28 = GA3 100 ppm 30 menit	3	73,33	6,665	3,848	56,777	89,890	66,67	80,00
29 = GA3 100 ppm 60 menit	3	58,89	3,845	2,220	49,338	68,442	56,67	63,33
30 = GA3 100 ppm 90 menit	3	53,33	6,665	3,848	36,777	69,890	46,67	60,00
Total	90	54,07	11,938	1,258	51,574	56,575	26,67	86,67

Hasil uji prasyarat

Uji normalitas distribusi data

NPar Tests

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Persentase perkecambahan lerak	90	54,07	11,94	26,67	86,67

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	Persentase perkecambah-an lerak
N	90
Mean	54,0743
Std. Deviation	11,93786
Absolute	,086
Positive	,086
Negative	-,086
Kolmogorov-Smirnov Z	,816
Asymp. Sig. (2-tailed)	,518

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Hasil uji normalitas distribusi data persentase perkecambahan lerak diperoleh nilai level-p (signifikan) sebesar 0,518 ($p < \alpha = 0,05$) berarti distribusi data tidak menyimpang dari distribusi normal.

Uji homogenitas varian data

Test of Homogeneity of Variances

Persentase perkecambahan lerak

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,609	29	60	,927

Hasil uji homogenitas varian data persentase perkecambahan lerak diperoleh nilai level-p (signifikan) sebesar 0,927 ($p < \alpha = 0,05$) berarti varian data antar perlakuan tidak berbeda (varian data homogen).

Uji beda persentase persentase perkecambahan antar perlakuan

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Persentase perkecambahan lerak

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10850,059(a)	31	350,002	11,071	,000
Intercept	263163,017	1	263163,017	8324,552	,000
ULANG	188,343	2	94,171	2,979	,059
LAKU	10661,716	29	367,645	11,630	,000
Error	1833,547	58	31,613		
Total	275846,623	90			
Corrected Total	12683,606	89			

a. R Squared = ,855 (Adjusted R Squared = ,778)

Hasil uji beda data persentase perkecambahan lerak diperoleh nilai F-hitung sebesar 11,630 dengan nilai level-p (signifikan) sebesar 0,000 ($p < \alpha = 0,05$) berarti perlakuan pematangan dormansi biji lerak berpengaruh terhadap persentase perkecambahan lerak.



Tabel Hasil uji Scott-Knott pengaruh perlakuan pematangan dormansi terhadap persentase perkecambahan

PERLAKUAN	Persentase	SE (<i>standard error</i>)	Notasi Scott-Knott
1 = kontrol	31,11	2,94	a
3 = amplas dua sisi	34,44	1,92	a
12 = air panas 80°C 40 menit	37,78	2,94	a
10 = air panas 80°C 20 menit	41,11	2,94	b
11 = air panas 80°C 30 menit	42,22	2,94	b
24 = HCl 100% 15 menit	44,45	4,01	b
16 = GA3 90 ppm 30 menit	46,67	2,94	b
27 = HCl 90% 15 menit	46,67	4,44	b
25 = HCl 90% 5 menit	48,89	1,93	b
23 = HCl 100% 10 menit	51,11	2,94	c
17 = GA3 90 ppm 60 menit	52,22	2,94	c
26 = HCl 90% 10 menit	52,22	2,22	c
9 = air panas 65°C 40 menit	53,33	4,84	c
15 = GA3 100 ppm 90 menit	53,33	4,01	c
22 = HCl 100% 5 menit	53,33	3,85	c
29 = HCl 80% 10 menit	54,45	2,94	c
21 = GA3 80 ppm 90 menit	55,56	2,22	c
20 = GA3 80 ppm 60 menit	56,67	3,85	c
30 = HCl 80% 15 menit	56,67	5,09	c
6 = air panas 50°C 40 menit	57,78	4,01	c
19 = GA3 80 ppm 30 menit	57,78	4,01	c
8 = air panas 65°C 30 menit	58,89	2,94	c
14 = GA3 100 ppm 60 menit	58,89	1,93	c
2 = amplas satu sisi	60,00	4,44	c
7 = air panas 65°C 20 menit	61,11	1,93	c
18 = GA3 90 ppm 90 menit	64,44	2,94	c
28 = HCl 80% 5 menit	64,44	2,94	c
5 = air panas 50°C 30 menit	72,22	3,85	d
13 = GA3 100 ppm 30 menit	73,33	2,22	d
4 = air panas 50°C 20 menit	81,11	3,85	d

Lampiran 5. Hasil Uji Beda Data Waktu Berkecambah Lerak dengan Analisis Varian
Data hasil waktu berkecambah lerak

Descriptives

Waktu berkecambah

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1 = kontrol	3	67,20	3,013	1,740	59,715	74,685	64,11	70,13
2 = amplas satu sisi	3	44,83	2,676	1,545	38,185	51,482	41,79	46,82
3 = amplas dua sisi	3	46,93	2,686	1,551	40,262	53,605	45,00	50,00
4 = air panas 50°C 20 menit	3	38,67	1,609	,929	34,670	42,663	36,81	39,65
5 = air panas 50°C 30 menit	3	40,65	2,342	1,352	34,829	46,464	37,95	42,17
6 = air panas 50°C 40 menit	3	44,57	3,477	2,007	35,936	53,211	40,61	47,11
7 = air panas 65°C 20 menit	3	45,37	1,805	1,042	40,890	49,857	43,65	47,25
8 = air panas 65°C 30 menit	3	43,50	2,132	1,231	38,205	48,795	41,13	45,26
9 = air panas 65°C 40 menit	3	46,33	1,722	,994	42,049	50,604	44,35	47,50
10 = air panas 80°C 20 menit	3	46,26	2,148	1,240	40,927	51,600	43,92	48,14
11 = air panas 80°C 30 menit	3	50,07	,335	,193	49,234	50,899	49,77	50,43
12 = air panas 80°C 40 menit	3	47,92	1,467	,847	44,280	51,566	46,60	49,50
13 = HCl 80% 5 menit	3	42,23	2,911	1,681	34,999	49,461	40,47	45,59
14 = HCl 80% 10 menit	3	49,79	3,834	2,214	40,262	59,311	45,36	52,06
15 = HCl 80% 15 menit	3	48,34	3,556	2,053	39,502	57,171	44,37	51,24
16 = HCl 90% 5 menit	3	43,94	3,813	2,201	34,469	53,411	39,69	47,06
17 = HCl 90% 10 menit	3	44,83	1,109	,640	42,072	47,581	43,94	46,07
18 = HCl 90% 15 menit	3	47,39	4,064	2,346	37,294	57,486	42,83	50,63
19 = HCl 100% 5 menit	3	45,34	1,710	,987	41,091	49,589	43,38	46,53
20 = HCl 100% 10 menit	3	46,33	2,320	1,339	40,568	52,092	44,81	49,00
21 = HCl 100% 15 menit	3	47,47	2,258	1,304	41,865	53,082	45,07	49,55
22 = GA3 80 ppm 30 menit	3	47,94	3,693	2,132	38,767	57,113	43,89	51,12
23 = GA3 80 ppm 60 menit	3	46,81	1,044	,603	44,215	49,405	45,88	47,94
24 = GA3 80 ppm 90 menit	3	45,11	2,204	1,272	39,633	50,581	42,61	46,78
25 = GA3 90 ppm 30 menit	3	49,66	2,923	1,687	42,403	56,924	47,00	52,79
26 = GA3 90 ppm 60 menit	3	46,72	2,971	1,715	39,337	54,097	44,38	50,06
27 = GA3 90 ppm 90 menit	3	45,24	2,911	1,680	38,009	52,471	43,00	48,53
28 = GA3 100 ppm 30 menit	3	50,08	1,601	,924	46,104	54,056	48,67	51,82
29 = GA3 100 ppm 60 menit	3	46,27	2,265	1,308	40,647	51,900	44,00	48,53
30 = GA3 100 ppm 90 menit	3	44,27	2,648	1,529	37,696	50,851	42,29	47,28
Total	90	46,67	5,090	,537	45,603	47,735	36,81	70,13

