



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI VARIASI BENTUK BUNGA *Hibiscus rosa-sinensis* L.  
SECARA MORFOLOGI, ANATOMI, DAN MOLEKULAR  
DI KAMPUS UI, DEPOK**

**SKRIPSI**

**RIKA PRIHATININGSIH  
0606070232**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN BIOLOGI  
DEPOK  
JULI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI VARIASI BENTUK BUNGA *Hibiscus rosa-sinensis* L.  
SECARA MORFOLOGI, ANATOMI, DAN MOLEKULAR  
DI KAMPUS UI, DEPOK**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains**

**RIKA PRIHATINGSIH  
0606070232**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN BIOLOGI  
DEPOK  
JULI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Rika Prihatiningsih

NPM : 0606070232

Tanda Tangan : 

Tanggal : 11 Juli 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Rika Prihatiningsih  
NPM : 0606070232  
Program Studi : Biologi  
Judul Skripsi : Studi variasi bentuk bunga *Hibiscus rosa-sinensis* L.  
secara morfologi, anatomi, dan molekular  
di Kampus UI, Depok

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Andi Salamah (.....)

Penguji I : Dr. Nisyawati (.....)

Penguji II : Dra. Lestari Rahayu, M.Sc (.....)

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 11 Juli 2011

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Semesta Alam, Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Saya merasakan begitu banyak karunia dan kemudahan yang Allah berikan selama penelitian dan penulisan skripsi ini. Shalawat serta salam juga tercurah kepada Baginda Nabi besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Biologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Saya begitu menyadari, tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Andi Salamah selaku dosen pembimbing yang sangat menginspirasi, yang telah mengajarkan banyak hal, dan rela menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran dalam pendampingan selama penelitian hingga penulisan skripsi.
- (2) Dr. Nisyawati dan Dra. Lestari Rahayu, M.Sc. selaku Penguji I dan II yang terus memberikan ilmu, dan saran yang membangun demi kelayakan skripsi ini, serta atas semua inspirasi, teladan, semangat dan dorongan untuk terus menuntut ilmu dan berkarya.
- (4) Dr. Upi Chairun Nisa sebagai pembimbing akademik dan orang tua kedua yang telah mengiringi, memberikan nasihat, bimbingan, serta semangat sejak awal masa perkuliahan hingga selesai.
- (5) Dr.rer.nat. Yasman, Dr. Abinawanto, Dr. Anom Bowolaksono, Drs. Ellyzar I.M. Adil, M.S. (alm), Dr. Dadang Kusmana, M.S., Dr. Susiani Purbaningsih, Mega Atria, M.Si., dan Dian Hendrayati, M.Sc., serta seluruh dosen yang telah mengajari penulis berbagai ilmu yang sangat bermanfaat.

- (6) Dr.rer.nat. Mufti Petala Patria dan Dra. Nining Betawati Prihantini, M.Sc. sebagai ketua dan sekretaris Departemen Biologi yang telah banyak membantu dalam segala proses seminar, sidang, hingga kelulusan.
- (7) Asri Martini, S.Si., Sutini, S.Si., (*Angels of Hibiscus*) yang telah banyak membantu, juga atas kebersamaan dan keceriaan, serta semangat selama penelitian hingga penulisan skripsi. Juga kepada Pak Taryana dan Pak Arif yang banyak membantu selama penelitian berlangsung.
- (8) Ayah, dan Ibu yang selalu mengiringi dengan doa yang tidak pernah putus, nasihat, dorongan, semangat, dan kehangatan keluarga yang menjadi energi tersendiri untuk terus menuntut ilmu, berjuang, menjadi yang terbaik, dan bermanfaat bagi masyarakat. Semoga, saya bisa menjadi anak yang dapat membanggakan dan membahagiakan mereka. Adik-adik yang sangat saya sayangi, Rani dan Rahmat yang senantiasa membantu, mengiringi dengan penuh keceriaan, dan kebersamaan.
- (9) Dr. Yunus Daud, Dr. Syamsu Rosid, Dr. Yon Mahmudi, Banu Muhammad, M.SE., Faiz Husnayain, ST., Hapsarini Nelma, S.Psi., Havid Aqoma, Tubagus Farih Mufti, S.Sos., dan dr. Muhamad Adrin yang senantiasa memberikan ilmu, nasihat, semangat, dan inspirasi bagi penulis untuk terus berprestasi.
- (10) Felix (Federation of Biology O' six), khususnya Sholia, Henny, Eva, Betty, Fido, Iqbal, Eko, Rahmat, Maulida, Vinda, Vita, Asma, Adit, Indah, Lina, Mardha, Nia, Elly, Lili, Suci, Nurma, Ardi, Anjar, dan Bhe yang telah berbagi ilmu, dan persahabatan sejak masa-masa sibuk perkuliahan, penelitian, hingga penulisan skripsi. Semoga persahabatan ini terus berlanjut.
- (11) Sahabat-sahabat alumni SMA 28 '2006 (Rabithah 28), seperti Lastri, Mega, Pipit, Asiah, Ajeng, Mba Fini, Santi, Nisa, Mei, Meli, Agung, Tifta, Tino, Fajar, Yunus, Ridho, Riyandi, Ari, Raka, yang menjadi sahabat terbaik sejak SMA hingga kini. Juga atas segala prestasi dan inspirasi untuk meraih mimpi dan cita.
- (12) Seluruh Rakor SALAM UI X2, panitia 4<sup>th</sup> *International Symposium: from Jakarta to Gaza strip*, dan 3<sup>rd</sup> *International Youth Gathering*, serta seluruh

pengurus Badan Koordinasi Fakultas yang mengajarkan arti kebersamaan, perjuangan, dan semangat untuk terus berkontribusi.

(13) Adik-adik SMA 28, SMA Nurul Fikri, SMA Smart Ekselensia, dan Salemba Group yang mengiringi masa-masa skripsi penulis dengan canda tawa, keceriaan, semangat, dan doa.

(14) Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-satu, yang telah membantu, mendoakan, dan menjadi inspirasi bagi saya. Jazakumullah khairan katsir.

Saya sangat menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan.

Meskipun demikian, semoga dapat menjadi kontribusi kecil bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

**“Ya Allah, berikanlah kemanfaatan kepada kami dari apa yang  
Kau ajarkan kepada kami, dan ajarkanlah kepada kami apa-  
apa yang bermanfaat kepada kami.”**

**“Maka, apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), maka  
kerjakanlah (urusan yang lain) dengan sungguh-sungguh dan  
hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”**

**(Al-Insyirah: 7-8)**

Penulis

2011

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rika Prihatiningsih  
NPM : 0606070232  
Program Studi : S-1 Reguler Biologi  
Departemen : Biologi  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Studi variasi bentuk bunga *Hibiscus rosa-sinensis* L. secara morfologi, anatomi, dan molekular di Kampus UI, Depok

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di: Depok  
Pada tanggal : 11 Juli 2011



(Rika Prihatiningsih)

## ABSTRAK

Nama : Rika Prihatiningsih  
Program Studi : S-1 Reguler Biologi  
Judul : Studi variasi bentuk bunga *Hibiscus rosa-sinensis* L.  
secara morfologi, anatomi, dan molekular di Kampus UI,  
Depok

Telah dilakukan penelitian terhadap tiga variasi bentuk bunga *Hibiscus rosa-sinensis* L. (*single*, *crested* dan *double*) di kampus UI Depok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiganya berbeda dalam jumlah *petal*, *stamen* dan *pistillum*. Bunga *single* memiliki 5 *petal*, *stamen* 46--101 ( $x=78,68$ ). Bunga *crested* memiliki *petal* tambahan berupa *staminodium petaloid* (7--28,  $x=19,01$ ), intermediet *stamen-petal* (1--21,  $x=9,2$ ), dan *stamen* (0--44,  $x=12$ ). Bunga *double* memiliki *staminodium petaloid* (5--36,  $x=18,6$ ), intermediet *stamen-petal* (0--14,  $x=5,32$ ), dan *stamen* (3--88,  $x=38$ ). Jumlah *petal* tambahan berkorelasi negatif dengan jumlah *stamen*. Bunga *single* memiliki ovarium normal, bunga *crested* dan *double* dapat memiliki ovarium yang tereduksi dan bermodifikasi menjadi *sepalodi*. Seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* memiliki morfologi polen yang seragam yaitu polen soliter, berbentuk *globose*, prolat sferoidal hingga oblat sferoidal, apertur *polyantoporate*, ornamentasi eksin berupa ekinet dengan ujung tumpul, membulat, bercabang dua, dan berlekuk. Ukuran polen berbanding lurus dengan ukuran bunga. Bunga *single* kecil memiliki polen terkecil ( $dv=152,156\ \mu\text{m}$ ,  $dh=178,312\ \mu\text{m}$ ), dan *single* besar memiliki polen terbesar ( $dv=174,985\ \mu\text{m}$ ,  $dh=206,023\ \mu\text{m}$ ). Gen *AGAMOUS* terekspresi pada bunga *single*, *crested*, dan *double*.

Kata kunci : *AGAMOUS*; bunga *single*; bunga *crested*; bunga *double*;  
*Hibiscus rosa-sinensis*; L. ovarium; polen.  
xvii + 149 halaman : 72 gambar; 12 tabel; 18 lampiran  
Daftar pustaka : 94 (1957--2011)

## ABSTRACT

Name : Rika Prihatiningsih  
Study Program : S-1 Regular Biology  
Title : Morphological, anatomical and molecular studies on  
three types of flower shape of *Hibiscus rosa-sinensis* L. at  
University of Indonesia, Depok

The single-, crested-, double-flowers type of *Hibiscus rosa sinensis* L. that grown at University of Indonesia, Depok have been studied. The three varieties of flower differ in terms of additional *petal*, *stamen* number, and *pistillum*. Single-flowers have 5 *petals*, 46--101 ( $x = 78,68$ ) *stamens*. Crested-flowers have additional *petal* such as *staminodium petaloid* 7--28 ( $x = 19,01$ ), and intermediate *stamen-petal* 1--21 ( $x = 9,2$ ), and 0--44 ( $x = 12$ ) *stamens*. Double-flowers have 5--36 ( $x = 6,18$ ) *staminodium petaloid*, 0--14 ( $x=5,32$ ) intermediate *stamen-petal*, and 3--88 ( $x = 38$ ) *stamens*. Number of additional *petal* negatively correlated with the number of *stamen*. Single-flowers have normal ovaries. Crested- and double-flowers can have a reduced ovaries and modified into *sepalodi*. All of the *H. rosa sinensis* varieties have similarity in *pollen* morphology, that is solitary, *globose* -, *spheroid prolate*-, dan *spheroid oblate*-shaped, with *polyantoporate* aperture, *echinate* (spine) with blunt, rounded, bifurcated, and grooved apex. *Pollen* size has positive correlation with the size of flowers. Small single-flowers have the smallest *pollen* ( $dv = 152,156 \mu\text{m}$ ,  $dh = 178,312 \mu\text{m}$ ), and large single-flowers have the largest *pollen* ( $dv = 174,985 \mu\text{m}$ ,  $dh = 206,023 \mu\text{m}$ ). *AGAMOUS* gene expressed in single-, crested-, and double-flowers.

Keywords : *AGAMOUS*, crested flowers, double flowers, *Hibiscus rosa-sinensis* L., ovarium, *pollen*, single flowers.  
xvii + 149 pages : 72 pictures; 12 tables; 18 attachments  
Bibliography : 94 (1957--2011)

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.....	6
2.1.1 Morfologi <i>H. rosa-sinensis</i> .....	6
2.1.2 Taksonomi <i>H. rosa-sinensis</i> .....	9
2.1.3 Sejarah dan Persebaran <i>H. rosa-sinensis</i> di dunia.....	9
2.1.4 Pemanfaatan <i>H. rosa-sinensis</i> .....	12
2.2 Studi palinologi.....	14
2.2.1 Definisi dan manfaat studi palinologi.....	14
2.2.2 Studi palinologi pada famili Malvaceae.....	14
2.2.3 Morfologi polen <i>H. rosa-sinensis</i> .....	15
2.3 Perkembangan bunga.....	20
2.4 Gen-gen homeotik.....	21
2.5 Homeosis: mekanisme evolusi perkembangan bunga pada angiosperma.....	23
2.6 Teknik molekular.....	25
2.6.1 Isolasi RNA.....	25
2.6.2 Sintesis <i>complementary</i> DNA (cDNA) melalui transkripsi balik ( <i>reverse transcription</i> ).....	26
2.6.3 <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR).....	27
2.6.4 Elektroforesis.....	29
<b>3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>31</b>
3.1 Lokasi dan waktu.....	31
3.2 Alat.....	31
3.3 Bahan.....	32
3.3.1 Sampel tanaman.....	32
3.3.2 Bahan kimia.....	36
3.3.2.1 Bahan pembuatan preparat polen dan anatomi ovarium.....	36
3.3.2.2 Bahan isolasi RNA.....	36

3.3.2.3	Bahan pembuatan gel agarosa dan TBE.....	37
3.4	Cara kerja.....	37
3.4.1	Pengamatan dan pengukuran morfologi bunga.....	37
3.4.2	Pembuatan preparat segar polen.....	38
3.4.3	Pembuatan sayatan ovarium.....	40
3.4.4	Pengambilan data molekular.....	40
3.4.4.1	Isolasi RNA dari bunga <i>H. rosa-sinensis</i> .....	40
3.4.4.1.1	Persiapan <i>lysis buffer</i> dan <i>wash buffer</i> .....	41
3.4.4.1.2	Penghancuran jaringan, pelisisan, dan homogenisasi.....	41
3.4.4.1.3	<i>Binding</i> , <i>washing</i> , dan <i>elution</i> .....	42
3.4.4.2	Sintesis cDNA dan amplifikasi gen <i>AGAMOUS</i> .....	43
3.4.4.3	Elektroforesis gel agarosa dan visualisasi menggunakan Gel-Doc.....	44
<b>4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
4.1	Letak tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	45
4.2	Keragaman bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	46
4.2.1	Variasi bunga pada individu <i>H. rosa-sinensis</i> yang biasanya menghasilkan bunga <i>single</i> .....	49
4.2.2	Variasi bunga pada individu <i>H. rosa-sinensis</i> yang biasanya menghasilkan bunga <i>crested peach</i> .....	54
4.2.3	Variasi bunga pada individu <i>H. rosa-sinensis</i> yang biasanya menghasilkan bunga bentuk <i>double</i> .....	57
4.3	Perbandingan morfologi seluruh bagian bunga <i>single</i> , <i>crested</i> , dan <i>double H. rosa-sinensis</i> .....	61
4.3.1	<i>Pedicellus</i> (tangkai bunga).....	61
4.3.2	Reseptakulum (dasar bunga).....	65
4.3.3	<i>Epicalyx</i> (kelopak bunga tambahan).....	69
4.3.4	<i>Calyx</i> (kelopak bunga).....	71
4.3.5	<i>Corolla</i> ( <i>petal pentamerous</i> ).....	75
4.3.6	<i>Petal</i> tambahan.....	81
4.3.7	<i>Stamen</i> .....	94
4.3.8	<i>Pistillum</i> .....	97
4.4	Morfologi polen pada bunga <i>single</i> , <i>crested</i> , dan <i>double H. rosa-sinensis</i> .....	107
4.5	Perbandingan hasil molekular (ekspresi gen <i>AGAMOUS</i> ) pada bunga <i>single</i> , <i>crested</i> , dan <i>double H. rosa-sinensis</i> .....	122
<b>5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>128</b>
5.1	Kesimpulan.....	128
5.2	Saran.....	129
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>130</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Variasi bentuk bunga <i>H. rosa-sinensis</i> .....	2
Gambar 2.1	Morfologi bunga, biji, dan daun <i>H. rosa-sinensis</i> .....	7
Gambar 2.2	Variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> .....	7
Gambar 2.3	Variasi <i>bloom type</i> pada bunga <i>single</i> , <i>crested</i> , dan <i>double</i> <i>H. rosa-sinensis</i> .....	8
Gambar 2.4	Sketsa bunga <i>H. rosa-sinensis</i> , <i>H. liliflorus</i> , dan keturunan pertama dari persilangan keduanya.....	10
Gambar 2.5	Persilangan antara <i>H. rosa-sinensis</i> dengan <i>H. schizopetalus</i> , dan <i>H.</i> <i>rosa-sinensis</i> dengan <i>H. liliflorus</i> .....	12
Gambar 2.6	Morfologi polen bunga <i>H. rosa-sinensis single</i> , <i>double</i> , dan <i>cooperi</i> .....	19
Gambar 2.7	Skema perkembangan bunga yang melibatkan gen-gen spesifik dalam setiap tahapnya.....	20
Gambar 2.8	Peran gen-gen homeotik dalam pembentukan keempat lingkaran bunga.....	23
Gambar 2.9	Mutasi pada gen-gen homeotik dan akibatnya.....	24
Gambar 2.10	<i>Central dogma</i> .....	27
Gambar 3.1	Variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> yang dapat ditemukan di Kampus UI, Depok.....	33
Gambar 3.2	Sampel <i>anther</i> (dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> ) yang digunakan dalam pembuatan preparat segar polen.....	34
Gambar 3.3	Sampel bunga <i>H. rosa-sinensis</i> pada semua tahap perkembangan (sejak kuncup hingga bunga mekar).....	35
Gambar 3.4	Pengukuran seluruh bagian bunga <i>H. rosa-sinensis</i> .....	38
Gambar 4.1	Skema pengelompokkan bunga <i>H. rosa-sinensis</i> berdasarkan bentuk, ukuran, dan <i>bloom type</i> .....	47
Gambar 4.2	Bunga <i>single</i> kecil merah muda dihasilkan oleh individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga <i>single</i> kecil putih.....	50
Gambar 4.3	Individu yang biasanya menghasilkan bunga <i>single</i> besar putih, terkadang menghasilkan bunga yang seluruhnya berwarna putih kemerahan.....	51
Gambar 4.4	Perbedaan intensitas warna <i>petal</i> pada bunga <i>H. rosa-sinensis</i> <i>single</i> besar merah yang dihasilkan oleh individu tanaman yang berbeda.....	52
Gambar 4.5	Variasi bunga pada individu <i>H. rosa-sinensis</i> yang biasanya menghasilkan bunga <i>crested peach</i> .....	56
Gambar 4.6	Variasi bunga pada individu <i>H. rosa-sinensis</i> yang biasanya menghasilkan bunga <i>full double</i> merah.....	59
Gambar 4.7	Variasi bunga yang dihasilkan oleh individu yang biasanya menghasilkan bunga <i>semi double</i> merah muda.....	60
Gambar 4.8	Diagram batang rata-rata panjang <i>pedicellus</i> dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	63