Hasil uji prasyarat
Uji normalitas distribusi data
NPar Tests

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Waktu berkecambah	90	46,67	5,09	36,81	70,13



One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	Waktu berkecambah	
N	90	
Normal Parameters(a,b) Mean	46,669	
	Std. Deviation	5,090
Most Extreme Differences	Absolute	,130
	Positive	,130
	Negative	-,081
Kolmogorov-Smirnov Z	1,237	
Asymp. Sig. (2-tailed)	,094	

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.

Hasil uji normalitas distribusi data waktu berkecambah lerak diperoleh nilai level-p (signifikansi) sebesar 0,094 ($p < \alpha = 0,05$) berarti distribusi data tidak meymipang dari distribusi normal.

Uji homogenitas varian data

Test of Homogeneity of Variances

Waktu berkecambah

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,236	29	60	,241

Hasil uji homogenitas varian data waktu berkecambah lerak diperoleh nilai level-p (signifikansi) sebesar 0,241 ($p < \alpha = 0,05$) berarti varian data antar perlakuan tidak berbeda (varian data homogen).

Uji beda persentase persentase perkecambahan antar perlakuan

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Waktu berkecambah

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1904,619(a)	31	61,439	8,872	,000
Intercept	196017,734	1	196017,734	28306,012	,000
ULANG	4,142	2	2,071	,299	,743
LAKU	1900,477	29	65,534	9,463	,000
Error	401,647	58	6,925		
Total	198324,000	90			
Corrected Total	2306,266	89			

a. R Squared = ,826 (Adjusted R Squared = ,733)

Hasil uji beda data waktu berkecambah lerak diperoleh nilai F-hitung sebesar 9,463 dengan nilai level-p (signifikansi) sebesar 0,000 ($p < \alpha = 0,05$) berarti perlakuan pematahan dormansi biji lerak berpengaruh terhadap waktu berkecambah lerak.



Tabel Hasil uji Scott-Knott pengaruh perlakuan pematangan dormansi terhadap waktu berkecambah merak

PERLAKUAN	Persentase	SE (<i>standard error</i>)	Notasi Scott-Knott
1 = kontrol	67,20	1,74	a
13 = GA3 100 ppm 30 menit	50,08	1,55	b
11 = air panas 80°C 30 menit	50,07	1,55	b
29 = HCl 80% 10 menit	49,79	0,93	b
16 = GA3 90 ppm 30 menit	49,66	1,35	b
30 = HCl 80% 15 menit	48,34	2,01	b
19 = GA3 80 ppm 30 menit	47,94	1,04	b
12 = air panas 80°C 40 menit	47,92	1,23	b
24 = HCl 100% 15 menit	47,47	0,99	b
27 = HCl 90% 15 menit	47,39	1,24	b
3 = amplas dua sisi	46,93	0,19	b
20 = GA3 80 ppm 60 menit	46,81	0,85	b
17 = GA3 90 ppm 60 menit	46,72	1,68	b
23 = HCl 100% 10 menit	46,33	2,21	b
9 = air panas 65°C 40 menit	46,33	2,05	b
14 = GA3 100 ppm 60 menit	46,27	2,20	b
10 = air panas 80°C 20 menit	46,26	0,64	b
7 = air panas 65°C 20 menit	45,37	2,35	c
22 = HCl 100% 5 menit	45,34	0,99	c
18 = GA3 90 ppm 90 menit	45,24	1,34	c
21 = GA3 80 ppm 90 menit	45,11	1,30	c
2 = amplas satu sisi	44,83	2,13	e
26 = HCl 90% 10 menit	44,83	0,60	e
6 = air panas 50°C 40 menit	44,57	1,27	e
15 = GA3 100 ppm 90 menit	44,27	1,69	e
25 = HCl 90% 5 menit	43,94	1,72	c
8 = air panas 65°C 30 menit	43,50	1,68	c
28 = HCl 80% 5 menit	42,23	0,92	d
5 = air panas 50°C 30 menit	40,65	1,31	d
4 = air panas 50°C 20 menit	38,67	1,53	d



Lampiran 6. Ringkasan Hasil uji Scott-Knott Pengaruh Perlakuan Pematahan Dormansi terhadap Persentase Perkecambahan dan Rerata Waktu Berkecambah Biji Lerak

Tabel 6.1 Ringkasan Hasil uji Scott-Knott Pengaruh Perlakuan Pematahan Dormansi terhadap Persentase Perkecambahan dan Rerata Waktu Berkecambah Biji Lerak