Gambar 4.9	Diagram pengelompokkan bunga <i>H. rosa-sinensis</i> berdasarkan rata-rata panjang <i>pedicellus</i> (cm).....	64
Gambar 4.10	Diagram batang perbandingan rata-rata panjang <i>pedicellus</i> pada variasi bentuk bunga yang dihasilkan oleh individu tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> .....	65
Gambar 4.11	Diagram batang rata-rata panjang reseptakulum dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	66
Gambar 4.12	Diagram batang perbandingan rata-rata panjang reseptakulum pada variasi bentuk bunga yang dihasilkan oleh individu tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> .....	67
Gambar 4.13	Mekanisme kerja faktor-faktor pemacu ( <i>activator</i> ) dan penghambat ( <i>inhibitor</i> ) dalam mengontrol perbungaan.....	68
Gambar 4.14	Diagram batang jumlah helaian <i>epicalyx</i> dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	70
Gambar 4.15	Morfologi <i>epicalyx</i> dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	71
Gambar 4.16	Morfologi <i>calyx</i> dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	72
Gambar 4.17	Kuncup bunga <i>crested peach</i> atau <i>single peach</i> yang terserang hama.....	74
Gambar 4.18	Morfologi <i>petal</i> dari seluruh variasi bunga <i>single H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	79
Gambar 4.19	Morfologi <i>petal</i> dari bunga <i>crested</i> dan <i>double H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	80
Gambar 4.20	Perbandingan ukuran dan bentuk pada bunga <i>single</i> besar merah (A) dan bunga <i>single</i> kecil merah (B).....	80
Gambar 4.21	Diagram batang perbandingan ukuran <i>petal</i> dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	81
Gambar 4.22	Diagram batang perbandingan jumlah <i>staminodium petaloid</i> pada bunga <i>H. rosa-sinensis crested peach</i> , <i>double</i> merah, dan <i>double</i> merah muda di Kampus UI, Depok.....	84
Gambar 4.23	Diagram batang perbandingan jumlah struktur intermediet <i>stamen-petal</i> pada bunga <i>crested peach</i> , <i>double</i> merah, dan <i>double</i> merah muda <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	84
Gambar 4.24	<i>Petal pentamerous</i> , struktur <i>staminodium petaloid</i> , dan struktur intermediet <i>stamen-petal</i> pada bunga <i>crested H. rosa-sinensis</i> .....	85
Gambar 4.25	<i>Petal pentamerous</i> , struktur <i>staminodium petaloid</i> , dan struktur intermediet <i>stamen-petal</i> pada bunga <i>double</i> merah <i>H. rosa-sinensis</i> .....	86
Gambar 4.26	<i>Petal pentamerous</i> , struktur <i>staminodium petaloid</i> , dan struktur intermediet <i>stamen-petal</i> pada bunga <i>double</i> merah muda <i>H. rosa-sinensis</i> .....	87
Gambar 4.27	Sketsa <i>staminodium petaloid</i> dan struktur intermediet <i>stamen-petal</i> pada bunga <i>crested peach</i> , <i>double</i> merah, dan <i>double</i> merah muda.....	88
Gambar 4.28	Seluruh bagian bunga <i>double peach H. rosa-sinensis</i> (tidak memiliki alat reproduksi).....	88
Gambar 4.29	Sketsa struktur <i>staminodium petaloid</i> pada bunga	

	<i>double peach</i> .....	90
Gambar 4.30	Peran gen-gen homeotik dalam perkembangan bunga, dan dampaknya bila kelas gen C gagal terekspresi.....	93
Gambar 4.31	Diagram batang perbandingan jumlah <i>stamen</i> dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	96
Gambar 4.32	Struktur <i>pistillum</i> pada bunga <i>single H. rosa-sinensis</i> .....	99
Gambar 4.33	Sayatan melintang dan membujur ovarium bunga <i>single H. rosa-sinensis</i> .....	100
Gambar 4.34	Struktur <i>pistillum</i> pada bunga <i>crested H. rosa-sinensis</i> .....	102
Gambar 4.35	Struktur <i>pistillum</i> pada bunga <i>double</i> merah <i>H. rosa-sinensis</i> .....	103
Gambar 4.36	Hasil sayatan ovarium bunga <i>crested peach H. rosa-sinensis</i> .....	105
Gambar 4.37	Hasil sayatan ovarium bunga <i>double</i> merah <i>H. rosa-sinensis</i> .....	106
Gambar 4.38	Struktur ekinet pada polen <i>H. rosa-sinensis</i> .....	108
Gambar 4.39	Morfologi polen bunga <i>single</i> kecil putih <i>H. rosa-sinensis</i> .....	110
Gambar 4.40	Morfologi polen bunga <i>single</i> kecil merah <i>H. rosa-sinensis</i> .....	110
Gambar 4.41	Morfologi polen bunga <i>single</i> kecil merah muda <i>H. rosa-sinensis</i> .....	111
Gambar 4.42	Morfologi polen bunga <i>crested peach H. rosa-sinensis</i> .....	111
Gambar 4.43	Morfologi polen bunga <i>single peach H. rosa-sinensis</i> (berasal dari individu yang biasanya menghasilkan bunga <i>crested peach</i> ).....	112
Gambar 4.44	Morfologi polen bunga <i>single</i> kecil krem <i>H. rosa-sinensis</i> .....	112
Gambar 4.45	Morfologi polen bunga <i>single</i> besar merah <i>H. rosa-sinensis</i> .....	113
Gambar 4.46	Morfologi polen bunga <i>single</i> besar putih <i>H. rosa-sinensis</i> .....	113
Gambar 4.47	Morfologi polen bunga <i>single</i> besar merah <i>H. rosa-sinensis</i> .....	114
Gambar 4.48	Morfologi polen bunga <i>double</i> merah <i>H. rosa-sinensis</i> .....	114
Gambar 4.49	Morfologi polen bunga <i>double</i> merah muda <i>H. rosa-sinensis</i> .....	115
Gambar 4.50	Morfologi polen bunga <i>single</i> merah muda <i>H. rosa-sinensis</i> (dihasilkan oleh individu yang biasanya menghasilkan bunga <i>double</i> merah muda).....	115
Gambar 4.51	Sketsa polen <i>H. rosa-sinensis</i> dengan ukuran yang relatif besar (kelompok 1) dan relatif kecil (kelompok 2).....	116
Gambar 4.52	Diagram pengelompokkan polen berdasarkan ukurannya.....	118
Gambar 4.53	Diagram batang perbandingan diameter vertikal dan diameter horisontal polen <i>H. rosa-sinensis</i> .....	118
Gambar 4.54	Skema persilangan antara genus <i>Hibiscus</i> , perbandingan ukuran polen, dan jumlah ploidi kromosom .....	121
Gambar 4.55	Hasil visualisasi DNA produk PCR yang diamplifikasi dengan primer beta-actin.....	124
Gambar 4.56	Hasil visualisasi DNA produk PCR yang diamplifikasi dengan primer beta-actin dan TAG-1.....	125
Gambar 4.57	Hasil visualisasi DNA produk PCR yang diamplifikasi dengan primer beta-actin, AGL-24, dan TcAG.....	126

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data morfologi polen dari tumbuhan yang termasuk famili Malvaceae.....	16
Tabel 2.2	Data kualitatif dan kuantitatif polen dari tumbuhan yang termasuk famili Malvaceae.....	17
Tabel 2.3	Analisis polen dari genus <i>Hibiscus</i> .....	18
Tabel 4.1	Perbandingan jumlah bunga <i>crested peach</i> dan <i>single peach</i> yang dihasilkan individu tanaman.....	54
Tabel 4.2	Perbandingan jumlah bunga <i>double</i> merah, <i>single</i> merah, dan <i>crested</i> merah yang dihasilkan individu tanaman.....	58
Tabel 4.3	Perbandingan jumlah bunga <i>double</i> merah muda dan <i>single</i> merah muda yang dihasilkan individu tanaman.....	61
Tabel 4.4	Rata-rata panjang <i>pedicellus</i> seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	62
Tabel 4.5	Ukuran rata-rata <i>petal</i> dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	77
Tabel 4.6	Jumlah <i>petal</i> tambahan pada bunga <i>crested</i> dan <i>double H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	83
Tabel 4.7	Perbandingan jumlah <i>stamen</i> dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	95
Tabel 4.8	Hasil pengukuran bagian-bagian <i>pistillum</i> dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	98
Tabel 4.9	Perbandingan morfologi polen dari seluruh variasi bunga <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	117

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Skema tahapan isolasi RNA dengan protokol PureLink™ RNA Mini Kit [Invitrogen].....	138
Lampiran 2	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	139
Lampiran 3	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di FMIPA.....	141
Lampiran 4	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di FIB, Pusat Antar Universitas (PAU), dan FISIP.....	141
Lampiran 5	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di Pusat Administrasi Universitas Indonesia (Rektorat).....	142
Lampiran 6	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di Fakultas Teknik.....	142
Lampiran 7	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di Fakultas Ekonomi.....	143
Lampiran 8	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di sekitar Masjid Ukhuwah Islamiyah (MUI).....	143
Lampiran 9	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di Fakultas Ilmu Komputer.....	144
Lampiran 10	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di Fakultas Hukum.....	144

Lampiran 11	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM).....	145
Lampiran 12	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di Fakultas Psikologi.....	145
Lampiran 13	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di depan Markas Komando Wira Makara.....	146
Lampiran 14	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di depan pagar kuning (depan stasiun Universitas Indonesia).....	146
Lampiran 15	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di lingkungan Wisma Makara Universitas Indonesia.....	147
Lampiran 16	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di sekitar stasiun Pondok Cina (Gang Senggol).....	147
Lampiran 17	Lokasi tanaman <i>H. rosa-sinensis</i> di Kampus UI, Depok.....	148
Lampiran 18	Peta Warna.....	149



## BAB 1 PENDAHULUAN

*Hibiscus rosa-sinensis* L. atau lebih dikenal sebagai kembang sepatu merupakan florikultura yang banyak dimanfaatkan sebagai tanaman hias, tanaman pagar, dan bunga potong (Beers & Howie 1990: 2). Keindahan pada variasi bunga *H. rosa-sinensis* menjadikannya dikenal sebagai *queen of flower* (Beers & Howie 1990: 1), *queen of shrubs* (Monji Plant Profile 2004: 37), dan *queen of the tropics* (Gotsis 2004: 1) di dunia. Masyarakat Sumatera dan Malaysia biasa menyebut *H. rosa-sinensis* sebagai bunga raya (Gandham 2009: 1; Bhalla *dkk.* 2009: 403). Negara Malaysia dan Hawaii menjadikan *H. rosa-sinensis* sebagai bunga nasional (Beers & Howie 1990: 2; Netstate 2009: 1; Boettcher 2006: 2).

*H. rosa-sinensis* selain dikenal sebagai tanaman hias, juga berperan sebagai tanaman obat, seperti obat tumor, hipertensi (darah tinggi), *bronchitis*, pelancar haid, menyembuhkan penyakit gondok, sakit kepala, demam, sariawan, membantu penyembuhan luka, obat anti implantasi dan anti spermatogenik (Vasudeva & Sharma 2007: 91). Masyarakat Cina biasa menggunakan minyak berwarna hitam dari perasan *petal* (mahkota bunga) *H. rosa-sinensis* sebagai penyubur rambut, pencegah rambut berketombe, penghitam rambut dan alis (Hubpages 2010: 1; Beers & Howie 1990: 2), semir sepatu (Llamas 2003: 255), dan bahan pewarna kertas (Beers & Howie 1990: 2).

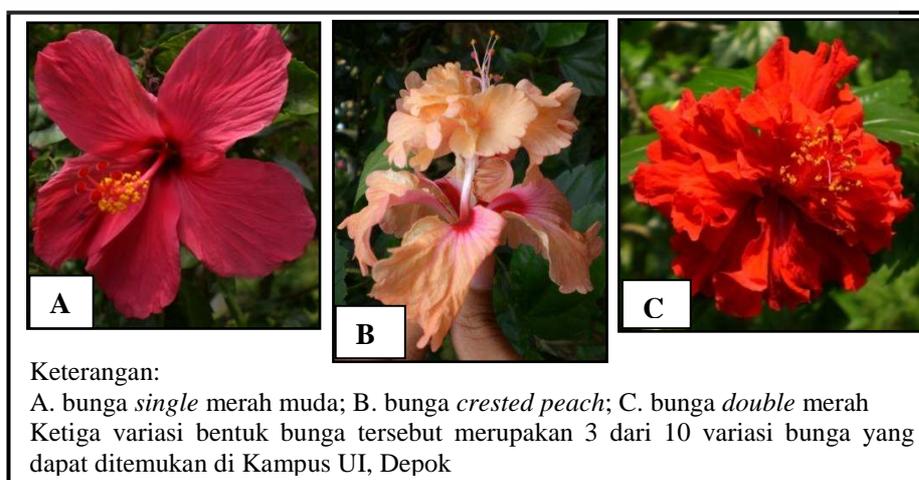
Variasi yang tinggi pada bunga *H. rosa-sinensis* juga menjadi daya tarik tersendiri bagi para pecinta tanaman hias. Hingga 1920, Hawaii memiliki 3000 nama variasi bunga *H. rosa-sinensis* (Beers & Howie 1990: 11). Variasi tersebut meliputi variasi bentuk, warna (Purseglove 1987: 365), dan ukuran bunga (Beers & Howie 1990: 11). Variasi bentuk bunga yang umumnya ditemukan di alam adalah bentuk bunga *single* dan *double* (Beers & Howie 1990: 2).

Pengamatan pendahuluan yang dilakukan di Kampus UI, Depok pada Maret--April 2010 menunjukkan adanya kedua variasi bentuk bunga tersebut (bunga *single* dan *double*) dengan beberapa variasi warna. Selain kedua variasi tersebut, juga ditemukan bentuk bunga peralihan antara bentuk *single* dan *double*. Beers & Howie (1990: 11) menyebut bentuk peralihan tersebut sebagai bentuk *crested*.

MacIntyre & Lacroix (1996) telah melakukan penelitian untuk membandingkan struktur morfologi bunga *single* (merah, merah muda, kuning) dan *double* (merah, *peach*) di Kanada (wilayah sub tropis). Penelitian tersebut memberikan hasil bahwa bunga *H. rosa-sinensis* bentuk *single* dan *double* memiliki perbedaan secara morfologi dan pola perkembangan bunga (MacIntyre & Lacroix 1996: 1872--1837).

Bunga *single* memiliki satu lingkaran mahkota bunga (*corolla*) yang terdiri atas lima *petal* berlobus (*pentamerous*); *stamen* berjumlah 60--70 yang melekat pada dinding *staminal column*; panjang *staminal column* melebihi panjang *petal*; bagian atas *staminal column* merupakan 5 stilus (tangkai putik) yang saling terpisah satu sama lain dan berujung pada *stigma* (kepala putik). Bunga *double* sama-sama memiliki *petal pentamerous*, seperti bunga *single*. Namun, bunga *double* juga memiliki sejumlah *petal* tambahan yang terbentuk pada posisi asimetri mengelilingi aksis perbungaan, yaitu pada posisi yang seharusnya membentuk *stamen*. *Petal* tambahan dapat berupa *petal* tereduksi, struktur intermediet *stamen-petal*, dan *staminodium petaloid*. Bunga *double* memiliki 10--40 *stamen* (lebih sedikit dari bunga *single*); *staminal column* tidak mengalami pemanjangan; lima *stigma* dengan tangkai yang pendek (Mac Intyre & Lacroix 1996: 1872-1873).

Bunga *crested* yang ditemukan di Kampus UI, Depok ternyata memiliki sejumlah *petal* tambahan seperti bunga *double*. Variasi bentuk bunga *single*, *crested*, dan *double* yang ditemukan di Kampus UI, Depok dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Variasi bentuk bunga *H. rosa-sinensis* [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Uniknya, variasi bentuk, warna, dan ukuran bunga ternyata dapat ditemukan pada satu individu tanaman. Individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga *double*, juga dapat menghasilkan bunga *single*. Individu yang biasanya menghasilkan bunga *crested peach* terkadang juga menghasilkan bunga *single peach*, *single* merah dan *double peach*. Meskipun demikian, frekuensi kemunculannya lebih kecil bila dibandingkan frekuensi kemuculan bunga *crested peach*. Pengamatan pendahuluan yang dilakukan juga memberikan hasil bahwa tidak ada bunga *crested* dan *double* yang memiliki morfologi sama persis, meskipun dari individu tanaman yang sama. Keragaman bunga *H. rosa-sinensis* yang terdapat di Kampus UI, Depok menjadi latar belakang dilakukannya penelitian pada tingkat morfologi, anatomi, dan molekular dari seluruh variasi bunga tersebut.

Lacroix & MacIntyre sudah melakukan penelitian morfologi pada bunga *H. rosa-sinensis*. Namun, penelitian tersebut terbatas dilakukan pada bunga *single* (warna merah, merah muda, kuning) dan *double* (merah dan *peach*). Penelitian dan pengukuran morfologi (morfometri) pada bunga *single* dan *double* dengan warna lain, bunga bentuk *crested*, dan variasi bunga yang tidak biasa dihasilkan (bunga *single* dihasilkan oleh individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* dan *crested*) seperti yang ditemukan di Kampus UI, Depok belum pernah dilakukan.

Belum dilakukannya penelitian mengenai bunga *crested* dan variasi bunga lain yang tidak biasa dihasilkan oleh individu tanaman diduga disebabkan oleh tidak terdapatnya variasi bentuk bunga tersebut di wilayah sub tropis (Kanada). Iklim yang stabil pada wilayah sub tropis memungkinkan tanaman untuk menghasilkan bunga normal (*wild type*) secara terus menerus. Sedangkan, iklim di wilayah tropis seperti Indonesia memungkinkan tumbuhan memiliki kemampuan adaptasi yang lebih tinggi terhadap perubahan iklim dan fluktuasi suhu harian. Fenomena dihasilkannya bunga bentuk *crested*, dan variasi bunga *single* (dari individu yang biasanya menghasilkan bunga *crested* dan *double*) diduga hanya dihasilkan di wilayah tropis.

Posisi pembentukan struktur *petal* tambahan, baik *staminodium petaloid*, maupun struktur intermediet *stamen-petal* pada posisi yang seharusnya

membentuk *stamen*, mengindikasikan *petal* tambahan tersebut merupakan modifikasi dari *stamen*. Modifikasi *stamen* menjadi struktur yang menyerupai *petal* (*petaloid*) pada bunga *crested* dan *double H. rosa-sinensis* merupakan salah satu fenomena homeosis di alam. Leavitt (1909) dalam (Craene 2009: 225) mendefinisikan homeosis sebagai pergantian stuktur bunga dengan struktur lain yang homolog maupun non homolog yang terjadi secara parsial atau total. Homeosis merupakan peristiwa yang berhubungan erat dengan perubahan ekologi (lingkungan) (Ferrario *dkk.* 2004: 84--85).