Kode	Perlakuan	% Kecambah	Waktu (hari)
1	Kontrol	31,11±2,94 ^a	67,20±1,74 ^a
2	Amplas satu sisi	60,00±1,92 ^c	44,83±1,55 ^c
3	Amplas dua sisi	34,44±2,94 ^a	46,93±1,55 ^b
4	Air panas 50°C 20 menit	81,11±2,94 ^d	38,67±0,93 ^d
5	Air panas 50°C 30 menit	72,22±2,94 ^d	40,65±1,35 ^d
6	Air panas 50°C 40 menit	57,78±4,01 ^c	44,57±2,01 ^c
7	Air panas 65°C 20 menit	61,11±2,94 ^c	45,37±1,04 ^c
8	Air panas 65°C 30 menit	58,89±4,44 ^c	43,50±1,23 ^c
9	Air panas 65°C 40 menit	53,33±1,93 ^c	46,33±0,99 ^b
10	Air panas 80°C 20 menit	41,11±2,94 ^b	46,26±1,24 ^b
11	Air panas 80°C 30 menit	42,22±2,94 ^b	50,07±0,19 ^b
12	Air panas 80°C 40 menit	37,78±2,22 ^a	47,92±0,85 ^b
13	HCl 80% 5 menit	64,44±4,84 ^c	42,23±1,68 ^d
14	HCl 80% 10 menit	54,45±4,01 ^c	49,79±2,21 ^b
15	HCl 80% 15 menit	56,67±3,85 ^c	48,34±2,05 ^b
16	HCl 90% 5 menit	48,89±2,94 ^b	43,94±2,20 ^c
17	HCl 90% 10 menit	52,22±2,22 ^c	44,83±0,64 ^c
18	HCl 90% 15 menit	46,67±3,85 ^b	47,39±2,35 ^b
19	HCl 100% 5 menit	53,33±5,09 ^c	45,34±0,99 ^c
20	HCl 100% 10 menit	51,11±4,01 ^c	46,33±1,34 ^b
21	HCl 100% 15 menit	44,45±4,01 ^b	47,47±1,30 ^b
22	GA ₃ 80 ppm 30 menit	57,78±2,94 ^c	47,94±2,13 ^b
23	GA ₃ 80 ppm 60 menit	56,67±1,93 ^c	46,81±0,60 ^b
24	GA ₃ 80 ppm 90 menit	55,56±4,44 ^c	45,11±1,27 ^c
25	GA ₃ 90 ppm 30 menit	46,67±1,93 ^b	49,66±1,69 ^b
26	GA ₃ 90 ppm 60 menit	52,22±2,94 ^c	46,72±1,72 ^b
27	GA ₃ 90 ppm 90 menit	64,44±2,94 ^c	45,24±1,68 ^c
28	GA ₃ 100 ppm 30 menit	73,33±3,85 ^d	50,08±0,92 ^b
29	GA ₃ 100 ppm 60 menit	58,89±2,22 ^c	46,27±1,31 ^b
30	GA ₃ 100 ppm 90 menit	53,33±3,85 ^c	44,27±1,53 ^c

Keterangan: % kecambah: persentase perkecambahan; Waktu (hari): rerata waktu berkecambah. Angka menunjukkan rerata ±SE (*standard error*). Rerata nilai pada kolom yang diikuti oleh huruf notasi yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% uji Scott-Knott.



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Re
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Lampiran 7. Sertifikat Pemakalah Seminar Internasional



KLIAFP

KUALA LUMPUR INTERNATIONAL AGRICULTURE, FORESTRY & PLANTATION CONFERENCE

This certificate is presented to

Sulisetijono

in recognition of his/her participation as

PRESENTER

for the paper entitled

STUDY ON FLOWERING DEVELOPMENT BIOLOGY OF SAPINDUS RARAK DC.

in

**THE 3RD KUALA LUMPUR INTERNATIONAL AGRICULTURE,
FORESTRY & PLANTATION CONFERENCE**

**“Ethical Approach in Agriculture,
Forestry and Plantation for
Sustainable Development”**

21 - 22 MAY 2016

Hotel Putra, Jalan Tun Razak, Kuala Lumpur, Malaysia

Nor Hazani Mat Daud
Chief Executive Officer
WMIT Group Sdn Bhd

Zesdyzar Rokman
Secretary KLIAFP 3

Organised by



WMIT GROUP SDN BHD
(Co. Reg. 1152116-A)

In Collaboration with



PwmGroup
(Co. Reg. 4000010)

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Lampiran 8. Artikel 1 yang Dipublikasikan dalam Jurnal Internasional

*International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation, Vol. 3 (June.)
 ISSN 2462-1757*

2016

STUDY ON FLOWERING DEVELOPMENT BIOLOGY OF *Sapindus rarak* DC.

Sulisetjono

Doctoral Program in Biology, Faculty of Mathematic and Natural Science,
 Brawijaya University, Malang, Indonesia
 Department of Biology, Faculty of Mathematic and Natural Science,
 Universitas Negeri Malang, Indonesia
 Email: sulisetjono@yahoo.com cc. sulisetjono.fmipa@um.ac.id

Estri Laras Arumingtyas

Department of Biology, Faculty of Mathematic and Natural Science,
 Brawijaya University, Malang, Indonesia
 Email: larasbio@gmail.com

Retno Mastuti

Department of Biology, Faculty of Mathematic and Natural Science,
 Brawijaya University, Malang, Indonesia
 Email: mastuti7@ub.ac.id

Serafinah Indriyani

Department of Biology, Faculty of Mathematic and Natural Science,
 Brawijaya University, Malang, Indonesia
 Email: indriyani.serafinah04@gmail.com

ABSTRACT

Sapindus rarak is saponin producing plants belongs to the family Sapindaceae. *Sapindus rarak* has not been cultivated and grows wild in the woods. Utilization of lerak fruit skin includes traditional detergent, biopesticides, and for health purposes. Lerak plants have a potential to be developed. However, the seed production of lerak is very low. An effort to increase the seed production of plants required a basic knowledge on reproductive biology. Descriptive exploratory study was conducted to observe the morphology of flower development of lerak. Observations were conducted on the number of individual flower bloom, the sex of flowers, and the flower arrangement. The length and width of the flower buds on one individual trees with 3 inflorescence were measured. After the bud reach the length of 0.2 mm, observation was carried out every day for 1 week, then once every 2 days until the flowers bloom (35 days). The results showed that lerak inflorescence is a panicle, terminal, erect, conical, and 19-40 cm long. The panicle development can be grouped into four stages: 1) the induction phase of the inflorescence takes 9-10 days; 2) the initiation stage of flowers on the inflorescence was achieved within 15 days; 3) stage of flower differentiation was reached within 30 days; and 4) anthesis stage takes 35 days. The mean percentage of blooming flowers on the inflorescence covers 55.94% of male flowers, female flowers are 26.42%, 9.20% hermaphrodite flowers, and 8.44% of flowers buds did not bloom. The growth rate showed sigmoid pattern.

Key words: *Sapindus rarak*, inflorescences, floral biology

Introduction

Sapindus rarak DC. has the local name lerak (Indonesia) also known as rerek (Sunda), klerek, werak (Java) or lamuran (Palembang) (Kasahara & Hemmi, 1986). Lerak belongs to the family Sapindaceae, similar family with rambutan (*Nephelium lappaceum* L.), kelengkeng [*Euphoria longan* (Lour.) Steud], lychee (*Litchi sinensis* Sonn.), and kiara payung [*Filicium decipiens* (W. & A.) Thw.]. Another species within similar genus with *Sapindus rarak* is *S. mukorosi*, *S. emarginatus*, and *S. saponaria*. Lerak habitus is trees shaped with an average height of 10 m, although it can reach 42 meters with the diameter of 1 m. It has hard fruit, circular shaped, 2-2.5 cm midline, on the ventral side is flat, and has a hard seed coat (Backer and Bakhuizen van den Brink, 1965). The colour of ripe outer pericarp is dark or blackish brown, with the smooth or shiny fruit surface. The pericarp is a little bit slimy and has fragrant aroma (Udamo, 2009). In Indonesia lerak has never been cultivated, it grows as home gardener trees rather than as the main plant with the population of about 1-2 trees..