Yamaguchi *dkk.* (2006: 16) menjelaskan bahwa peristiwa homeosis di alam disebabkan oleh tidak terekspresinya gen-gen homeotik. Gen homeotik merupakan gen-gen yang berperan dalam perkembangan keempat lingkaran bunga (*sepal*, *petal*, *stamen*, dan *pistillum*). Kegagalan ekspresi gen *AGAMOUS* (salah satu kelas gen homeotik) diduga bertanggung jawab atas perubahan *stamen* menjadi struktur yang menyerupai *petal* (*staminodium petaloid* dan struktur intermediet *stamen-petal*), dan tereduksinya struktur *pistillum* pada bunga *crested* dan *double*. Gen *AGAMOUS* (termasuk kelas gen C) merupakan salah satu gen homeotik yang berperan penting dalam perkembangan alat kelamin bunga, baik *stamen*, *pistillum*, dan ovul (Ferrario *dkk.* 2004: 85). Penelitian mengenai peran gen *AGAMOUS* dalam perkembangan bunga telah diteliti pada *Cocoa* sp., *Lycopersicum esculentum*, *Arabidopsis thaliana*, *Antirrhinum majus*, *Petunia* sp., angrek, lili, mawar, anyelir (Benedito *dkk.* 2003: 1392), *Chloranthus spicatus* (Li *dkk.* 2005: 437), *Zea mays* (Whipple *dkk.* 2004: 6083), dan *Oryza sativa* (Yamaguchi *dkk.* 2005: 18).

Penelitian yang dilakukan juga bertujuan untuk membandingkan morfologi polen dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok. Seluruh variasi *H. rosa-sinensis* diduga memiliki bentuk polen yang seragam, namun dengan ukuran polen dan ornamentasi eksin yang bervariasi. Studi palinologi dapat dijadikan dasar yang akurat dalam identifikasi dan klasifikasi tumbuhan (Noor *dkk.* 2004: 447), menentukan hubungan kekerabatan antar spesies (Huylenbroeck 1999: 335), serta mengidentifikasi variasi dan hibrid pada tumbuhan (Noor *dkk.* 2004: 477).

Penelitian dilakukan untuk memperoleh data perbandingan morfologi seluruh bagian bunga, morfologi polen, anatomi ovarium, serta data molekular berupa ekspresi gen *AGAMOUS* dari ketiga variasi bentuk bunga *H. rosa-sinensis* (*single*, *crested* dan *double*) di Kampus UI, Depok. Hipotesis penelitian adalah bunga *crested* dan *double H. rosa-sinensis* tidak memiliki ekspresi gen *AGAMOUS*, sehingga *stamen* mengalami modifikasi membentuk struktur yang menyerupai *petal* (*staminodium petaloid* dan struktur intermediet *stamen-petal*), tereduksinya jumlah *stamen*, dan tereduksinya *pistillum* (*stigma*, *stilus*, *ovarium*). Bunga *single* diduga memiliki ekspresi gen *AGAMOUS*, sehingga *stamen* dan *pistillum* terbentuk sempurna. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi data perbandingan awal yang dalam mempelajari keanekaragaman, studi taksonomi, fenologi, dan evolusi perkembangan tumbuhan melalui mekanisme homeosis pada *H. rosa-sinensis*.

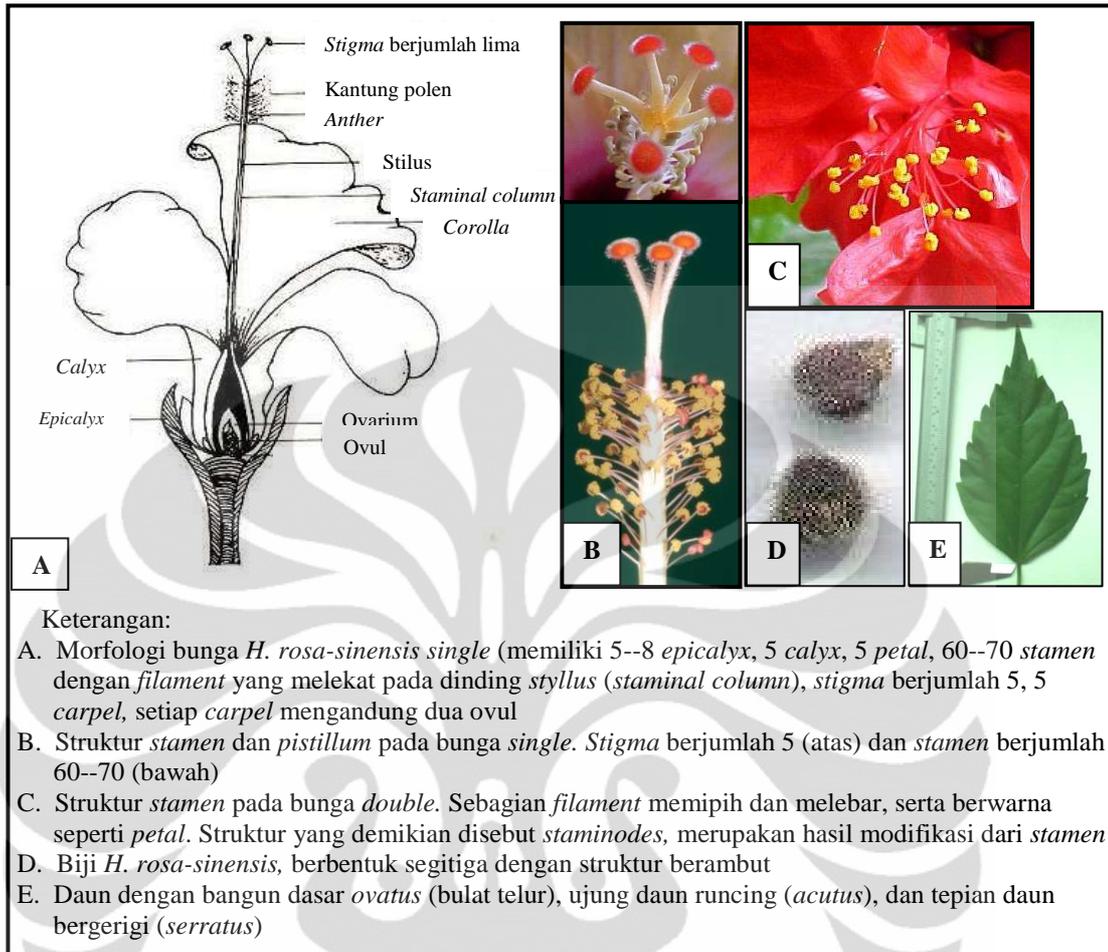
## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Hibiscus rosa-sinensis* L.

#### 2.1.1 Morfologi *H. rosa-sinensis*

*H. rosa-sinensis* merupakan tumbuhan perennial perdu dengan tinggi 1--4 m. Daun *H. rosa sinensis* memiliki dasar berbentuk bulat telur (*ovatus*) (Tjitrosoepomo 2005: 26) atau bangun jantung (*cordatus*). Ujung daun *H. rosa-sinensis* meruncing (*acuminatus*), dengan tepian daun yang bergerigi (*serratus*) dan beringgit (*crenatus*). *H. rosa-sinensis* memiliki tangkai bunga dengan panjang 1--4 cm. *Epicalyx* berjumlah 5--8 helai, berbentuk *triangular-lanceolate* dan saling terpisah satu sama lain. *Epicalyx* umumnya lebih pendek dari *calyx*. Satu daun *epicalyx* biasanya memiliki panjang 1,75--2,5 cm. Bunga *H. rosa-sinensis* memiliki kelopak bunga yang bercangap. Mahkota bunga (*corolla*) terdiri atas 5 daun mahkota bunga (*petal*) yang berbentuk bulat telur terbalik, atau bentuk baji, dengan panjang 5,5--8,5 cm. Pada umumnya, *petal* berwarna merah dengan intensitas warna yang lebih tinggi (merah tua) pada bagian pangkal. *H. rosa-sinensis* memiliki bakal buah beruang 5 (van Steenis *dkk.* 2006: 281). Struktur morfologi bunga *H. rosa-sinensis* dapat dilihat pada Gambar 2.1.

*H. rosa-sinensis* merupakan salah satu tanaman hias perdu (*ornamental shrubs*) yang banyak dibudidayakan di daerah tropis dan sub tropis di dunia. Bunga *H. rosa-sinensis* memiliki variasi warna, bentuk (Purseglove 1987: 365), dan ukuran (Beers & Howie 1990: 11). Variasi warna bunga *H. rosa-sinensis* yang biasa ditemukan adalah kuning, oranye, merah muda, merah, dan putih (Gilman 1999: 1). Variasi bentuk bunga *H. rosa-sinensis* yang umum ditemukan di alam adalah bunga *single* dan *double* (Purseglove 1987: 365). Meskipun demikian, terdapat bentuk bunga peralihan antara bunga *single* dan *double*, yang disebut dengan *crested* (Beers & Howie 1990: 11). Beberapa variasi bunga *H. rosa-sinensis* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Morfologi bunga, biji, dan daun *H. rosa-sinensis*

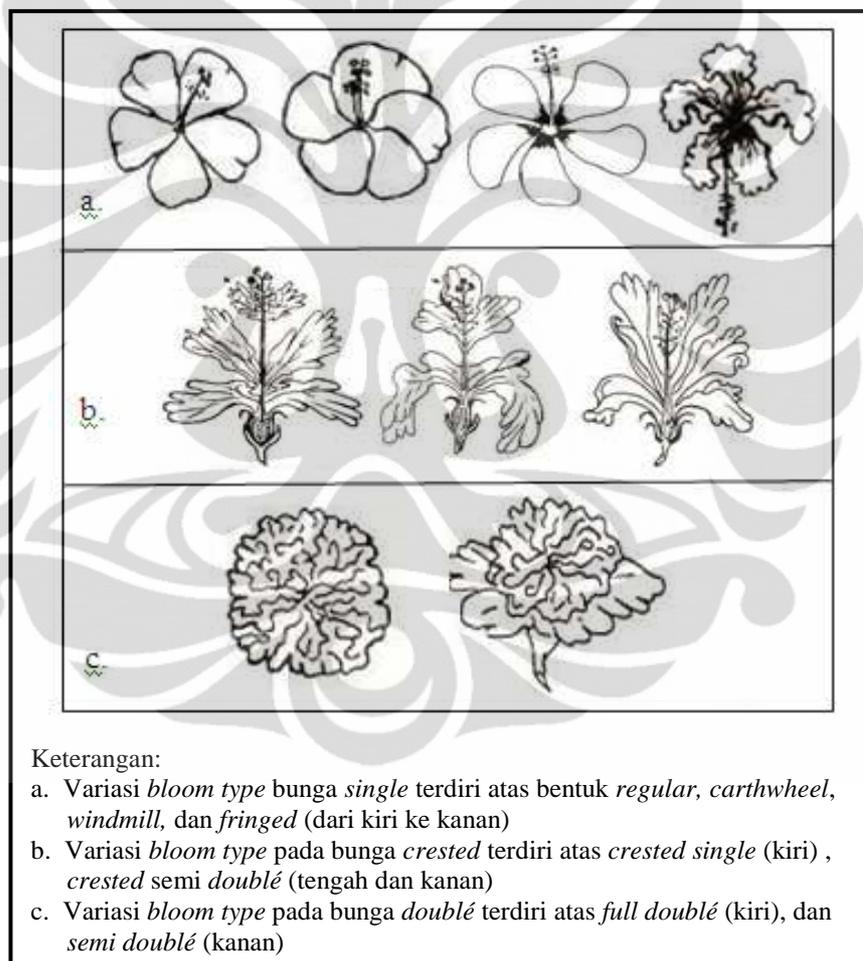
[Sumber: modifikasi dari Beers & Howie 1990: 8 (A); Forsling 2010: 4 (B-D); dokumentasi pribadi (E) 2010.]



Gambar 2.2 Variasi bunga *H. rosa-sinensis*

[Sumber: flower picture gallery 2010: 1; Modzelevich 2011: 1; Forest & Starr 2011: 1.]

Variasi bentuk *petal* saat bunga mekar (*bloom type*) pada bunga *single*, *crested*, dan *double* dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Beers & Howie 1990: 11). Variasi *bloom type* pada bunga *single* terdiri atas bentuk yang biasa ditemukan (*regular single*), bentuk roda (*cartwheel single*), bentuk kincir angin (*windmill single*), dan bentuk *petal* dengan tepian yang berlekuk (*fringed single*). Variasi *bloom type* pada bunga *crested* antara lain *crested single*, dan *crested semi double*, sedangkan variasi *bloom type* pada bunga *double* terdiri atas *semi double* dan *full double*. Gerrit Wilder pada 1914 telah memperkenalkan 400 variasi bunga *H. rosa-sinensis* kepada masyarakat di Amerika (Beers & Howie 1990: 2).



Gambar 2.3 Variasi *bloom type* pada bunga *single*, *crested*, dan *double* *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: Beers & Howie 1990: 11.]

### 2.1.2 Taksonomi *H. rosa-sinensis*

Taksonomi *H. rosa-sinensis* berdasarkan *National Tropical Botanical Garden* (2010: 1) adalah sebagai berikut:

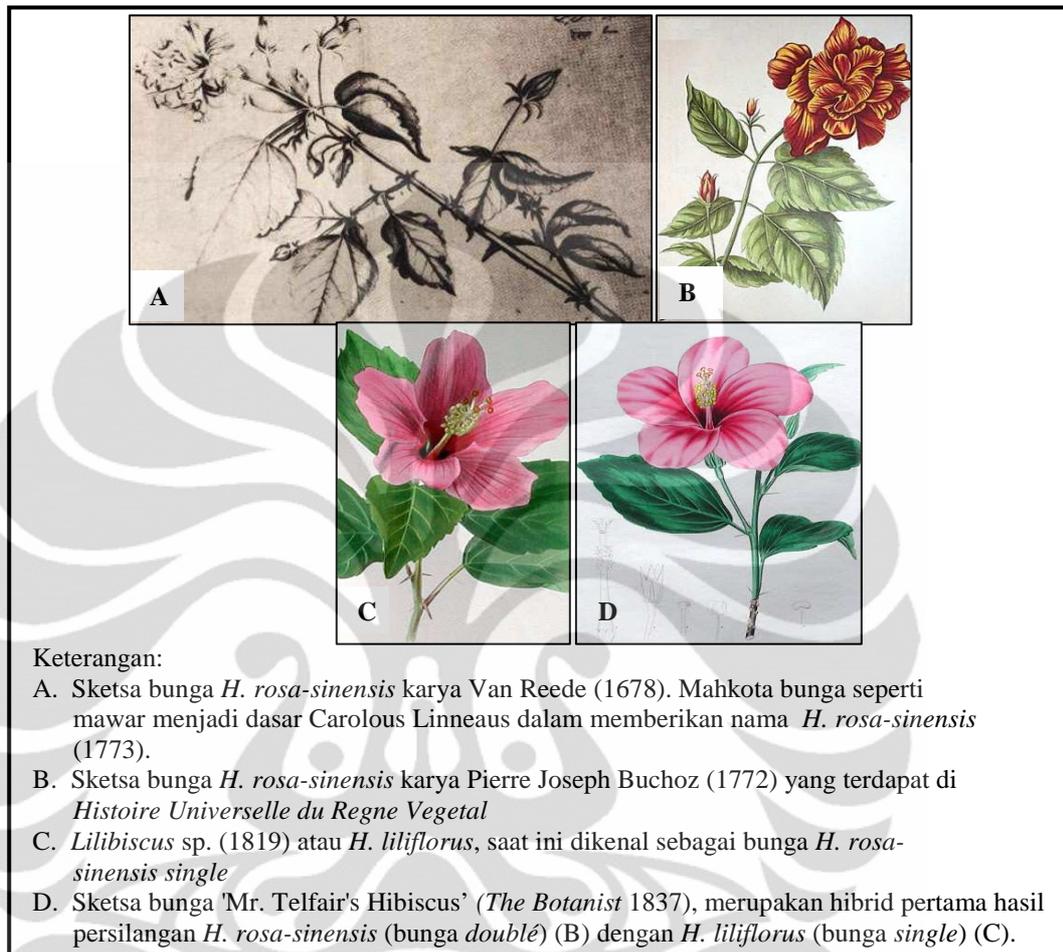
Kingdom	= Plantae
Subkingdom	= Tracheobionta
Superdivision	= Spermatophyta
Division	= Magnoliophyta
Class	= Magnoliopsida
Subclass	= Dilleniidae
Ordo	= Malvales
Family	= Malvaceae
Genus	= <i>Hibiscus</i>
Spesies	= <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.

### 2.1.3 Sejarah dan Persebaran *H. rosa-sinensis* di dunia

Les Beers and Jim Howie menjelaskan tidak mengetahui secara pasti asal usul spesies *H. rosa-sinensis*, baik asal usul nenek moyang maupun wilayah (1990: 3). Philip Miller, seorang kurator dari Inggris memperkirakan *H. rosa-sinensis* berasal dari Pulau Jawa, Indonesia. Oleh karena itu, Philip Miller memberikan nama *H. javanica*, sebelum Carolous Linneaus menggantinya menjadi *H. rosa-sinensis* (Beers & Howie 1990: 3). Literatur lain menjelaskan bahwa *H. rosa-sinensis* berasal dari India, atau Malaysia (Forsling 2010: 2).

Penyebaran *H. rosa-sinensis* dari India ke Cina dan daratan pasifik diduga dilakukan oleh bangsa Polinesia saat bermigrasi ke wilayah timur selama berabad-abad. Selain tersebar di wilayah Cina dan daratan pasifik, *H. rosa-sinensis* juga dapat ditemukan di daratan Eropa. *H. rosa-sinensis* mulai dikenal oleh masyarakat Eropa saat kolektor tanaman hias Cina mengirimkan *H. rosa-sinensis* ke wilayah Eropa. Rumphius (Georg Eberhard Rumpf) dan Van Rheede (Hendrick Adriaan van Rheede) pada 1678 menggambarkan *H. rosa-sinensis* sebagai bunga dengan mahkota yang berbentuk seperti mawar (Gambar 2.4). Gambar tersebut menjadi alasan bagi Carolous Linneaus memberikan nama *H. rosa-sinensis*, yang berarti bunga dengan mahkota yang menyerupai mawar, dan

diperkirakan berasal dari Cina (Forsling 2010: 2). Variasi bentuk bunga tersebut kemudian dikenal sebagai bentuk *double*.



Gambar 2.4 Sketsa bunga *H. rosa-sinensis*, *H. liliflorus*, dan keturunan pertama dari persilangan keduanya  
[Sumber: Beers & Howie 1990: 1 (A); Forsling 2010: 2 (B-D).]

Oleh karena itu, variasi bentuk bunga *H. rosa-sinensis* yang lebih dahulu dikenal oleh masyarakat adalah bentuk *double*. Tanaman *H. rosa-sinensis* dengan variasi bentuk bunga *single* baru dikenal oleh masyarakat Eropa pada tahun 1700. Pada mulanya (tahun 1819), bunga *H. rosa-sinensis* bentuk *single* termasuk kedalam genus *Lilibiscus* yang berbeda dengan bunga *double* (genus *H.*). *Lilibiscus* merupakan kelompok tumbuhan perdu yang berasal dari daerah pantai (*coastal*) di sepanjang samudera Pasifik dan India, antara pantai timur benua Afrika hingga Hawaii. Genus *Lilibiscus* memiliki 12 spesies tumbuhan, yang semuanya merupakan bunga *single*, berwarna cerah, dan dapat disilangkan satu

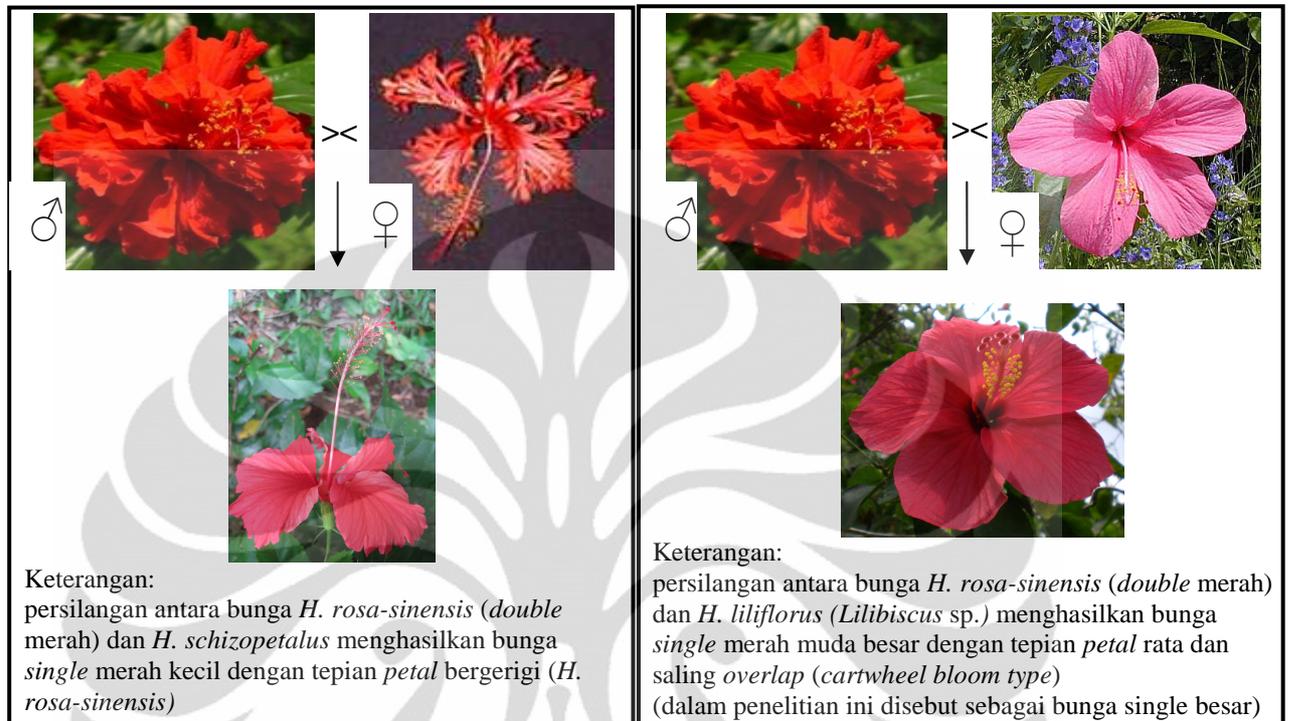
dengan lainnya. Meskipun demikian, sejarah mengenai asal usul nenek moyang *Lilibiscus* belum diketahui secara jelas (Forsling 2010: 2). *Lilibiscus* sp. kemudian dikenal dengan nama *H. liliflorus*, dan mengalami perubahan nama menjadi *H. rosa-sinensis* var. *liliflorus*.

Sejak bunga *H. rosa-sinensis* (bunga *double* merah) dianggap sebagai spesies pertama yang diidentifikasi, maka semua persilangan yang dilakukan antara bunga *H. rosa-sinensis* dan *Lilibiscus* sp. (*H. liliflorus*) menghasilkan hibrid yang diberi nama *H. rosa-sinensis*. Sedangkan persilangan antara *H. arnottianus* (diberikan nama pada 1854) dan *H. liliflorus* (diberikan nama pada 1785) akan menghasilkan keturunan yang diberikan nama *H. liliflorus*. Meskipun demikian, hingga saat ini, persilangan antara hibrid *H. liliflorus* dengan *H. rosa-sinensis* dan *H. schizopetalus* akan menghasilkan keturunan yang semuanya diberikan nama *H. rosa-sinensis* (Forsling 2010: 2). Persilangan antara sesama *H. rosa-sinensis* dengan *Hibiscus* sp. (*H. schizopetalus* dan *H. liliflorus*) dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Carolus Linneaus pada 1753 mengidentifikasikan *H. liliflorus* (*H. rosa-sinensis* bunga *single*) ke dalam satu spesies yang sama seperti bunga *double*, yaitu *H. rosa-sinensis* (Gotsis 2004: 1). Oleh karena itu, sejak 1753, *H. rosa-sinensis* dikenal memiliki dua variasi bentuk bunga, yaitu bunga *double* dan *single*. *H. rosa-sinensis* bunga *single* dikenal sebagai *common red*, *sinensis*, atau *camdenii* (Beers & Howie 1990: 1--2). Penyebaran *H. rosa-sinensis* di dunia meliputi wilayah tropis, dan subtropis (National Tropical Botanical Garden 2010: 1).

Antusiasme masyarakat di benua Amerika terhadap *H. rosa-sinensis*, menjadikan tanaman eksotik tersebut tersebar dengan cepat, terutama di daratan Amerika dan beberapa negara bagian, seperti Florida. Persilangan yang mudah dilakukan antara bunga *H. rosa-sinensis* dengan spesies *H.* yang lainnya, seperti *H. schizopetalus*, dan *H. arnottianus*, parental yang tidak tercatat, dan tidak adanya aturan resmi pemberian nama keturunan hasil persilangan merupakan masalah utama yang dihadapi dalam identifikasi dan taksonomi *H. rosa-sinensis*. Oleh karena itu, pada 1950, *American H. Society* dibentuk. Pada 1955, publikasi

mengenai nomenklatur dari hibrid *H. rosa-sinensis* dilakukan, dan menjadi tahap awal untuk memberikan, dan mencatat nama seluruh hibrid yang dihasilkan.



Gambar 2.5 Persilangan antara *H. rosa-sinensis* dengan *H. schizopetalus*, dan *H. rosa-sinensis* dengan *H. liliflorus*

[Sumber: Forsling 2010: 2 (informasi), dokumentasi pribadi (foto).]

Penyebaran *H. rosa-sinensis* di daerah tropis dan sub tropis menjadikannya memiliki beberapa nama lokal. *H. rosa-sinensis* dikenal dengan sebutan Aka-bana oleh masyarakat Jepang, 'Aute oleh suku Samoa. Kayanga dan Gumamela oleh masyarakat Filipina, dan kembang sepatu oleh masyarakat Indonesia (National Tropical Botanical Garden 2010: 1). Masyarakat Indonesia mengenal *H. rosa-sinensis* dengan nama lokal kembang sepatu. Masyarakat dunia juga mengenal *H. rosa-sinensis* sebagai *shoe-black flower* (Beers & Howie 1990: 2).

#### 2.1.4 Pemanfaatan *H. rosa-sinensis*

Malaysia dan Hawaii menjadikan bunga *H. rosa-sinensis* single sebagai bunga kebangsaan yang menjadi salah satu unsur dalam lambang negara (Beers &

Howie 1990: 2; Netstate 2009: 1). Masyarakat Hawaii menggunakan bunga *H. rosa-sinensis* dalam berbagai upacara tradisional, seperti upacara pernikahan dan penyambutan tamu. Masyarakat Polinesia dan Tahiti menganggap *H. rosa-sinensis* sebagai bunga suci dan kramat (Beers & Howie 1990: 2).

*H. rosa-sinensis* selain dikenal sebagai tanaman hias, ternyata juga berpotensi untuk dijadikan tanaman obat (Vasudeva & Sharma 2007: 91). Nayak dkk. (2007:1) meneliti bahwa ekstrak etanol dari bunga *H. rosa-sinensis* yang diberikan secara oral pada tikus yang terluka dapat mengurangi 86% area luka daripada tikus kontrol (tanpa perlakuan) yang hanya menunjukkan 75% pengurangan area luka. Ekstrak etanol *H. rosa-sinensis* terbukti mengandung zat antimikroba yang berperan dalam mencegah infeksi pada luka, dan membantu terbentuknya jaringan epitel (epitelisasi). Vasudeva dan Sharma (2007: 91) juga menyatakan bahwa *H. rosa-sinensis* dapat berperan sebagai anti tumor, anti hipertensi, dan anti *ammonemic*.

Ekstrak *petroleum ether* yang berasal dari bunga dan daun *H. rosa-sinensis* berpotensi untuk menyuburkan rambut (Vasudeva & Sharma 2007: 91), mencegah rambut berketombe (Hubpages 2010: 1), dan dapat digunakan sebagai penghitam rambut dan alis (Beers & Howie 1990: 2). Ekstrak minyak berwarna hitam dari perasan bunga *H. rosa-sinensis* juga dapat dijadikan semir sepatu (Llamas 2003: 255), dan bahan pewarna kertas (Beers & Howie 1990: 2). *Petal* bunga *H. rosa-sinensis* telah dilaporkan memiliki potensi sebagai anti implantasi dan anti spermatogenik (Vasudeva & Sharma 2007: 91). Oleh karena itu, *H. rosa-sinensis* berpotensi untuk dijadikan obat KB alami.

Kandungan *anthocynidin* pada *petal H. rosa-sinensis* memiliki efek perlindungan terhadap *carbon tetra chloride* yang dapat membahayakan hati (Vasudeva & Sharma 2007: 91). *H. rosa-sinensis* berperan sebagai obat *bronchitis*, pelancar haid, dan menyembuhkan penyakit gondok, sakit kepala, demam, dan sariawan (Info tanaman hias Indonesia 2008: 1). Bunga *H. rosa-sinensis* juga telah dijadikan sumber serat alami untuk melancarkan pencernaan (Beers & Howie 1990: 2).

## 2.2 Studi palinologi

### 2.2.1 Definisi dan manfaat studi palinologi

Palinologi adalah ilmu yang mempelajari polen tumbuhan berbiji (spermatophyta), baik gymnospermae, maupun angiospermae, spora pteridophyta, briophyta, alga, dan fungi. Palinologi berperan dalam aplikasi ilmu taksonomi, genetika, studi evolusi, ilmu forensik, ilmu alergi, sejarah vegetasi spesies dan komunitas serta hubungannya dengan perubahan iklim atau pengaruh aktivitas manusia terhadap perubahan vegetasi (Noor *dkk.* 2004: 476). Studi palinologi dapat digunakan untuk menentukan hubungan kekerabatan antar spesies tumbuhan (Huylenbroeck *dkk.* 1999: 335), mengidentifikasi variasi, mengelompokkan tumbuhan pada tingkat famili, dan menelusuri garis evolusi tumbuhan (Noor *dkk.* 2004: 477).

Sebagian besar taksonom percaya bahwa studi palinologi dapat menjadi dasar yang lebih kuat dan akurat dalam identifikasi tumbuhan, dibandingkan data struktur daun dan batang (Noor *dkk.* 2004: 447). Shaheen *dkk.* (2010: 329), juga menyatakan bahwa data morfologi polen dan anatomi epidermis daun dapat dijadikan dasar dalam membuat kunci identifikasi tumbuhan. Menurut Huylenbroeck *dkk.* (1999: 335), studi morfologi, anatomi batang dan daun belum cukup untuk menentukan hubungan kekerabatan antar spesies dalam satu famili. Oleh karena itu, data morfologi polen dapat menjadi dasar dalam menentukan hubungan kekerabatan tumbuhan pada tingkat famili. Penggunaan morfologi polen sebagai dasar dalam taksonomi telah dilakukan oleh banyak ilmuwan, seperti Lindley (1830--1840), Mohl (1835), Fritzsche (1832), Fischer (1980), Selling (1946--1947), Cranwell (1952), Erdtman (1952 & 1957) (Shaheen *dkk.* 2009: 716), dan El Naggar (2004).

### 2.2.2 Studi palinologi pada famili Malvaceae

Studi palinologi pada famili Malvaceae tercatat telah dilakukan pada 1986, 1988, 1994 (Shaheen *dkk.* 2009: 716), 2004 (El Naggar 2004: 229), dan 2009

(Shaheen *dkk.* 2009: 921). Menurut El Nagggar (2004: 229), dan Bibi *dkk.* (2008: 1561), polen pada famili Malvacea memiliki bentuk yang seragam. Polen umumnya memiliki simetri radial, tanpa kutub (*apolar*), sebagian besar berbentuk sferoidal hingga oblat-sferodial, ornamentasi eksin berupa pori (*porate*) yang tersebar pada permukaan eksin (*polypantoporate*). Pori pada eksin polen berbentuk *colporate* (bulat memanjang). Tektum umumnya berupa duri (ekinet) dengan panjang, bentuk dan kepadatan yang bervariasi antara spesies (El Nagggar 2004: 229; Bibi *dkk.* 2008: 1561). Apertur polen dapat berupa pori (*porate*), atau *punctuate* dengan granula dan lereng diantara ekinet. Data morfologi polen pada tumbuhan yang termasuk famili Malvaceae yang telah diteliti dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan 2.2

### 2.2.3 Morfologi polen *H. rosa-sinensis*

Studi palinologi pada *H. rosa-sinensis* (anggota genus *Hibiscus*) telah dilakukan oleh El Nagggar (2004), Bibi *dkk.* (2008), Adekanmbi (2009), dan Shaheen *dkk.* (2009). Polen *H. rosa-sinensis* berbentuk *globose*, tanpa kutub (*apolar*), dan memiliki simetri radial (Adekanmbi 2009: 297--299; Shaheen *dkk.* 2009: 978). Apertur polen berupa *periporate* (pori di bagian pinggir), atau *polypantoporate* (pori dengan jumlah lebih dari 20, dan tersebar di seluruh permukaan eksin). Pori memiliki bentuk bulat memanjang, atau disebut *colporate* (El Nagggar 2004: 237). Eksin memiliki ketebalan 2,7  $\mu\text{m}$ , ornamentasi eksin berupa duri (ekinet) dengan panjang 6,75  $\mu\text{m}$ , dan lebar bagian dasar ekinet adalah 2,43  $\mu\text{m}$ . Ekinet (duri) pada umumnya berujung tumpul (*blunt apex*), namun terkadang dapat ditemukan ekinet dengan ujung yang bengkok atau berlekuk. Permukaan eksin berupa *baculate* (Adekanmbi 2009: 297--299). Data morfologi polen *H. rosa-sinensis* dari berbagai penelitian palinologi yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1, 2.2, dan 2.3.

Tabel 2.1. Data morfologi polen dari tumbuhan yang termasuk famili Malvaceae

No.	Takson	Ukuran polen (µm)	Σ	Diameter	Susunan	Bentuk	Bagian dalam	Panjang (µm)	dasar	Bentuk tabune	Percabangan	Ketebalan (µm)	Eksin (µm)	Neksin (µm)	Apertur (pahatan tektum)
1.	<i>Abelmoschus esculentus</i>	128-130	22-45	6-Eyl	panto	porate	costate	16	bulbous	-	-	3.2-4.3	2.55	1.75	verrucate or microreticulate-punctate
2.	<i>Hibiscus trionum</i>	80-88	22-45	4.6	panto	porate	costate	11	bulbous	-	-	5.7	2.85	2.85	verrucate
3.	<i>H. micranthus</i>	62-130	22-45	3	panto	porate	costate	15	bulbous	-	-	1.4	0.6	0.8	verrucate, microreticulate-punctate
4.	<i>H. sabdariffa</i>	72-96	22-45	5.1	panto	porate	smooth	14	bulbous	-	-	3.42	0.9	2.57	verrucate
5.	<i>H. rosa-sinensis</i>	73-75	22-45	4	panto	colporate	costate	11.5	bulbous	-	ada	3.5	1.3	2.2	verrucate
6.	<i>Hibiscus sp.</i>	100-120	22-45	3.5	panto	colporate	costate	10	bulbous	-	ada	3.8	1.5	2.3	verrucate
7.	<i>Gossypium barbadense</i>	66-73	22-45	5	panto	porate	costate	11	bulbous	-	-	3.43	1.71	1.71	rugulose, microreticulate-punctate
8.	<i>G. hirsutum</i>	85-88	22-45	4	panto	colporate	costate	7.5	bulbous	-	-	-	-	-	rugulose
9.	<i>Lagunaria patersonii</i>	45-50	22-45	7.5	panto	colporate	costate	7.5	bulbous	-	-	-	-	-	rugulose, microreticulate-punctate
10.	<i>Malva aegyptia</i>	52-75	numerous	3.6	panto	porate	smooth	4	-	-	-	4.4	1.6	2.8	verrucate
11.	<i>M. parviflora</i>	51-53	numerous	2	panto	porate	costate	3	-	-	-	3.2	0.9	2.1	verrucate, microreticulate-punctate
12.	<i>M. neglecta</i>	58-63	numerous	2.2	panto	porate	verrucate	6	-	-	-	3.2	1.4	1.8	verrucate, microreticulate-punctate
13.	<i>M. nicaeensis</i>	55-60	numerous	2.2	panto	porate	smooth	6	-	-	-	4.4	1.2	3.2	verrucate, microreticulate-punctate
14.	<i>M. sylvestris</i>	72-75	numerous	2.6	panto	porate	smooth	8	-	-	-	6	2.6	3.7	verrucate, microreticulate-punctate
15.	<i>Lavatera cretica</i>	47-66	numerous	2.7	panto	porate	verrucate	5	-	-	ada	5	1.75	3.25	verrucate, microreticulate-punctate
16.	<i>L. bryoniifolia</i>	50-65	numerous	2.5	panto	porate	smooth	5	-	-	ada	4.8	1.7	3.1	verrucate, microreticulate-punctate
17.	<i>Alcea rosea</i>	75-90	numerous	2.6	panto	porate	smooth	8	-	present	-	3.5	0.7	2.8	verrucate, microreticulate-punctate
18.	<i>Abutilon theophrasti</i>	37-47	Ağu-15	3.4	zono	porate	costate	5.3	bulbous	-	-	1.5	0.93	0.53	microverrucate, microreticulate-punctate
19.	<i>A. pannosum</i>	43-44	Ağu-15	3.2	zono	porate	costate	5	bulbous	-	-	1.4	0.7	0.7	microverrucate, microreticulate-punctate
20.	<i>Sida alba</i>	43-47	6-Eyl	3	zono	colporate or porate	costate	5	bulbous	-	-	2.4	1.2	1.2	microverrucate, microreticulate-punctate
21.	<i>Malvaviscus arboreus</i>	100-128	numerous	5-Haz	panto	colpate	costate	4	bulbous	-	-	6.5	2.15	4.3	verrucate

[Sumber: modifikasi dari El Naggar 2004: 237.]