Lerak fruit pericarp contains saponins which produce foam, while the seeds contain oil. The saponins is mostly found in the pericarp (Sunaryadi, 1999 & Stoffels, 2008). Based on the existence of saponins, lerak pericarp is used as a natural washers, biopesticides, and in health.

Lerak pericarp as traditional detergents have been utilized by the people of Indonesia, especially for washing clothes and lightening the color of batik fabric that is durable and does not fade (Herman, 2007; Stoffels, 2008). Vegetable soap made from lerak fruit (pericarp) which is one example of environmentally friendly soap, providing more benefits in terms of environmental protection, compared to artificial chemical soap. Botanists classify lerak as biopesticides, as the saponin content of the fruit skin can be used for killing insects such as mosquitoes and cockroaches, as well as earthworms exterminator (Nunik, 1998). Saponins from *Sapindus rarak* also have moluscicidal activity (Hamburger et al., 2007).

Saponin in the pericarp of lerak can be used to treat acne, eliminating head lice and rheumatism drugs (Kasahara & Hemmi, 1986). Saponins in the lerak pericarp can also be used as a male and female contraceptive, because they have anti-implantation, estrogenic and anti spermatogenesis effects (Winarno & Sundari, 1997). Arulmozhi et al. (2005) states that the pericarp of lerak has also been used in traditional medicine to cure emetic or vomiting, chlorosis, epilepsy, antimigraine, and a contraceptive.

The saponin content of lerak can increase the potential benefits of local flora Indonesia. The plants lerak increasingly overlooked, this must be the cultivation of lerak. Since Lerak plants have a potential prospect to be developed, it is important to ensure the availability of lerak seed. In an effort to increase the production of plants required a basic knowledge of reproductive biology. Flowers play an important role in crop production. This research aims to study the morphology of flower development of lerak. The results of this study can add information about the reproductive biology of plants of lerak in efforts to increase fruit production.

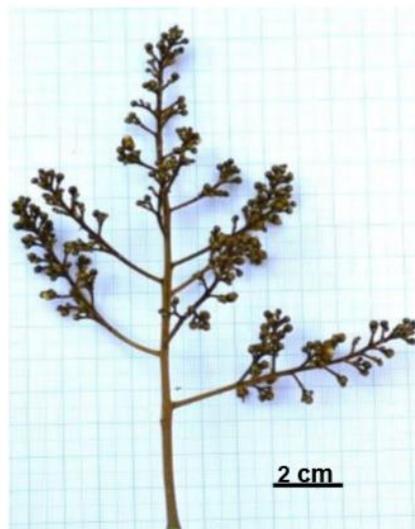
Materials and Methods

Descriptive exploratory study of flower development of lerak was conducted in September 2015 to November 2015. The pattern of inflorescence was determined by observing 5 inflorescences of 6 individuals (Muhibbudin, 1992) with inflorescence length of 25 cm. Observation was conducted on the lerak tree that grows in Materia Medica Batu and Malang. Observation was carried out against the number of flower buds bloom, the sex of flowers, and flower arrangement. Observations of the development of flower morphology was done by measuring the length and width of the flower buds of 3 inflorescence on one individual trees. Having obtained the bud with a length of 0.2 mm observation was carried out every day for 1 week, then once every 2 days until the flowers bloom (35 days).

Results and Discussion

The inflorescence arrangement of lerak is panicle located in the terminal part of the plant (Figure 1). The inflorescence has a main stalk which has many branches, and each branch produces some branches again in the same way as the main stalk. The length of branches from the bottom to the top is getting shorter to form a cone-shaped inflorescence. The flowers that appear on the branches of the inflorescence is cymosa. The length of the inflorescence ranging in size from 19 cm to 40 cm. The most prevalent size (78% of the inflorescence) is 30-35 cm. Panicle inflorescence types is also found in other Sapindaceae family like in *Euphoria longan* (Lour.) Steud, *Paranepheium macrophyllum* King, *Litchi sinensis* Sonn., and *Sapindus saponaria* (Muhibbudin, 1992; Keng, 1969; Saucó & Menini, 1989; Hodel, 2012).

Figure 1. Patterns of inflorescence panicle on Lerak



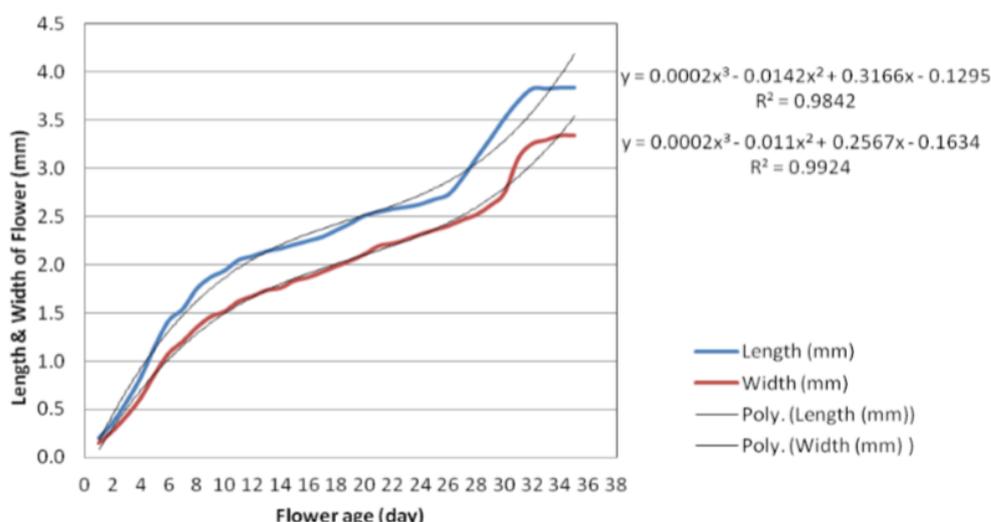
Flower developments occurred during the 35 days of induction of flowering until the floral anthesis. Lerak panicle development can be grouped into four stages: 1) the induction phase of the inflorescence takes 9-10 days; 2) the initiation stage of flowers on the inflorescence is required 15 days; 3) stage of differentiation of flower required 30 days; and 4) anthesis stage takes 35 days. The period of lerak flower development is different from *Euphoria longan* flower development which takes 13-14 days (Muhibbudin, 1992) and is almost equal with the development *Syzgium pycnanthum* for 26-31 days (Muhdiana & Ariyanti, 2010).