Tabel 2.2 Data kualitatif dan kuantitatif polen dari tumbuhan yang termasuk famili Malvaceae

Takson	Bentuk	Diameter polen		Polen isopolar		Kelas polen	P. duri (um)		l. duri (um)		Indeks duri
		Min (mean±S.E)	Maks	Diameter	Diameter		Min (mean±S.E)	Maks	Min (mean±S.E)	Maks	
		<b>Polen apolar</b>		<b>P. axis. µm</b>	<b>E. diam. µm</b>						
<i>Abutilon indicum</i>	Sub-oblate	—	—	69 (74.3 ± 0.9)78	50 (51.3 ± 0.6) 60	3.zonoporate	2.5 (2.7 ± 0.07) 3	2 (2.2 ± 0.08) 2.5	—	—	1.2
<i>A. molle</i>	Oblate-spheroidal	—	—	37.5 (37.5 ± 0)	37 (40.6 ± 0.8) 40	3.zonoporate	2.5 (2.6 ± 0.07) 3	3.75 (4.07 ± 0.1) 4.5	—	—	0.6
<i>A. bidentatum</i>	Spheroidal	—	—	50 (52.5±1.1) 55	50 (52.5 ± 1) 55	3.zonoporate	2.5 (2.6 ± 0.07) 3	2.5 (2.5 ± 0.1) 3	—	—	1.04
<i>A. fruticosum</i>	Oblate-spheroidal	—	—	35 (50±1.9)55	50 (55 ± 0.5)58	3.zonoporate	2 (2.27 ± 0.07) 2.5	2.5 (2.7 ± 0.08) 3	—	—	0.84
<i>A. theophrastii</i>	Oblate-spheroidal	—	—	47.5 (49.6±1.1)55	50 (49.6 ± 0.6) 55	3.zonoporate	4.5 (4.7 ± 0.08) 5	4.5 (4.9 ± 0.08) 5	—	—	0.9
<i>A. pakistanicum</i>	Oblate-spheroidal	—	—	50 (52.8 ± 0.8) 55	52 (63.2 ± 2.6) 70	3.zonoporate	2.5 (2.5 ± 0)	5 (5 ± 0)	—	—	0.5
<i>A. muticum</i>	Sub-oblate	—	—	40 (44.5 ± 2.7) 60	62 (65.4 ± 0.6) 67	3.zonoporate	2.5 (3.1 ± 0.2) 3.75	3.75 (4.6 ± 0.02) 5	—	—	0.6
<i>H. syriacus</i>	Spheroidal	100 (114.16 ± 4.5) 130	—	—	—	Pantoporate	17.5 (20.8 ± 1.02) 25	10 (10.3 ± 0.3) 12.5	—	—	2.01
<i>H. schizopetalus</i>	Spheroidal	110 (158 ± 4.2)180	—	—	—	Pantoporate	12.5 (11 ± 2.04) 15	5 (6.99 ± 0.36) 7.5	—	—	1.57
<i>H. mutabilis</i>	Spheroidal	120 (132 ± 2.26)140	—	—	—	Pantoporate	7.5 (9.09 ± 0.38) 10	5 (5.75 ± 0.38) 7.5	—	—	1.5
<i>H. rosa-sinensis</i>	Globose	135 (150 ± 5.2)170	—	—	—	pantoporate	9 (12.8 ± 0.7) 15	5 (5.6 ± 0.1) 6	—	—	2.28
<i>H. sabdariffa</i>	Globose	85 (100.5 ± 5.3)120	—	—	—	pantoporate	15 (21 ± 1.06) 25	5 (6.6 ± 0.2) 8.07	—	—	3.18
<i>H. caesius</i>	Spheroidal	80 (89 ± 3.0)95	—	—	—	pantoporate	7 (8.2 ± 0.3) 9	4 (4.5 ± 0.1) 5	—	—	1.82
<i>H. trionum</i>	Globose	100 (110 ± 1.54)115	—	—	—	pantoporate	16.5 (17.63 ± 0.4) 20	5 (6.15 ± 0.32) 7.5	—	—	2.86

Takson	i.d dari apeks (um)	Diameter pori (um)	Ketebalan seksin (um)	Ketebalan neksin (um)	Ketebalan intin (um)
	Min (mean±S.E)	Maks	Min (mean±S.E)	Maks	
<i>Abutilon indicum</i>	6 (7.6 ± 0.4)10	Not distinct	0.5	0.5 - 1.25	0.5
<i>A. molle</i>	5 (6 ± 0.2)7	Not distinct	0.5	0.5 - 1.25	0.5
<i>A. bidentatum</i>	5 (5.6 ± 0.2) 7	2 (2.3 ± 0.1)3	1.25	Tidak berkembang	1.25
<i>A. fruticosum</i>	5 (7.7 ± 0.6) 10	2.5 (2.5 ± 0)	2.5	Tidak berkembang	1.25
<i>A. theophrastii</i>	4 (6 ± 0.3) 8	2.5 (2.5 ± 0)	1.25	Tidak berkembang	0.5
<i>A. pakistanicum</i>	6 (7.2 ± 0.4) 9	2.5 (2.5 ± 0)	1.25	0.5	1.25
<i>A. muticum</i>	7 (8.5 ± 0.4)10	3 (4.06 ± 0.3)5	1.25	1.25	1.25
<i>H. syriacus</i>	24.9 (33.1 ± 1.8) 40	Not distinct	1.25	2.5	2.5
<i>H. schizopetalus</i>	15.3 (21.09 +/- 1.4)29.22	5 (5.4 ± 0.1) 6.2	1.25	2.5	0.5
<i>H. mutabilis</i>	22.22 (27.11 ± 1.3)33.33	5 (6.75 ± 0.38) 7.5	3.75	1.25	2.5
<i>H. rosa-sinensis</i>	20 (21.5 ± 0.61) 24	5 (5.6 ± 0.1)6	0.5	2 - 2.5	0.5
<i>H. sabdariffa</i>	18.46 (25.8 ± 1.07)27.68	7.5 (8.85 ± 0.33)10	0.5	1.25 - 2.5	0.5
<i>H. caesius</i>	9.35 (11.24 ± 0.9) 13.75	6.5 (7.85 ± 0.4) 10	0.25 - 0.75	3.75 - 5	0.25 - 0.75
<i>H. trionum</i>	12 (15.52 ± 0.86) 20	6.25 (6.8 ± 0.2) 7.5	2.5	5 - 7.5	5

Min= minimum; maks= maksimum, S.E=Standar Error; P. axis= polar aksis; E. diam= Equatorial diameter (diameter ekuator); i.d= interspinal distance (jarak antara duri) [Sumber: modifikasi dari Shaheen *dkk.* 2009: 928.]

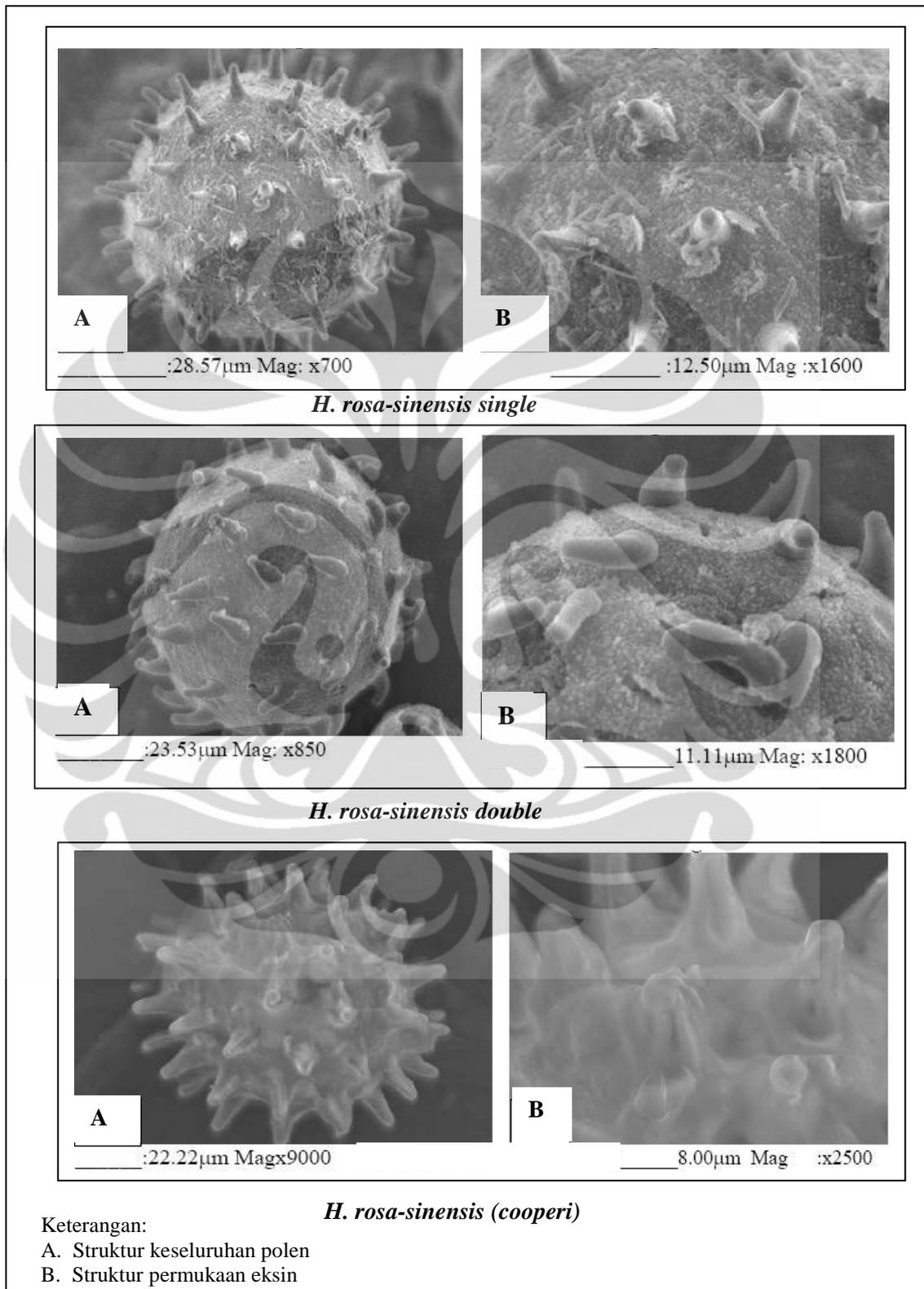
Bibi *dkk.* (2008: 1561) telah melakukan penelitian mengenai morfologi polen dari tiga variasi *H.rosa-sinensis* (individu yang menghasilkan bunga *single*, *double* dan *cooperi*). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, ketiga variasi *H. rosa-sinensis* memiliki bentuk polen yang seragam. Polen memiliki bentuk oblat sferoidal hingga prolata sferoidal. Ornamentasi eksin berupa duri (ekinet) dengan ujung yang tumpul, membulat, dan menggulung. Bunga *H. rosa-sinensis single* memiliki polen berbentuk bulat (*globose*), prolata sferoidal hingga oblat sferoidal, *isopolar* atau *apolar*, ornamentasi eksin berupa duri (ekinet) dengan ujung tumpul, dan memiliki tektum *reticulate*.

Bunga *H. rosa-sinensis double* memiliki polen berbentuk sferoidal, isopolar, tipe apertur polen berupa *pantoporate*, ornamentasi eksin berupa duri (ekinet) dengan ujung membulat, *monomorphic*, dan tektum *perforated*, *punctuated*, hingga *granulated*. *H. rosa-sinensis (cooperi)* memiliki polen berbentuk sferoidal, ornamentasi eksin berupa duri (ekinet) dengan ujung yang menggulung, *pantoporate*, dan tektum dengan permukaan yang tidak rata, namun bukan *granulate* dan *punctuate* (Bibi *dkk.* 2008: 1562--1563). Data morfologi polen dari bunga *H. rosa-sinensis single*, *double*, dan *cooperi* dapat dilihat pada Tabel 2.3. Sedangkan visualisasi polen pada ketiga bunga tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Tabel 2.3. Analisis polen dari genus *H.*

Nama sampel	Bentuk	Ukuran (µm)	Tebal eksin	Tektum	Apeks ekinet	Jumlah pori	Jumlah ekinet	Kelas
<i>Hibiscus mutabilis</i>	Spherical	142	5µm	Chambered	Blunt & Bifurcated	7	48	1
<i>Hibiscus rosa sinensis (Common)</i>	Globose	165	4.8µm	Punctuate	Blunt	13	35	1
<i>Hibiscus rosa sinensis (Double)</i>	Globose	133	6µm	Granulate	Rounded	12	35	1
<i>Hibiscus rosa sinensis (Cooperi)</i>	Globose	124	4.6µm	Psilate	Blunt	8	29	1
<i>Hibiscus schizopetalous</i>	Spherical	124	3µm	Granulate	Blunt	15	34	1
<i>Hibiscus syriacus</i>	Spherical	169	5.2µm	Psilate	Blunt/ Acute	8	31	2

[Sumber: modifikasi dari Bibi *dkk.* 2008: 1563.]



Gambar 2.6 Morfologi polen bunga *H. rosa-sinensis single, double, dan cooperi*  
 [Sumber: modifikasi dari Bibi dkk. 2008: 1564--1565.]

### 2.3 Perkembangan bunga

Tumbuhan yang telah mengalami fase pertumbuhan vegetatif akan dapat melanjutkan ke fase generatif. Fase generatif ditandai dengan dihasilkannya bunga sebagai alat reproduksi (Huala & Sussex 1992: 901). Proses perkembangan bunga pada tumbuhan dibagi menjadi empat tahapan, yang masing-masing tahapan diatur oleh gen-gen spesifik (lihat Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Skema perkembangan bunga yang melibatkan gen-gen spesifik dalam setiap tahapannya  
[Sumber: Bowman dkk. 1989: 37 (informasi), buatan pribadi (gambar).]

Tahap pertama dalam perkembangan bunga adalah induksi perbungaan yang diinisiasi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal yang menginisiasi perbungaan adalah gen dan hormon, sedangkan faktor eksternal (lingkungan) terdiri atas fotoperiodisitas, suhu, ketersediaan air, umur tumbuhan, dan nutrisi. Interaksi antara faktor lingkungan dan faktor internal akan menentukan waktu perbungaan, lebih cepat atau lebih lambat (Bernier dkk. 1993: 1147). Induksi perbungaan yang terjadi mengakibatkan reorganisasi sel-sel meristem tunas apikal. Sel-sel meristem tunas apikal akan membelah dan tumbuh menjadi meristem perbungaan yang kemudian akan berkembang menjadi primordia bunga (Bowman dkk. 1989: 37).

Tahap kedua dalam perkembangan bunga adalah tahap diferensiasi sel-sel meristem bunga menjadi primordia bunga, yang diatur oleh *meristem identity genes*. *Meristem identity genes* diekspresikan secara penuh di meristem bunga.

Gen yang berperan sebagai *meristem identity genes* adalah gen *LEAFY*. Gen *LEAFY* tidak hanya bekerja sendiri dalam menentukan perkembangan meristem bunga. Gen *LEAFY* bekerja sama dengan gen *APETALA1* dan *APETALA2*. Interaksi antara ketiga gen tersebut mengakibatkan perubahan meristem bunga menjadi primordia bunga (Huala & Sussex 1992: 901--902). Pola perkembangan primordia bunga pada tumbuhan sangat bervariasi.

Tahap ketiga adalah pembentukan primordia bagian-bagian bunga dari meristem bunga. Bunga terdiri dari empat lingkaran bunga (bagian bunga). Masing-masing lingkaran bunga menggambarkan bagian spesifik yang dibentuk. Bagian bunga (dari lingkaran terluar hingga terdalam) terdiri atas *calyx* (kelopak bunga), *corolla* (mahkota bunga), *stamen* (alat reproduksi jantan), dan *pistillum* (bagian reproduksi betina).

Tahap terakhir dalam perkembangan bunga adalah penentuan (determinasi) dan diferensiasi bagian bunga yang akan terbentuk dari primordia bunga. Penentuan dan diferensiasi keempat bagian bunga (*calyx*, *corolla*, *stamen* dan *pistillum*) diatur oleh gen-gen homeotik. Coen & Meyerowitz (1991: 31), Ferrario *dkk.* (2004: 84) menyatakan terdapat gen-gen spesifik yang secara langsung berperan dalam pembentukan bagian-bagian bunga tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Bowman *dkk.* (1989, 1991) memberikan hasil terdapat 3 kelas gen yang mengatur pembentukan lingkaran bunga, yaitu kelas gen A, B, dan C (Kirchoff 1991: 582). Adam (2004: 16) menambahkan terdapat kelas gen D, sedangkan Ferrario *dkk.* (2004: 86--87) juga menambahkan kelas gen E yang berperan dalam perkembangan bunga.