At each panicle there are buds in various stages of development. The number of growing flower buds ranged from 467 to 783 pieces with a mean of 605.5 ± 79.7 . The flower buds developing in panicle consists of male flowers, flowers hermaphrodite and female flowers. The size of hermaphrodite flowers and female flowers were similar, and they can be found at the end of the twigs. The number of male flowers that develop in each panicle more than the hermaphrodite and female flowers. The male flowers,

female flowers and hermaphrodite flowers that reach blooming stage was 55.94%, 26.42% and 9.20% respectively. Flower buds that were not reach blooming stage and subsequently wither and fall was 8.44%. The three kinds of lerak flowers were found on one tree. Saucó & Menini (1989) reported that *Litchi sinensis* has three types of flowers on each inflorescence in the tree (polygamnoecious). These three types of flower were distinct in the level of sexual development, namely male flowers, hermaphrodite flower type that serves as a female flower and hermaphrodite flower type that serves as male flowers. *Nephelium lappaceum* has two types of flowers which are male and hermaphrodite flowers on separate trees (Lan, 1984). Sex variation is also shown in *Euphoria longan* which has three types of flowers, male flowers, female flowers and hermaphrodite flowers which are found on the same or different tree (Sunanto, 1990).

At the same stage of development, the female and hermaphrodite flowers have the same shape and size. The growing period of lerak flower since 2 mm length to flowers bloom lasts for 35 days. The average length and width of the three types of flowers at blooming stage was 3.84 mm and 3.34 mm, respectively (Figure 2).

Figure 2. The growth of flowers lerak



It appears that the growth of lerak flower follow the pattern of the sigmoid curve. Sigmoid pattern of growth was also reported on the increase of the length and width of flowers *Euphoria longan* (Muhibbudin, 1992) and *Litchi sinensis* (Saucó & Menini, 1989).

Conclusion

1. Lerak inflorescence is panicle with cymosa flowers branches, terminal, erect, like a cone.
2. Development of lerak panicle can be grouped into four stages: 1) the induction phase of the inflorescence takes 9-10 days; 2) the initiation stage of flowers on the inflorescence required 15 days; 3) stage of differentiation of interest required 30 days; and 4) anthesis stage takes 35 days.
3. The male flowers, female flowers and hermaphrodite flowers that reach blooming stage was 55.94%, 26.42% and 9.20% respectively. Flower buds that were not reach blooming stage and subsequently wither and fall was 8.44%. The growth curve showed sigmoid pattern.

References

- Arulmozhi, D.K.; Veeranjanyulu, A.; Bodhankar, S.L.; Arora, S.K. (2005). Effect of *Sapindus trifoliatus* on hyperalgesic in vivo migraine models. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 38 (3): pp. 469–475.
- Backer, C.A. & Bakhuizen van den Brink, R.C. (1965). *Flora of Java, Vol. 2*. The Netherlands- Groningen N.V. P. Noordhoff.
- Hamburger, M.; Scalani, I.; Hostettmann, K.; Dyatmiko, W. & Sutarjadi. (2007). *Acetylated saponins with molluscicidal activity from Sapindus rarak: Unambiguous structure determination by proton nuclear magnetic resonance and quantitative analysis*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pca.2800030507/abstract>. Accessed 2 April 2012.
- Hermawan, E. (2007). Rerak and saponin able to repel the golden snail. *Agrotek Magazine*. 28 June.
- Hodel, D.R. (2012). Trees in the landscape, Part 6: *Sapindus saponaria*. Winter: Western Arborist.
- Kasahara, S. & Hemmi, S. (ed.) (1986). *Medicinal Herb Index in Indonesia*. Jakarta: PT. Eisai Indonesia.
- Keng, H. (1969). *Order and Families of Malayan Seed Plants*. Singapore-Kuala Lumpur: University of Malaya Press.

PHYSICAL AND CHEMICAL TREATMENTS TO BREAK SEED DORMANCY ON LERAK (*Sapindus rarak* DC.)

Sulisetijono¹, Estri Laras Arumingtyas², Retno Mastuti², Serafinah Indriyani²

¹ Doctoral Program in Biology, Faculty of Mathematic and Natural Science, Brawijaya University, Malang, Indonesia; Department of Biology, Faculty of Mathematic and Natural Science, Malang State University, Indonesia.

² Department of Biology, Faculty of Mathematic and Natural Science, Brawijaya University, Malang, Indonesia.

ABSTRACT

Sapindus rarak, which has local name as lerak, is a saponin producing plant belongs to the family Sapindaceae. Lerak has not been cultivated and grows wild in the forest. Utilization of lerak fruit pericarp includes traditional detergent, biopesticides, and for health purposes. *Sapindus rarak* and its related species in the genus are known for their delayed, uneven and low germination that in turn inhibit the regeneration. *Sapindus* genus usually undergo physical or physiological dormancy. Seed germination can be increased after the treatment of sand paper scarification, hot water, hydrochloric acid or gibberellin treatments. This study aimed to evaluate the effect of sand paper scarification, hot water, *hydrochloric* acid or gibberellin treatments on seed dormancy breaking of lerak. Germination experimental unit is a tray filled with a mixture of garden soil and sand in the ratio of 1 : 1. Each tray contains 30 seeds of 3 replications arranged in a randomized block design. The data on seed germination was collected daily and continued until complete germination (maximum up to 90 days). Parameters recorded were germination percentage and median length of germination time (MLG). The study showed that the highest percentage of germination (81.11%) and the shortest MLG (38.67 days) was shown by the treatment of hot water soaking with the temperature of 50°C for 20 minutes. The lowest percentage of germination (31,11%) and the longest MLG (67.20 days) was shown by the control (untreated) seeds.

Keywords: *Sapindus rarak*, seed scarification, GA₃ soaking, seed germination

INTRODUCTION

Sapindus rarak DC. has local names lerak (Indonesia), rerek (Sunda), klerek, werak (Java) or lamuran (Palembang) (Kasahara & Hemmi, 1986). Lerak belongs to the family Sapindaceae, other species of similar genus with *Sapindus rarak* is *S. mukorossi*, *S. emarginatus*, and *S. saponaria*. Lerak plants which has the shaped trees grow well in almost all types of soil and climatic conditions, from the lowlands to the mountains with an altitude of 450-1500 m above sea level (Udarno, 2009). The average tall of lerak tree is 10 m, although it can reach 42 meters with diameter 1 m. Lerak commonly grows wild in the forest and shade grown.

Lerak fruit pericarp contains saponin, while the seeds contain oil (Sunaryadi 1999 & Stoffels, 2008). Lerak pericarp is used for washing batik cloth in Java and maintaining the color of the fabric to become more durable and does not fade (Herman, 2007; Stoffels, 2008), and also commonly used to wash precious metals made jewelry (Fatmawati, 2014), natural washers, biopesticides, and utilized for health purposes (Piputri & Lutfiati, 2014; Mediana & Prijono, 2014; Silviani & Puspitaningrum, 2015).

The usage of lerak based soap is one example of an environmentally friendly soap. The advantages of using lerak soap compared to artificial chemical soap more in terms of environmental protection. Lerak can be classified as a biopesticide crop because the saponin content of lerak pericarp can be used as insect (mosquitoes and cockroaches) killers. Saponins content of lerak may also have anthelmintic and molluscicidal activities (Nunik, 1998; Hamburger et al., 2007).

Based on it is multifunctional benefits, lerak plants need to be conserved. Lerak can be propagated by seed, so lerak seedling can be obtained in large quantities without the need of sophisticated equipment and does not require high costs. However, there is a problem in lerak propagation. Lerak has a low propagation success rate and have a low germination rate (Sunlayanuban, 1991). Seed germination of similar genus with lerak namely *Sapindus mukorossi*, *Sapindus emarginatus* and other species, were known to be low, long and uneven (Thapa & Gautam, 2005; Dobhal et al., 2012; Swaminathan & Revathy, 2013).

Mature and ripe seed which is ready to germinate requires appropriate climatic and growing conditions to be able to break dormancy and begin the process of germination. Seeds can undergo physical and physiological dormancy (Sutopo, 2002). Physical dormancy is caused by structural barriers to germination, such as a hard seed coat and waterproof and mechanical



resistance of the seed coat to the growth of the embryo. Physiological dormancy caused by a number of physiological factors including plant growth regulators or immature embryos.

Sapindus genus has the type of physical or physiological dormancy (Cook et al., 2008). Physical dormancy in *Sapindus* is caused by the existence of the hard seed coats (testa) which interfere the absorption of water. Lerak seeds also has structure of the hard testa as well as kepel (*Stelechocarpus burahol*) that can lead to the difficulty of germinate (Isnaeni & Habibah, 2014).

Physiological dormancy is caused by physiological processes in seeds such as embryo immaturity. Embryonic development stages include pre-embryo quadrant and octane, globular, heart, torpedo stages in the seed. Embryos that not fully developed or immature, which is still in the torpedo stage, requires a certain period of time in order to germinate (Cook et al., 2008). Sautu (2004) states that seeds of *Sapindus saponaria* have physiological dormancy type with median length of germination time (MLG) normally of 74 days.

Gibberellin has been reported to be able to overcome seed dormancy in many species, so that seeds can germinate and the mobilization of endosperm reserves during the early stages of seed germination (Hopkins & Huner, 2008). One of the effects of gibberellins in seeds is pushing radicle cell elongation so that it can penetrate the endosperm, seed coat or rind that limits growth (Salisbury & Ross, 1992). Gibberellin can be produced by the plants, but the amount is not enough to stimulate seed germination mainly on hard-testa seed (Asra, 2014). Soaking the hard-testa seed with GA₃ usually been done to speed up the germination process.

Plant growth regulators Sakawa (cytokinin, Gandasil D, *Chlorella pyrenoidosa*) has been reported effective on increasing seed germination and seedling growth of lerak in compost media (Sumiasri et al. , 2010). Sakawa with the concentration of 2 mL/L gave the best effect on the growth parameters observed (percent germination, plant tall, leaf number, root length, and number of roots).

Seed dormancy on lerak also likely caused by the barrier of seed coat (testa). Woods (2004) states that physical scarification on lerak seeds can accelerate seed germination. Soaking the seeds in hot water is able to soften and open the pores of the hard seed testa (Baskin et al., 2004). Soft seed testa will allow water to be easily absorbed by the seed so that the physiological processes in seed germination can take place and happen.

The germination percentage and germination rate in lerak seed treated with sandpaper scarification and soaking the seeds in hot water of 65°C for 20 minutes resulted in better germination and seedling growth than soaking the seeds with KNO₃ solution or untreated seeds

and soaking in auxin (Wardhani & Elik, 2007). Seed germination of *S. mukorossi* increased (32%) after been given hot water treatments than untreated seeds (Dobhal et al., 2012). The germination of *S. mukorossi* treated with saturated hydrochloric acid scarification for 75 and 110 minutes effective to accelerate and increase germination of *S. mukorossi* (Thapa & Gautam, 2005).

This study aimed to evaluate the effect of sand paper scarification, hot water, hydrochloric acid or gibberellin treatments on seed dormancy breaking of lerak for developing an extensive and well-planned lerak cultivation.

MATERIALS AND METHODS

Lerak seeds material

The physiologically matured fruit of lerak were obtained from a one plants grown in the Malang city. The collection was made in the month of February until April, 2015. The fruit dried at under shade room temperature and stored in plastic sacks until October 2015.

Treatments for dormancy breaking

Factors for dormancy breaking applied in this study includes sand paper scarification, hot water, hydrochloric acid or gibberellin treatments. **Sand paper scarification** consist of two variation as to scarify testa at 1) hilum, 2) hilum and back seed position. **Hot water treatment:** The seeds were soaked separately in three level of hot water (50°C, 65°C, 80°C) for 20, 30, 40 min. **Hydrochloric acid treatment:** The seeds were presoaked separately in three level concentration of HCl (80%, 90%, and concentrated) for 5, 10, 15 min. After treatment the seeds were washed 5 times with distilled water to remove the traced of acid and transferred to trays for germination. **Gibberelin treatment:** The seeds were soaked in three level of GA₃ at 80, 90, and 100 ppm for 30, 60, 90 min separately.

Germination experimental unit is a tray filled with a mixture of garden soil and sand to 1 : 1. Each tray contains 30 seeds 3 replications arranged in a randomized block design.

Data collection

The seed germination data was collected daily and continued until all the seeds germinated (maximum up to 90 days). Parameters recorded were germination percentage (g) and median length of germination time (MLG).



$$g = N_g/N_s \times 100$$

where: N_g = number of seeds germinated,

N_s = total number seeds,

$$MLG = (N_1 \times H_1) + (N_2 \times H_2) + \dots + N_k \times H_k / N_1 + N_2 + \dots + N_k,$$

where MLG = median length of germination time,

N = number of seeds germinated on particular day (i),

H = day of emergence for germination

(Sautu, 2004; Kamble et al., 2013; Sandi et al., 2014).

Statistical analysis

The data were analyzed statistically using Anova (non-Factorial) in Randomized Block Design at the 5% probability level (Gomez and Gomez, 1986). Means differing significantly were compared using Scott-Knott test at the 5% probability level. Variability in the data has been expressed otherwise as mean \pm SE (standard error).