#### 2.4 Gen-gen homeotik

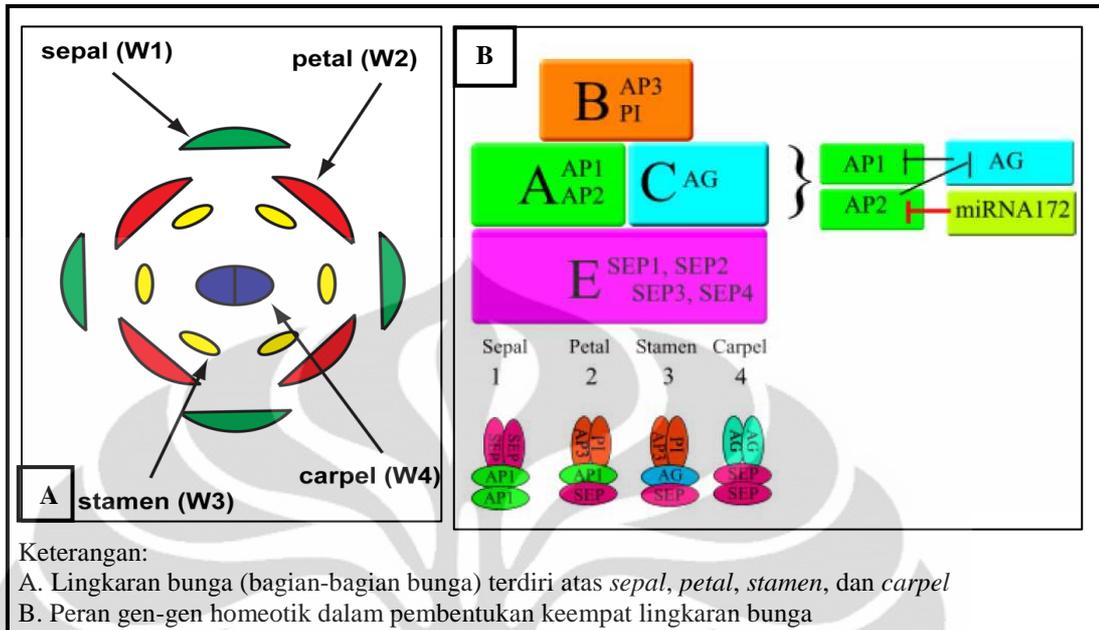
Kelas gen A bertanggung jawab dalam pembentukan *calyx* (*sepal*), sedangkan interaksi kelas gen A dan B bertanggung jawab dalam ekspresi pembentukan *corolla* (*petal*). Interaksi antara kelas gen B dan C berperan dalam pembentukan *androecium* (*stamen*), sedangkan ekspresi kelas gen C sendiri mengakibatkan terbentuknya *carpel* (Adam 2004: 16). Penelitian lebih lanjut mengenai gen-gen homeotik bunga pada 1995 menunjukkan terdapat kelas gen D

yang berperan dalam ekspresi pembentukan ovul. Penelitian pada tahun 2000 juga menambahkan kelas gen E sebagai gen yang berperan penting dalam pembentukan kofaktor dalam perkembangan 3 lingkaran bunga terdalam (*corolla*, *stamen*, dan *pistillum*). Peran gen-gen homeotik dalam perkembangan bunga dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Prinsip dasar model gen ABC adalah sebagai berikut:

1. Setiap kelas gen homeotik berperan pada 2 lingkaran yang berdekatan. Mutasi yang terjadi pada gen homeotik akan mengakibatkan perubahan struktur organ pada lingkaran bunga tersebut menjadi organ lain
  2. Kombinasi aktivitas gen homeotik terjadi pada setiap lingkaran bunga, dan berperan dalam menentukan perkembangan organ pada lingkaran tersebut. Misalnya, gen A → *SEPAL*, gen A+B (kombinasi aktivitas gen A dan B) → *PETAL*, B+C (kombinasi aktivitas gen B dan C) → *STAMEN*, gen C → *KARPEL*
  3. Kelas gen A dan C mempunyai aktivitas gen yang bersifat antagonistik mutual, yang berarti hilangnya fungsi salah satu gen mengakibatkan ekspresi yang berlebihan pada gen lain yang berdekatan. Misalnya: hilangnya fungsi kelas gen A menyebabkan aktivitas yang berlebihan pada kelas gen C. Ekspresi tersebut terjadi di keempat lingkaran bunga. Begitupun bila kelas gen C gagal terekspresi, akan berakibat pada ekspresi yang berlebihan kelas gen A di seluruh lingkaran bunga.
- (Bowman 1997: 518).

Gen yang termasuk kelas gen A adalah *APETALA1* (AP1) dan *APETALA2* (AP2). Gen yang termasuk kelas gen B adalah gen *DEFICIENS* (DEF), *APETALA3* (AP3), *PISTILLATA* (PI) dan *GLOBOSA* (GLO), sedangkan gen yang termasuk kelas gen C adalah gen *AGAMOUS* (AG), dan *FARINELLI* (FAR) (Ferrario *dkk.* 2004: 86--87). Gen-gen yang termasuk kelas gen D adalah *SHATTERPROOF1*, dan *SHATTERPROOF2*. Gen-gen yang termasuk kelas gen E adalah *SEPALLATA1* (SEP1), *SEPALLATA2* (SEP2), *SEPALLATA3* (SEP3), dan *SEPALLATA4* (SEP4).



Gambar 2.8 Peran gen homeotik dalam pembentukan keempat lingkaran bunga  
 [Sumber: Ferrario *dkk.* 2004: 85; Swanson 2005: 15.]

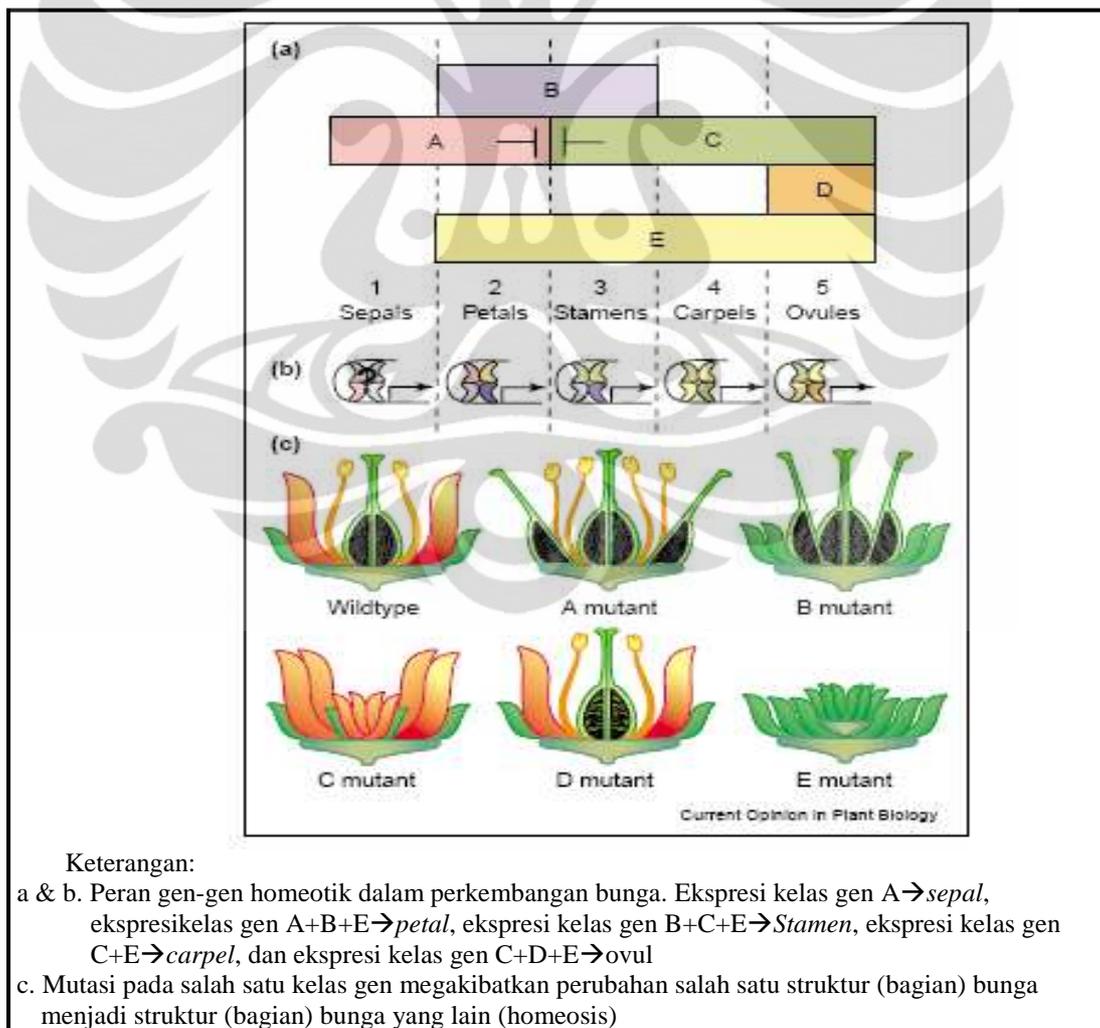
## 2.5 Homeosis: mekanisme evolusi perkembangan bunga pada angiosperma

Tumbuhan angiosperma (tumbuhan berbunga) mulai ada sejak 130 juta tahun yang lalu dan terus meningkat jumlahnya. Hingga saat ini, tercatat terdapat 250.000 spesies angiosperma di bumi. Kelompok angiosperma memiliki bentuk bunga yang sangat bervariasi antar spesies. Meskipun demikian, angiosperma memiliki struktur dasar bunga yang sama, yaitu *stamen* (organ reproduksi jantan) dan *pistillum* (organ reproduksi betina) yang dikelilingi oleh perhiasan bunga (*perianthum*) yang steril. Perianthium terdiri atas *calyx* dan *corolla* yang mudah dibedakan. Namun, terdapat spesies tumbuhan yang memiliki morfologi *calyx* dan *corolla* yang hampir sama dan sulit dibedakan. Struktur yang demikian disebut tepal (Irish 2000: 1).

Studi filogenetik dan bukti fosil semakin memperkuat dugaan bahwa bunga angiosperma primitif (*Amborella*) memiliki bunga dengan ukuran yang kecil. Bunga pada *Amborella* hanya terdiri atas organ reproduksi (*stamen* dan *pistillum*), dan sedikit *petal*. Namun, seiring dengan evolusi yang terjadi pada angiosperma, *perianthum* mulai berkembang, dan bertambah jumlahnya. Perkembangan perianthium pada tumbuhan angiosperma disebabkan oleh

perubahan peran kelas gen B (*APETALA3*). Kelas gen B yang awalnya hanya berperan dalam pembentukan *stamen*, kemudian juga berperan dalam pembentukan *petal*. Perubahan peran kelas gen B tersebut disebabkan oleh mutasi duplikasi yang terjadi pada kelas gen B (Irish 2000: 2).

Mutasi pada gen-gen homeotik (baik kelas gen A, B, C, D, dan E) merupakan mekanisme evolusi pada perkembangan bunga angiosperma. Mutasi gen-gen homeotik akan mengakibatkan terbentuknya struktur baru yang seharusnya tidak terbentuk (Irish 2000: 3) (Gambar 2.9). Peristiwa pergantian suatu bagian bunga menjadi bagian lain yang identik atau tidak identik, atau munculnya morfologi peralihan antara dua organ akibat tidak terekspresinya gen-gen homeotik disebut homeosis (Craene 2009: 225; Mac Intyre & Lacroix 1996: 1871; Kirchoff 1991: 833).



Gambar 2.9 Mutasi pada gen-gen homeotik dan akibatnya  
[Sumber: Ferrario *dkk.* 2004: 85.]

Kata homeosis pertama kali dikenalkan oleh Bateson (1894). Bateson menyatakan homeosis sebagai pergantian (perubahan) struktur tumbuhan menjadi struktur lain yang homolog secara progresif (Sattler 1988: 1606). Leavitt (1905) dalam (Sattler 1988: 1607) mendefinisikan homeosis sebagai translokasi morfologi (*morphic translocation*), yaitu terbentuknya struktur organ bunga pada lokasi yang tidak semestinya. Laevitt (1905) dalam (Sattler 1988: 1607) juga menambahkan bahwa homeosis dapat mengakibatkan perubahan fungsi organ dan fisiologis pada tumbuhan.

Leavitt (1909) dalam (Craene 2009: 225) memperluas definisi homeosis menjadi pergantian stuktur bunga dengan struktur lain yang homolog maupun non homolog yang terjadi secara parsial atau total, dan termasuk kasus teratologi pada tumbuhan. Corner (1958) dalam (Craene 2009: 226) berpendapat bahwa homeosis merupakan peristiwa yang berhubungan dengan ekologi. Homeosis pada tumbuhan angiosperma mengakibatkan perubahan pada fungsi bagian bunga, yang berdampak pada perubahan strategi polinasi (Ferrario *dkk.* 2004: 84--85).

Homeosis yang terjadi pada Zingiberaceae mengakibatkan pergantian *stamen* menjadi struktur yang menyerupai lidah (*lip*), dan kelompok *stamen* di bagian dalam mengalami perubahan menjadi *staminodes*. Sebagian besar *stamen* pada Costaceae juga digantikan oleh struktur menyerupai *petal* (*petaloid*), dan *stamen* tunggal fertil yang melekat pada *petaloid*. Cannaceae dan Marantaceae memiliki satu *stamen* fertil, dan tiga hingga empat *stamen* yang berubah menjadi struktur *staminodes*. Sebaliknya, homeosis memainkan peranan yang sangat kecil pada kelompok pisang-pisangan. Hanya Heliconiaceae yang mengalami perubahan *stamen* menjadi *staminodes* (Kirchoff 1991: 833).

## 2.6 Teknik molekular

### 2.6.1 Isolasi RNA

Isolasi RNA bertujuan untuk mendapatkan RNA dari suatu sel, tanpa adanya pengotor-pengotor lain, seperti DNA dan protein (Campbell *dkk.* 2002: 317). Isolasi RNA dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu penghancuran sel (pelisisan sel), pemurnian RNA dari DNA dan zat pendegradasi, dan tahap

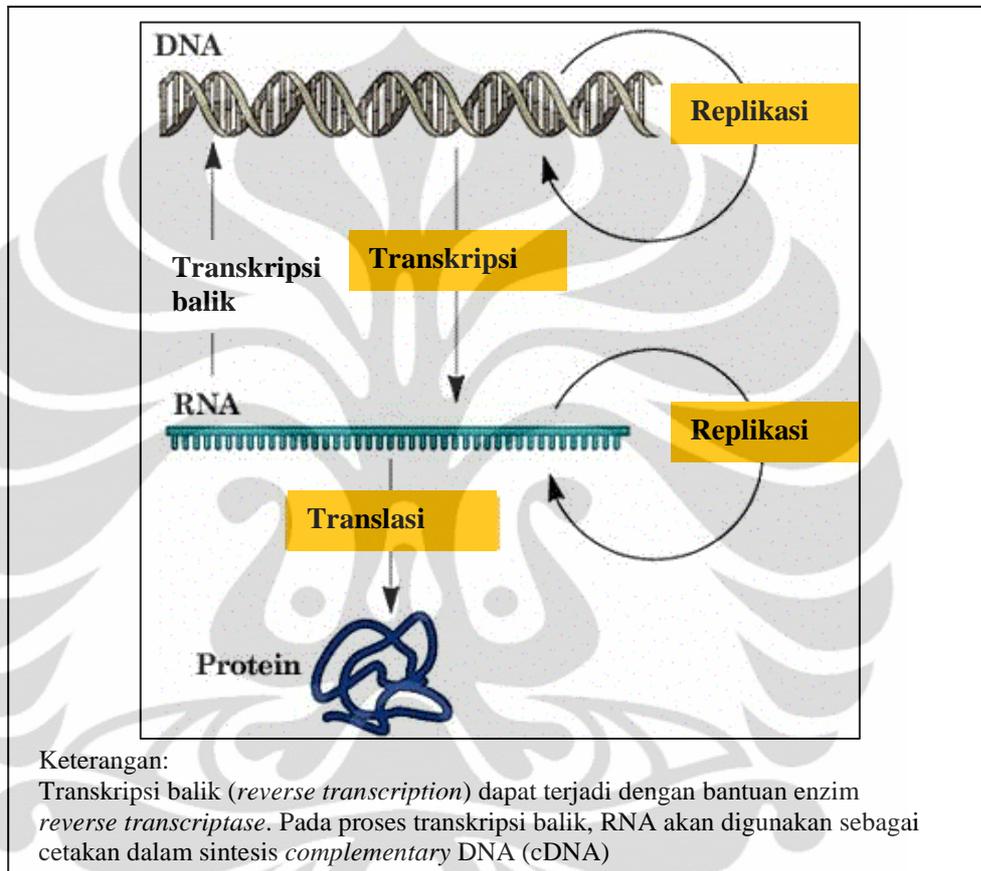
penyimpanan RNA menggunakan nitrogen cair (*liquid nitrogen*) (Palumbi 1996: 206). Hal yang perlu diperhatikan dalam mengisolasi RNA adalah meminimalkan aktivitas zat-zat yang dapat mendegradasi RNA (RNase). RNase merupakan enzim yang dapat mendegradasi molekul RNA. Enzim RNase bersifat stabil, sebab memiliki konfigurasi tersier yang dihubungkan oleh jembatan disulfida. RNase tidak membutuhkan kofaktor dalam aktivitasnya. RNase juga dapat aktif pada kisaran pH yang besar. RNase dapat bekerja efektif dalam jumlah yang sedikit, dan sulit sekali untuk di inaktivasi (Qiagen 2010: 45). Kestabilan struktur konfigurasi RNase mengakibatkan RNase dapat dengan mudah terbentuk kembali setelah terdenaturasi oleh zat denaturan atau pemanasan (Farrel 1993: 3).

#### 2.6.2 Sintesis *complementary* DNA (cDNA) melalui transkripsi balik (*reverse transcription*)

Berdasarkan teori *central dogma*, DNA akan ditranskripsikan menjadi RNA, kemudian setiap 3 basa RNA hasil transkripsi (kodon) akan ditranslasikan menjadi asam amino-asam amino penyusun polipeptida (Campbell *dkk.* 2002: 317-318). Meskipun demikian, ternyata proses transkripsi berbalik (*reverse transcription*) juga dapat terjadi (Gambar 2.10). RNA *messenger* (mRNA) hasil transkripsi dapat mengalami transkripsi balik membentuk DNA kembali. Kopi DNA yang dibentuk dari template mRNA secara invitro menggunakan enzim *reverse transcriptase* disebut juga *complementary* DNA (cDNA), sedangkan prosesnya disebut *reverse transcription* (RT) atau sintesis cDNA rantai tunggal (*single strand*). *Complementary* DNA (cDNA) hasil *reverse transcription* dapat digunakan sebagai template (cetakan) untuk amplifikasi PCR, dengan menggunakan primer spesifik untuk satu atau beberapa gen. Proses pembentukan cDNA dari mRNA, yang dilanjutkan dengan PCR disebut juga dengan *Reverse Transcription* PCR (RT-PCR) (Protocol online 2009: 1--2).