RESULTS AND DISCUSSION

Germination percentage

All the treatment apply in this study enhanced the percentage of germination. The highest percentage of germination (81.11%) was shown by the treatment of hot water soaking with the temperature of 50°C for 20 minutes and the lowest percentage of germination (31,11%) was shown by the control (untreated) seeds (Figure 1 A). The results of analysis of variance showed that the kind of treatment affect on germination percentage of lerak. Scott-Knott test results show that soaking hot water with the temperature of 50°C for 20 minutes resulted in germination percentage (81.11 %) were not significantly different from the treatment of GA₃ 100 ppm for 30 minutes (73.33 %), and hot water soaking with the temperature of 50°C for 30 minutes (72.22 %) (Figure 1A). The soaking hot water with the temperature of 50°C for 20 minutes was significantly different from other kinds of treatments.

Among the treatment of the seed coat sandpaper scarification, the highest percentage of germination (60.00%) was shown by treatment of the seed coat sanding on the side of the hilum, followed by the sanding on the two sides (34.44%), and by the untreated (31.11%) respectively. Whereas the treatment of hot water showed that hot water soaking with the temperature of 50°C for 20 minutes gave the highest percentage of germination (81.11%), followed the temperature of 50°C for 30 minutes (72.22%). The lowest percentage (37.78%) was shown the temperature of 80°C for 40 minutes. For the hydrochloric acid treatment, HCl 80% soaking for 5 minutes gave

the highest percentage of germination (64.44%) on the other hand treatment of HCl 100% for 15 minutes gave the lowest percentage of germination (44.45%). For the gibberelin soaking treatment, the highest percentage of germination (73.33%) was shown by the treatment of GA₃ 100 ppm for 30 minutes and the lowest percentage (46.67%) was shown treatment of GA₃ 90 ppm for 30 minutes.

Median length of germination time (MLG)

The median length of germination time (MLG) was also accelerated by all the treatment apply in this study. The fastest MLG (38.67 days) was shown by the treatment of hot water soaking with the temperature of 50°C for 20 minutes and the longest MLG (67.20 days) was shown by the control (untreated) seeds (Figure 1B). Results of analysis of variance showed that the kind of treatment affect the MLG of lerak. Scott-Knott test results show that soaking hot water with the temperature of 50°C for 20 minutes resulted germinate the fastest time (38.67 days), but not significantly different with hot water soaking with the temperature of 50°C for 30 minutes (40.65 days), and treatment of HCl 80% soaking for 5 minutes (42.23 days) and significantly different from other kinds of treatments.



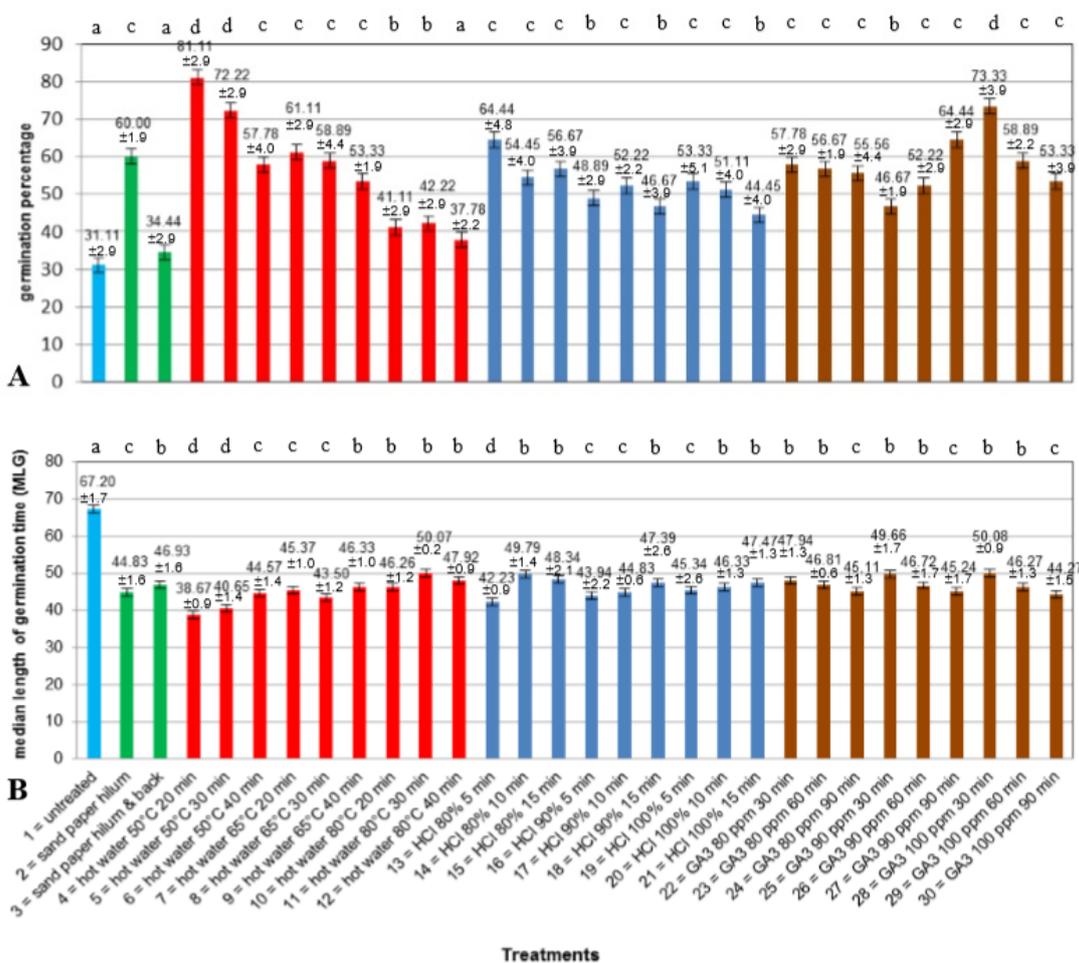


Figure 1. Effect of physical and chemical dormancy breaking treatment on germination percentage and median length of germination time (MLG) of lerak seed.

A. Germination percentage; B. median length of germination time (MLG).

■ untreated; ■ the treatment of sandpaper scarification; ■ the treatment of hot water; ■ the treatment of hydrochloric acid; ■ the treatment of gibberelin.

Numbers above column showed the mean ± SE (standard error). Notation by same letter above graph are show not significantly different at the 5% level with Scott-Knott test.

For sandpaper scarification treatment, the fastest MLG (44.83 days) was shown by sanding one the side of the hilum, followed by the sanding on the two sides (46.93 days), and by the untreated (67.20 days) respectively. Whereas hot water soaking with the temperature of 50°C for 20 minutes gave the fastest percentage of MLG (38.67 days), followed the temperature of 50°C for 30 minutes (40.65 days). The longest MLG (50.07 days) was shown the temperature of 80°C for 30 minutes. For the hydrochloric acid treatment, HCl 80% soaking for 5 minutes gave the fastest of MLG (44.23 days) on the other hand treatment of HCl 80% soaking for 10 minutes gave the lowest of MLG (49.79 days). For the gibberelin soaking treatment, the fastest of MLG (44.27 days) was shown by treatment of GA₃ 100 ppm for 90 minutes and the longest (50.08 days) was shown by treatment of GA₃ 100 ppm for 30 minutes.