Enzim *reverse transcriptase* hanya dapat bekerja dengan bantuan primer. Primer acak (*random primer*) yang berkomplementer dengan berbagai situs pada fragmen RNA akan digunakan untuk menginisiasi sintesis cDNA. Primer lain yang dapat digunakan untuk membentuk cDNA adalah oligo (dT) yang dapat berlekatan dengan ujung poli-A mRNA. Hasil dari sintesis cDNA adalah fragmen DNA yang mengkode protein tertentu (ekson). Hasil sintesis cDNA yang

dihasilkan sangat bergantung dengan primer spesifik yang digunakan, sebab primer spesifik akan berkomplemen dengan urutan basa DNA tertentu (Campbell *dkk.* 2002: 330). Transkripsi balik atau *reverse transcription* (RT) dapat dilakukan dengan menggunakan total RNA atau poly(A) RNA, enzim *reverse transcriptase*, primer, dNTP-dNTP, dan RNase *inhibitor*.



Gambar 2.10 *Central dogma*

[Sumber: modifikasi dari Jayaram 2010: 1.]

### 2.6.3 *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

*Polymerase Chain Reaction* (PCR) merupakan teknik yang dapat mengamplifikasi, mendeteksi, memanipulasi, dan mengklona DNA dari sumber yang beraneka ragam. Teknik tersebut didasarkan alasan bahwa molekul *double strand* DNA dapat didenaturasi dan oligonukleotida dapat disintesis secara *in vitro* (Becker *dkk.* 1996: 55). PCR dapat digunakan untuk memperbanyak sekuens DNA yang diinginkan (sekuens spesifik) dalam waktu yang cepat. Prinsip PCR adalah memanfaatkan DNA polimerase untuk memperbanyak sekuens spesifik

melalui pelakatan primer *forward* dan *reverse*, dengan menghubungkan d-NTP d-NTP dalam reaksi termal (Raven & Johnson 2002: 398). Teknik PCR dapat digunakan untuk mengamplifikasi sekuen sampel yang memiliki *copy number* yang sangat rendah. Namun, teknik PCR juga memiliki kekurangan. PCR hanya dapat mengamplifikasi sekuen fragmen DNA yang memang telah diketahui, dan tidak dapat mengamplifikasi fragmen DNA yang terlalu besar, maksimum 2 kb (Griffiths *dkk.* 2004: 362).

Tahap PCR terdiri atas denaturasi, *annealing*, dan elongasi. Tahap denaturasi berarti pemecahan untai ganda DNA (*double helix*) menjadi dua untai tunggal DNA (*single strand*) (Ditkeskanling 2005: 4). Denaturasi dilakukan melalui pemanasan. Tahap denaturasi membutuhkan waktu 5 menit untuk meningkatkan panjang DNA *template* yang terdenaturasi. Denaturasi dapat berlangsung selama 45 detik dengan suhu denaturasi 94--95° C untuk DNA yang mengandung 55% komposisi G + C atau kurang. Temperatur yang lebih tinggi dapat digunakan apabila komposisi G + C lebih besar dari 55%. Tujuan penggunaan suhu tinggi dalam denaturasi adalah untuk menghentikan seluruh reaksi enzimatik (Klug & Cumming 1994: 402; Sambrook & Russell 2001: 8).

Tahap kedua dalam PCR adalah *annealing*. Tahap *annealing* adalah tahap penempelan primer oligonukleotida pada ujung 3' sekuens DNA target (Taylor 1993: 19). Primer oligonukleotida yang berlekatan akan menginisiasi terjadinya polimerisasi atau tahap elongasi (Lodish *dkk.* 2003: 375).

Tahap elongasi merupakan tahap terakhir dari PCR. Tahap elongasi atau *extension* atau polimerisasi merupakan tahap pemanjangan primer dengan bantuan DNA polimerase pada suhu 74° C. Reaksi elongasi disebut juga reaksi polimerisasi. DNA polimerase akan melakukan pemanjangan primer dari arah 5' menuju 3' melalui penambahan dNTP-dNTP. Untai DNA yang baru akan dibentuk pada akhir proses elongasi (Ditkeskanling 2005: 1). Komponen-komponen yang terlibat dalam reaksi PCR adalah DNA *template*, primer, PCR *buffer*, dNTP (*dioksinuklosida trifosfat*), ion Magnesium ( $Mg^{2+}$ ), akuabides, dan enzim *Taq polimerase* yang bersifat termostabil (tahan terhadap pemanasan) (Sambrook & Russell 2001: 5).

#### 2.6.4 Elektroforesis

Elektroforesis berarti perpindahan partikel bermuatan dalam sebuah medan listrik (Bergen 2003: 1; Boyer 1993: 115). Elektroforesis merupakan metode yang digunakan untuk memisahkan berbagai macam molekul organik, seperti asam nukleat berupa DNA atau RNA, dan protein (Lawrence 1989: 156). Prinsip kerja elektroforesis adalah memisahkan molekul-molekul bermuatan berdasarkan kecepatan migrasi tiap-tiap molekul dalam sebuah medan listrik (Fairbanks & Andersen 1992: 278). Molekul RNA dan DNA bermuatan negatif dalam kondisi pH netral (pH=7). Oleh karena itu, apabila dialiri listrik maka molekul-molekul RNA akan bermigrasi menuju kutub positif (anoda). RNA dan DNA bermuatan negatif karena ikatan fosfat yang terdapat dalam asam nukleat melepaskan ion H<sup>+</sup> (Martin 1996: 3). Molekul-molekul organik (DNA atau RNA) akan terpisah berdasarkan berat molekul, muatan, dan kecepatan migrasi molekul-molekul dalam medan listrik (Boyer 1993: 115).

Elektroforesis merupakan teknik pemisahan molekul-molekul organik yang banyak digunakan dalam biologi molekular. Elektroforesis biasa digunakan untuk memvisualisasikan fragmen-fragmen DNA, setelah dilakukan PCR terlebih dahulu. Elektroforesis juga digunakan untuk mengetahui ukuran dan jumlah pasangan basa yang terdapat dalam asam nukleat, mengetahui struktur dan mendeteksi protein, memisahkan fragmen DNA yang berbeda ukuran hasil digesti dan *sequencing*, serta memurnikan fragmen DNA (Freifelder 1987: 71; Brown 1992: 19; Sambrook & Russell 2001: 52).

Berdasarkan medium yang digunakan, elektroforesis dibagi menjadi dua, yaitu elektroforesis gel dan selulosa. Elektroforesis gel menggunakan gel (agar) sebagai medium tempat terjadinya migrasi molekul-molekul organik.

Elektroforesis selulosa memiliki kemampuan pemisahan molekul organik yang berat molekulnya kecil, yang tidak dapat dipisahkan menggunakan elektroforesis gel (Starr & Taggart 1992: 218; Boyer 1993: 119--125). Elektroforesis gel dapat menggunakan gel agarosa, gel poliakrilamid, gel pati (*starch gel*), dan *cellulose acetate gel*. Elektroforesis dengan gel agarosa dapat memisahkan asam nukleat 200 bp hingga lebih dari 50 kb. Elektroforesis gel agarosa juga dapat

memisahkan RNA dengan 10000 kb. Gel poliakrilamid memiliki daya pemisahan (separasi) molekul organik yang lebih besar daripada gel agarosa. Gel poliakrilamid dapat memisahkan asam nukleat yang hanya mengandung 1 pasang basa (*base pair*) hingga 1000 bp. Hal tersebut disebabkan oleh pori-pori gel poliakrilamid yang lebih kecil daripada pori-pori gel agarosa.



## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi dan waktu

Penelitian yang meliputi pengambilan data morfologi seluruh bagian bunga, polen, dan data anatomi ovarium *H. rosa-sinensis single, crested*, dan *double* dilakukan di Laboratorium Perkembangan, Departemen Biologi, FMIPA UI, Depok. Pengambilan data molekular yang meliputi isolasi RNA, pembentukan cDNA (*complementary DNA*) melalui *reverse transcription*, PCR, elektroforesis, dan *gel doc* dilakukan di Laboratorium Genetika, Departemen Biologi FMIPA UI, Depok. Penelitian dilakukan selama 12 bulan, sejak April 2010 hingga Maret 2011.

### 3.2 Alat

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian meliputi peralatan untuk pengambilan sampel bunga, pengamatan dan pengukuran morfologi (morfometri) bagian-bagian bunga, pembuatan preparat polen, pengamatan anatomi ovarium, dan pengambilan data molekular (isolasi RNA, PCR, elektroforesis dan *gel doc*).

Pengambilan sampel, pengamatan, dan pengukuran seluruh bagian bunga membutuhkan alat-alat, seperti buku catatan lapangan, alat tulis, gunting tanaman, plastik *sampling* (plastik transparan 1 kg, 0,5 gr, dan 0,25 gr), plastik *ziplock* (untuk sampel *stamen*), label gantung (5 cm x 3 cm), solatip, penggaris [Butterfly], peta lokasi *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok, jangka sorong [TRICLE BRAND], silet [GOAL], pinset dan kamera *digital* [Panasonic Lumix].

Peralatan yang dibutuhkan untuk pembuatan preparat segar ovarium dengan sayatan melintang (X-S) antara lain kaca objek (*object glass*), kaca penutup (*cover glass*), silet [GOAL], label tempel atau spidol permanen, pinset, tusukan gigi atau jarum sonde, pipet tetes, mikrometer, dan mikroskop cahaya [BOECO]. Sedangkan untuk pembuatan preparat segar ovarium dengan sayatan membujur (L-S) dibutuhkan silet [GOAL], plastik dengan skala milimeter, mikroskop DINO *capture 2.0*, dan komputer.

Peralatan yang dibutuhkan dalam pembuatan preparat segar polen antara lain gelas ukur, pipet tetes, kaca arloji, pemanas (*hot plate*), jarum sonde yang ujungnya telah dibengkokkan, pinset, label tempel atau spidol permanen, botol gelap, timbangan analitik [Precisa], mikroskop cahaya [BOECO], dan kamera *digital* [Panasonic Lumix].

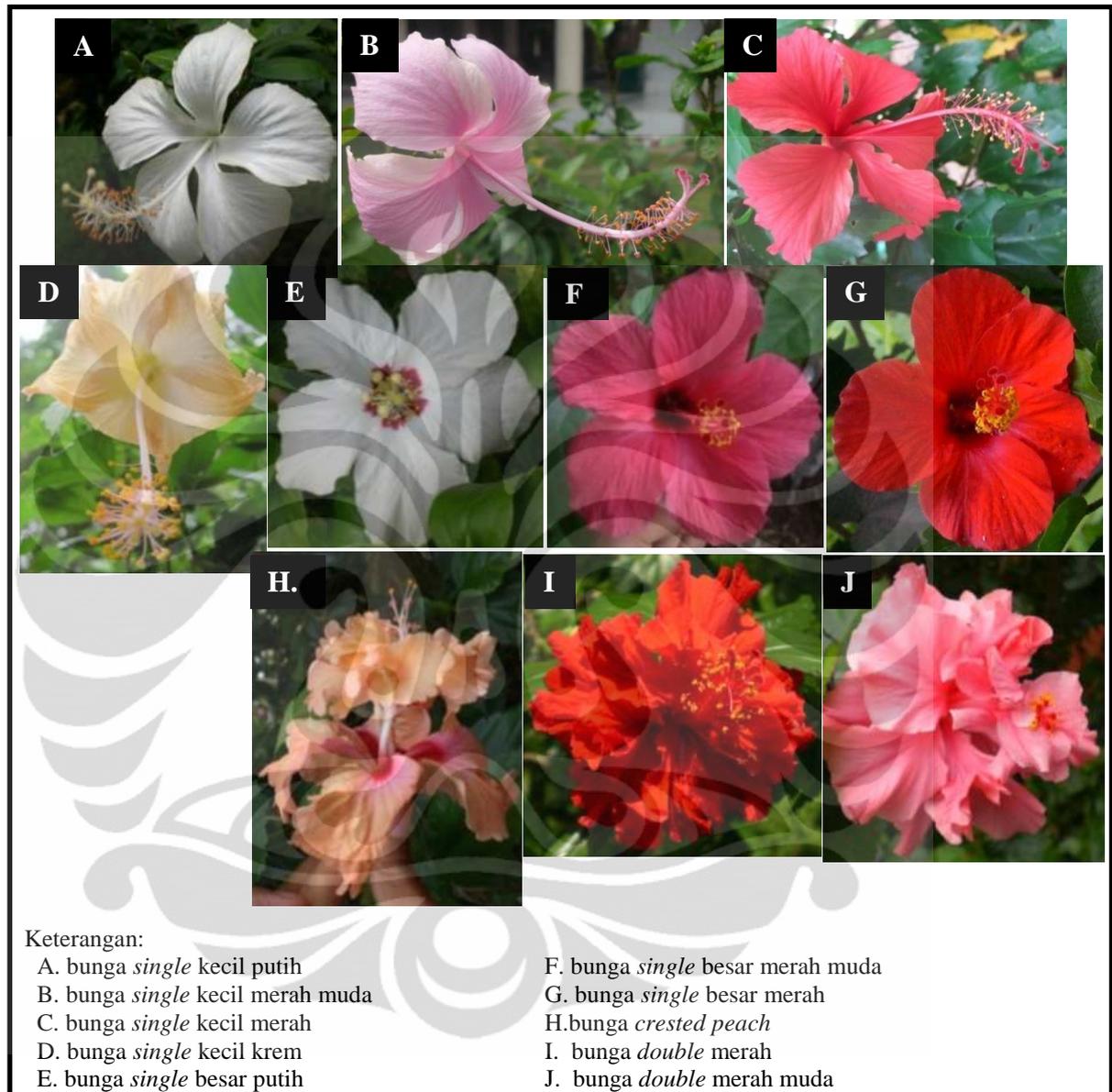
Peralatan yang dibutuhkan untuk isolasi RNA dari *stamen* dan *pistillum* bunga *H. rosa-sinensis* antara lain autoklaf, *beaker glass* [IWAKI], gelas ukur [IWAKI], botol *reagent clear with screw* [IWAKI], botol *reagent amber with screw* [IWAKI], labu Erlenmeyer [Schott Duran], *spatula with spoon* [OMM], kertas pH universal 0-14 [MERCK], *ultra-micro tips* [GILSON] *type-racked*, *disposable RNase-free pipet tips*, inkubator, mesin PCR [PERKIN ELMER GeneAmp PCR system 9600], spektrofotometer [OPTIMA sp-3000], sentrifugator [Eppendorf 5415C], *vortex* [VORTEX-GENE 2], Gel doc, timbangan elektrik [Precisa], *magnetic stirrer*, lemari pendingin, *freezer*, sarung tangan *non powder* [SENSI®], *PCR tube domed cap*, mortar, pestle, 1,5 ml *RNase-free microcentrifuge tubes* [Invitrogen], *RNase-free pipet tips*, *water bath incubator*, *microcentrifuge*, *RNase free tubes*, *spin cartridge*, *collection tubes*, dan *recovery tubes PureLink™ RNA Mini Kit* [Invitrogen], tabung Falcon [Becton Dickinson & Corning], tabung mikrosentrifugasi dan tabung PCR [Axygen], parafilm [Sigma-aldrich], dan alat tulis.

### 3.3 Bahan

#### 3.3.1 Sampel tanaman

Sampel yang dibutuhkan untuk pengamatan dan pengukuran morfologi adalah bunga mekar *H. rosa-sinensis* bentuk *single*, *crested*, dan *double* yang diambil dari beberapa lokasi di Kampus UI, Depok. Berdasarkan hasil pengamatan pendahuluan, terdapat sedikitnya 10 variasi bunga mekar *H. rosa-sinensis*, yang terdiri atas bunga *single* besar (berwarna merah, putih, merah muda), bunga *single* kecil (merah, merah muda, putih, dan krem), bunga *crested peach*, dan bunga *double* (merah, merah muda) (Gambar 3.1). Lima sampel bunga mekar dari setiap individu tanaman diambil untuk diamati dan diukur seluruh

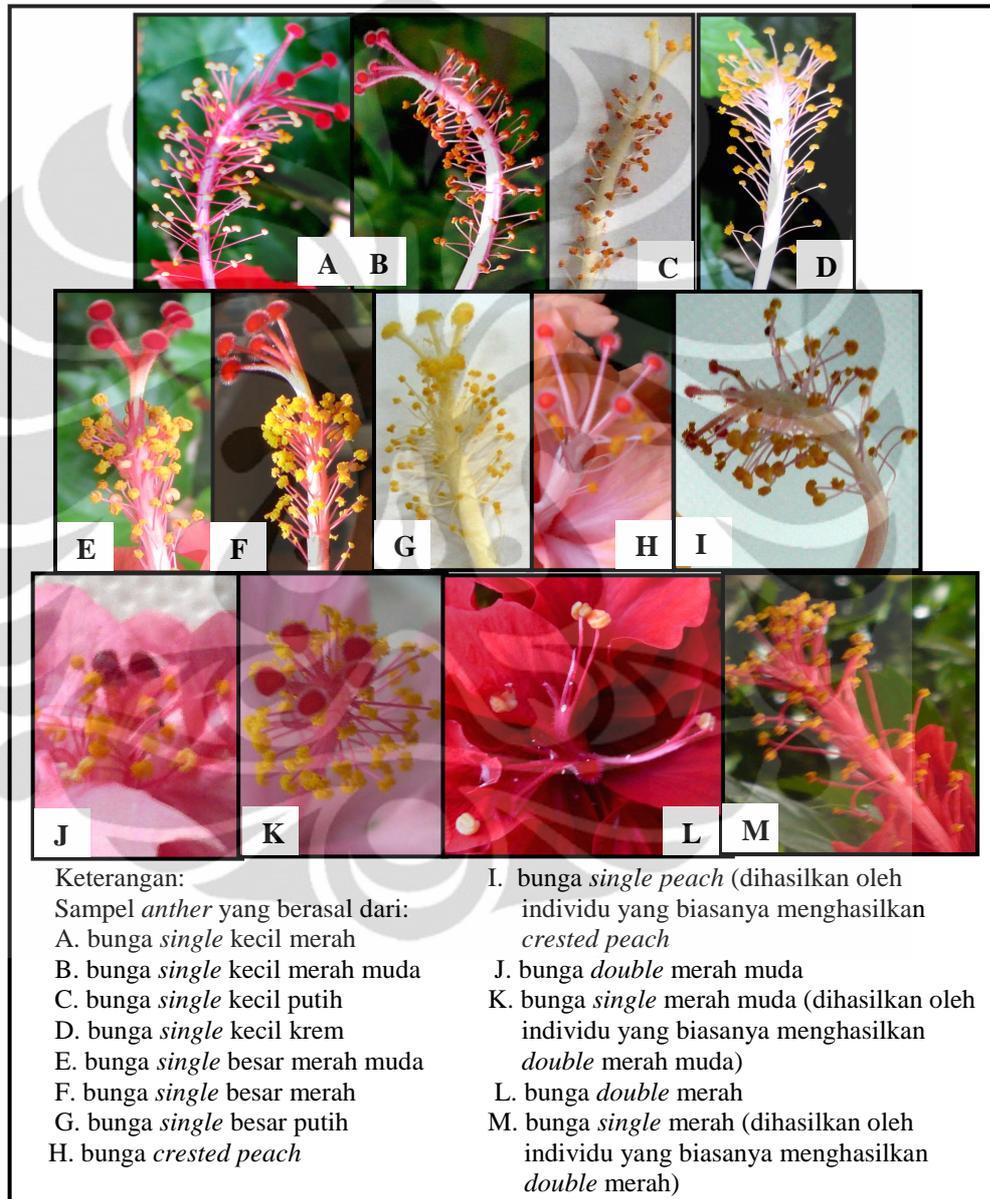
bagainnya (*calyx*, *corolla*, *stamen*, *pistillum*). Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Lampiran 2--16.