Lerak seed testa is impermeable for water (physical dormancy). In lerak seeds, hard testa structure as the main obstacle that resulted dormancy (Sautu et al., 2007). The treatment of the seed testa by sandpaper scarification facilitated water into the seeds for imbibition and facilitated germination. Whereas the seeds that were not sanded cannot absorb water well. Sanding of testa on two sides of the hilum and seed back, causing too much water entered the seed, so the seeds were oversaturated causing lower germination percentage and took longer time to germinate than the sanding on one side of the seed testa.

Soaking the seeds in hot water resulting in better seed germination and growth than the control (no treatment). The seed coat is made permeable to water through the hot water imbibition. Soaking seeds with hot water is able to soften and open “gap water” in the hard seed coat (Baskin et al., 2004). The softer seed coat caused water easily absorbed but slow enough to give a chance to the seed to facilitate physiological processes in seed germination to take place and happen.

Seed scarification can also be done with hydrochloric acid treatment. Soaking with hydrochloric acid also allows water entering the seeds for imbibition and facilitate germination. Chloride acid hydrolyze and increase the permeability of the seed coat. Acid scarification leads to partial or complete removal of inhibitors substances and weakening of the hard and impermeable seed coat (Naikawadi et al., 2012).

Seed growth can be stimulated by endogenous hormones seeds to germinate to produce normal seedling in unfavorable circumstances (Salisbury & Ross, 1992). Exogenous plant growth regulator that is given will interact with endogenous hormones. Growth hormone levels capable of causing a bit of a reaction either biochemical, physiological and morphological, which serves to influence the growth and development of plants. Gibberellin was able to overcome seed

REFERENCES

- Asra, R. (2014). Effect of hormone gibberellin (GA₃) on germination and vigoritas *Calopogonium caeruleum*. *Biospecies* 7 (1): 29-33.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14: 1 –16.
- Baskin J.M., Davis, B.H., Baskin, C.C., Gleason, S.M. & Cordell, S. (2004). Physical dormancy in seeds of *Dodonaea viscosa* (Sapindales, Sapindaceae) from Hawaii. Abstrak. *Seed Science Research*: 14 (1): 81-90.
- Cook, A; Turner, S.R.; Baskin, J.M.; Baskin, C.; Steadman, K.J. & Dixon, K.W. (2008). Occurrence of physical dormancy in seeds of Australian Sapindaceae: A Survey of species in nine genera. *Annals of Botany*. 101: 1349-1362.
- Dobhal, U., Bhandari, S., Bisht, S. & Bisht, N.S. (2012). Seed germination of *Sapindus mukorossi*. *Life Sciences Leaflets*. 3: 60-63
- Fatmawati, I. (2014). Effectiveness of fruit lerak (*Sapindus rarak* De Candole) as a cleaning material metallic silver, bronze, and iron. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Indonesia*. 8 (20): 24-31.
- Gomez, K.A. & Gomez, A.A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2 ed.). NewYork: John wiley and Sons, 680p.
- Hamburger, M.; Scalanin, I.; Hostettmann, K.; Dyatmiko, W. & Sutarjadi. (2007). *Acetylated saponins with molluscicidal activity from Sapindus rarak: Unambiguous structure determination by proton nuclear magnetic resonance and quantitative analysis*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pca.2800030507/abstract>. Diakses 2 April 2012.
- Hopkin, W.G. & Huner, N.P.A (2008). *Introduction to Plant Physiology*. Fourth Edition. Hoboken, New Jersey United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Hermawan, E. (2007). Rerak and saponin able to expel snails. *Majalah Agrotek*. 28 Juni.
- Isnaeni, E. & Habibah, E. (2014). Effectiveness of scarification and soaking temperature on seed germination Kepel [*Stelechocarpus burahol* (Blume) Hook f. & Thompson] in vitro and ex vitro. *Jurnal MIPA*. 37 (2): 105-114.

- Kamble, V.R., Sayed, B.K., & Kavade, S.P. (2013). Effect of some pre-sowing treatments on *Sapindus laurifolius* seed germination. *Journal of Research in Plant Sciences*. 2 (2): 205-212.
- Kashahara, S. & Hemmi, S. (ed.) (1986). *Medicinal Herb Index in Indonesia*. Jakarta: PT. Eisai Indonesia.
- Mediana, G. & Prijono, D. (2014). Influence of heating and storage to extract the insecticidal activity lerak (*Sapindus rarak*) larvae *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Crambidae). *Agrovigor*. 7 (2): 90-98.
- Nunik, S.A. (1988). The use of lerak fruit *Sapindus lerak* de Candole as an insecticide. Jakarta: *Center for Research and Development of Health Ecology*.
- Nurshanti, D, F. (2009). Growth regulator giberellin acid (GA₃) and the influence of the king palm seed germination (*Roystonea regia*). *Agronobis*, Vol. 1 No.2, September 2009.
- Piputri, D.A. & Lutfiati, D. (2014). The influence of the frequency of washing by using lerak (*Sapindus rarak* De Candole) on the sharpness of the dulit color batik Gresik. *e-Journal Edisi Yudisium Periode Pebruari 2014 Unesa*. 03(01): 175-179
- Salisbury, F.B. & Ross, C.W. (1992). *Plant Physiology*. 4th edition. California: Wadsworth Publishing Inc.
- Sandi, A.L.I., Indriyanto & Duryat (2014). Seed size and scarification with hot water on seed germination tree “kuku” (*Pericopsis mooniana*). *Jurnal Sylva Lestari*. ISSN 2339-0913. 2 (3): 83—92.
- Sautu, A. (2004). *Ecology, morphology, and germination physiology of tree seeds in tropical semievergreen forest in the Panama Canal Watershed, with special reference to seed dormancy classes along a precipitation gradient*. Master Thesis. University of Kentucky.
- Sautu, A., Baskin, J.M., Baskin, C.C., Deago, J. & Condit, R. (2007). Classification and ecological relationships of seed dormancy in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Seed Science Research*. 17: 127-140.
- Silviani, Y. & Puspitaningrum, A. (2015). Test the effectiveness of ethyl acetate and ethanol extracts of fruit lerak (*Sapindus rarak*) on the growth of *Enteropathogenic Escherichia coli* dan *Enterotoxigenic Escherichia coli*. *Biomedika*. 8 (1): 1-6.
- Srivastava, L.M. (2002). *Plant Growth and development: Hormone and environment*. Orlando-Florida: Elsevier Science