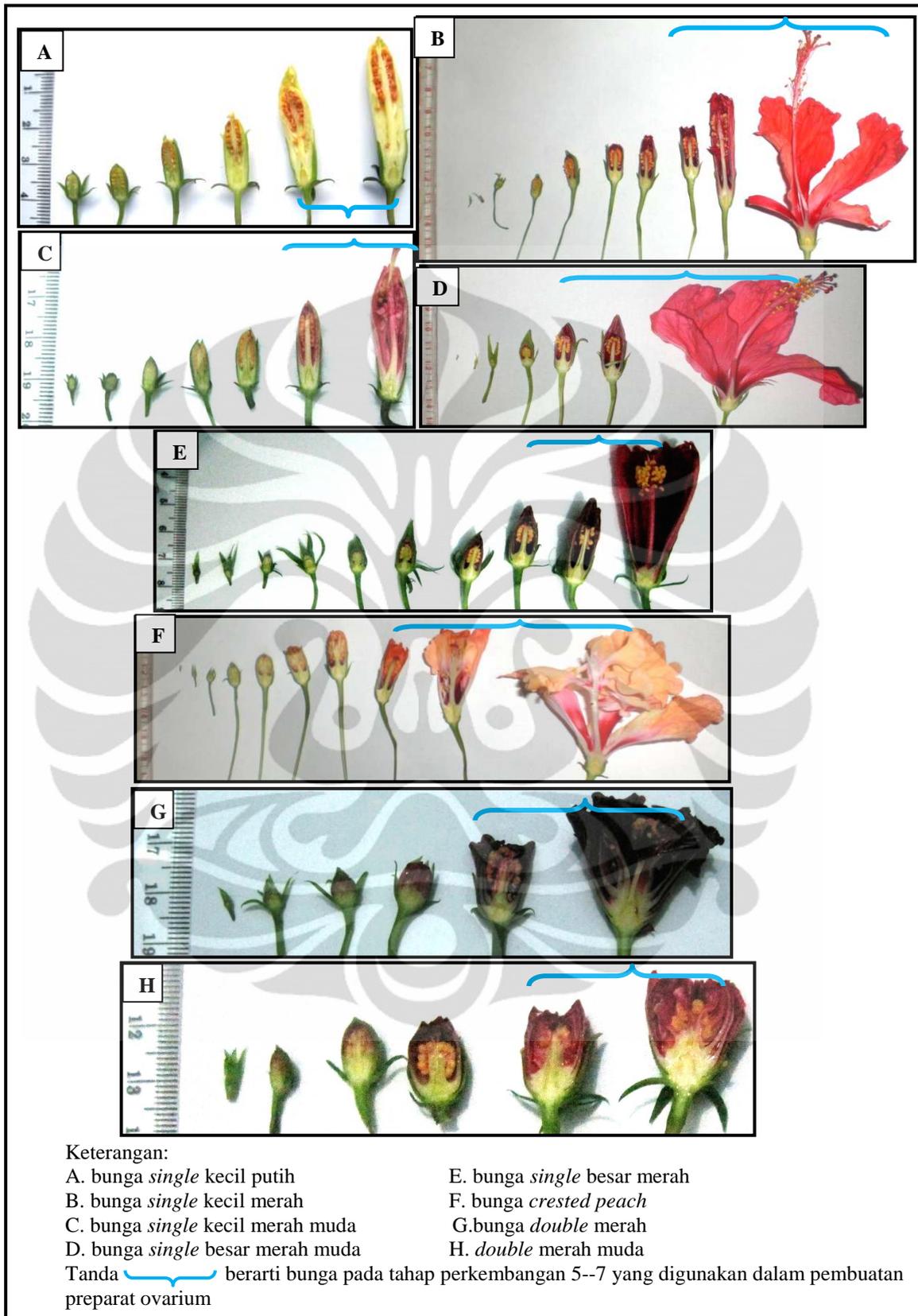
Gambar 3.1 Variasi bunga *H. rosa-sinensis* yang dapat ditemukan di Kampus UI, Depok [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010]

Sampel yang dibutuhkan dalam pembuatan preparat segar polen adalah *anther* matang dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* (lihat Gambar 3.2). Pembuatan preparat ovarium (sayatan L-S dan X-S) membutuhkan sampel berupa bunga *H. rosa-sinensis* pada tahap 5--7 perkembangan bunga. Tahap 7 dalam perkembangan bunga adalah saat bunga mekar, sedangkan tahap 6 adalah 1 tahap

sebelum bunga mekar (1 hari sebelum mekar sempurna). Tahap 5 adalah dua tahap sebelum bunga mekar, umumnya *anther* telah berkembang dan berwarna kuning (lihat Gambar 3.3). Sampel yang dibutuhkan untuk analisis molekular (isolasi RNA) adalah seluruh organ reproduksi (*stamen* dan *pistillum*) pada bunga *H. rosa-sinensis* *single* kecil merah (representasi dari bunga *single* kecil dan *single* besar), *crested peach*, dan *double* merah (representasi dari bunga *double*).



Gambar 3.2 Sampel *anther* (dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis*) yang digunakan dalam pembuatan preparat segar polen [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010, 2011]



Gambar 3.3 Sampel bunga *H. rosa-sinensis* pada semua tahap perkembangan (sejak kuncup hingga bunga mekar)  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

### 3.3.2.1 Bahan pembuatan preparat polen dan anatomi ovarium

Bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan preparat segar polen antara lain akuades, larutan asetolisis, alkohol 90%, safranin, dan cat kuku. Bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan preparat segar ovarium dengan sayatan X-S dan L-S adalah akuades.

### 3.3.2.2 Bahan isolasi RNA

Bahan yang dibutuhkan untuk isolasi RNA menggunakan protokol Pure-link™ RNA Mini Kit [Invitrogen] antara lain *lysis buffer*, *wash buffer I*, *wash buffer II*, *RNase free water*, 96--100% *ethanol*, *2-mercaptoethanol*, 70% *ethanol* (pelarut adalah akuades yang bebas RNase). Sintesis cDNA (dari total RNA yang diperoleh) dan running PCR menggunakan kit SuperScript® III One-Step RT-PCR System with Platinum® *Taq* DNA Polymerase [Invitrogen]. Proses tersebut membutuhkan bahan berupa primer *forward* dan *reverse* gen *actin*, gen *AGAMOUS* dari *Lycopersicon esculentum*, *Arabidopsis thaliana*, dan *Cocoa* sp., *2X Reaction Mix* (larutan buffer yang mengandung 0,4 mM dNTP, 3,2 mM MgSO<sub>4</sub>), 5 mM Magnesium sulfat (MgSO<sub>4</sub>), SuperScript® III RT/ Platinum® *Taq* Mix.

Penggunaan primer gen *AGAMOUS* dari tumbuhan dikotil yang lain disebabkan oleh tidak tersedianya *data base* gen *AGAMOUS H. rosa-sinensis* pada GenBank. Berikut ini adalah urutan nukleotida dari primer yang akan digunakan:

- a. Primer *AGAMOUS* untuk *Lycopersicum esculentum*  
TAG1-F : 5' AGCT CTTGCTGGAATGAAAC 3'  
TAG1-R: 5' AAGCTCATGATAGTTTGATG 3'
- b. Primer *AGAMOUS* untuk *Cocoa* sp. (Chaidamsari *dkk.* 2006: 969)  
TcAG-R: GGTGACCGTAGCACTTACTCCACCAGA  
TcAG-F: CCATGGAGTACCAAAGTGAATCC
- c. Primer *AGAMOUS* untuk *Arabidopsis thaliana* (Yu *dkk.* 2002: 16336)  
AGL24-SP1 (5\_-GGATGAGAATAAGAGACTGAGGGATAAAC-3\_) dan  
AGL24-SP2 (5\_-GACCCAATAACACGTACAATATCTGAAA-C-3)

### 3.3.2.3 Bahan pembuatan gel agarosa dan TBE

Bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan gel agarosa antara lain bubuk agarosa, *running buffer*, *loading buffer*, parafilm, sampel DNA hasil PCR, Etidium Bromida (EtBr) dan DNA *marker*.

Resep membuat agarosa 1% adalah

-TBE 1X	200 gr
-Agarosa	2 gr
-Etidium bromide	20 gr

Resep membuat 10 x TAE adalah (pH 8,2) adalah

-Tris Base	108 gr
-Asam Borat	55 gr
-EDTA	7,44 gr
-Akuabides	1000 ml

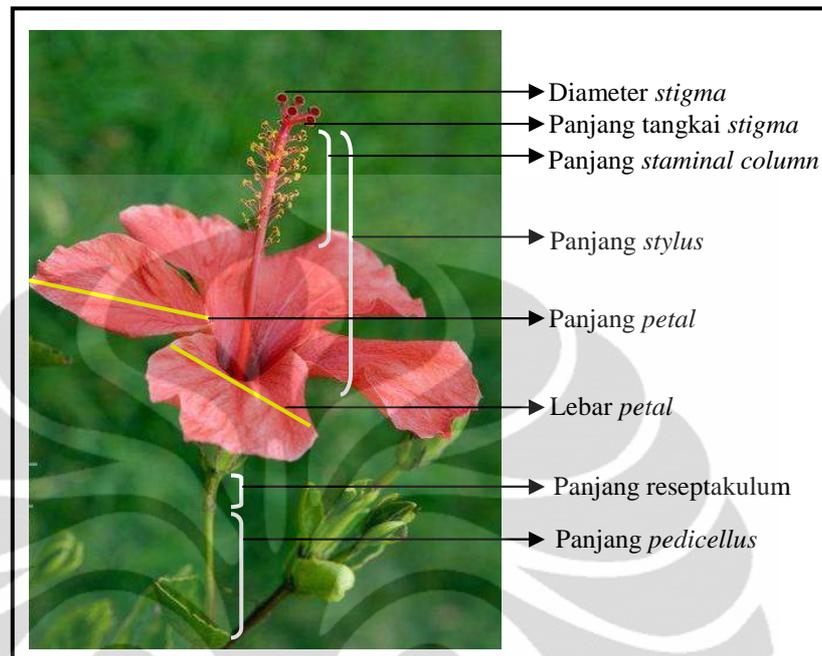
## 3.4 Cara kerja

### 3.4.1 Pengamatan dan pengukuran morfologi bunga

Pengambilan data morfologi didahului dengan pengamatan seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok. Berdasarkan pengamatan pendahuluan, ditemukan 10 variasi bunga *H. rosa-sinensis*, yaitu bunga *single* besar (berwarna merah, putih, merah muda), bunga *single* kecil (merah, merah muda, putih, dan krem), bunga *crested peach*, dan bunga *double* (merah, merah muda). Pengukuran seluruh bagian bunga meliputi pengukuran panjang *pedicellus*, panjang reseptakulum, jumlah dan panjang *calyx*, panjang, lebar, dan jumlah *petal*, panjang *staminal column*, diameter *stigma*, panjang tangkai *stigma*, panjang stilus, panjang dan diameter ovarium.

Pengukuran *petal* dilakukan dengan penggaris 30 cm, sedangkan pengukuran *staminal column*, *stigma*, tangkai *stigma*, stilus, ovarium (panjang dan diameter) dilakukan dengan menggunakan jangka sorong. Penghitungan jumlah *sepal*, *petal*, dan *stamen* dilakukan dengan bantuan pinset. Pengamatan seluruh bagian bunga yang dilakukan meliputi arah putaran *petal* (sinistra atau dekstra), struktur bagian-bagian bunga (*sepal*, *petal*, *stamen*, dan *pistillum*), serta perubahan yang terjadi pada keempat bagian bunga tersebut (bila ada).

Pengamatan dan pengukuran morfologi dilakukan pada lima bunga mekar dari setiap individu *H. rosa-sinensis* yang terdapat di Kampus UI, Depok.



Gambar 3.4 Pengukuran seluruh bagian bunga *H. rosa-sinensis*

#### 3.4.2 Pembuatan preparat segar polen

Pembuatan sediaan polen membutuhkan sampel berupa *anther* matang yang diperoleh dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* yang mekar di Kampus UI, Depok (Gambar 3.2). Pembuatan sediaan polen didahului dengan pembuatan larutan asetolisis sebanyak 10 ml. Larutan asetolisis dibuat dengan mencampurkan asam asetat anhidrat sebanyak 9 ml dengan asam sulfat sebanyak 1 ml di dalam botol gelap (Erdtman 1952: 6).

Tahap selanjutnya adalah memisahkan *stamen* yang melekat pada *staminal column* dengan menggunakan pinset. *Stamen* yang diperoleh kemudian diletakkan di kaca arloji yang telah berisi air. *Stamen* direndam selama 5--10 menit untuk melunakkan *anther*. Selanjutnya, kaca arloji yang berisi *stamen* dipanaskan di atas pemanas (*plate warm*) sambil ditekan-tekan bagian *anther*nya menggunakan jarum sonde yang telah dibengkokkan ujungnya. Sebelum air mendidih, asetolisis sebanyak 2--3 tetes diberikan, sambil penekanan *anther* terus dilakukan. Tujuan pemberian asetolisis dan penekanan *anther* adalah agar dinding *anther* mudah pecah, sehingga polen di dalamnya dapat keluar. Asetolisis

juga berperan dalam memisahkan polen dari jaringan *anther* yang mungkin masih melekat, sehingga polen yang diperoleh benar-benar bersih (bebas dari pengotor, baik sisa dinding *anther*, maupun pecahan *filament*).

Apabila campuran air dan larutan asetolisis telah mendidih, kaca arloji segera diangkat dari pemanas. Kemudian larutan alkohol 90% diteteskan secukupnya (2--3 tetes). Alkohol berperan penting dalam memisahkan polen dengan zat pengotor (sisa asetolisis, dan jaringan). Penetasan alkohol akan mengakibatkan zat-zat pengotor terpisah di bagian pinggir kaca arloji, sedangkan masa polen akan terkumpul di bagian tengah kaca arloji. Zat-zat pengotor di bagian pinggir kemudian dibersihkan dengan menggunakan tisu atau kertas saring. Alkohol terus diberikan hingga masa polen benar-benar bersih dari sisa larutan asetolisis dan pecahan jaringan *anther*.

Tahap selanjutnya, sebanyak 1--2 tetes pewarna safranin 1% diteteskan pada masa polen. Pengadukan perlu dilakukan untuk membantu penyerapan zat warna oleh polen. Polen yang telah diwarnai kemudian dipindahkan ke atas kaca objek, kemudian ditutup menggunakan kaca penutup, yang pinggir-pinggirnya diberikan cat kuku berwarna bening. Tujuannya agar ketika dilakukan pengamatan, kaca penutup tidak bergeser.

Preparat polen dari masing-masing variasi bentuk dan warna bunga *H. rosa-sinensis* kemudian diamati di bawah mikroskop cahaya [BOECO] dengan perbesaran 10x10. Morfologi polen dari masing-masing variasi bunga kemudian difoto dengan menggunakan kamera *digital*. Pengambilan data morfologi polen meliputi pengamatan bentuk polen, pengukuran diameter ekuator polen dan diameter aksis polar (bila polen berbentuk *prolat sferoidal* hingga *oblat sferoidal*), diameter polen (bila polen berbentuk *globose*), panjang ekinet (ornamentasi eksin berupa duri), lebar dasar ekinet, pengamatan ornamentasi eksin, dan tipe apertur polen. Pengukuran polen dilakukan dengan menggunakan skala mikrometer. Pengamatan dan pengukuran morfologi dilakukan pada 30 polen dari setiap variasi bunga.

### 3.4.3 Pembuatan sayatan ovarium

Pembuatan preparat segar anatomi ovarium *H. rosa-sinensis* dilakukan dengan metode sayatan tangan (*hand section*). Sayatan melintang (X-S) dan membujur (L-S) dilakukan pada bagian ovarium dari setiap tahap perkembangan bunga *H. rosa-sinensis*. Sayatan melintang (X-S) dilakukan pada ovarium bagian bawah, tengah, dan atas. Sayatan dibuat menggunakan pisau silet [GOAL] yang baru. Pisau silet yang baru memiliki tingkat ketajaman yang tinggi, sehingga sayatan yang dihasilkan dapat setipis mungkin. Sayatan melintang yang telah dibuat kemudian diletakkan di atas gelas objek yang telah ditetesi akuades. Kemudian ditutup dengan kaca penutup, dan preparat siap diamati dengan mikroskop cahaya [BOECO] dengan perbesaran 10x4. Pengukuran ovarium di bawah mikroskop dilakukan dengan menggunakan micrometer.

Sayatan membujur (L-S) ovarium juga dilakukan menggunakan pisau silet [GOAL] menggunakan metode sayatan tangan (*hand section*). Sayatan yang telah dibuat kemudian diletakkan di atas mikroskop DINO *capture* 2.0 yang telah disambungkan ke komputer. Skala yang digunakan untuk pengukuran ovarium dengan mikroskop DINO *capture* 2.0 adalah skala milimeter.

### 3.4.4 Pengambilan data molekular

Berikut adalah tahapan-tahapan kerja dari pengambilan data molekuler:

#### 3.4.4.1 Isolasi RNA dari bunga *H. rosa-sinensis*

Sampel yang digunakan dalam isolasi RNA *H. rosa-sinensis* adalah bagian *androecium* (*stamen*) dan *pistillum* (*pistillum*) pada bunga *H. rosa-sinensis* yang sudah mekar sempurna. Pada bunga *double* dan *crested* sampel juga diambil dari bagian *staminodium petaloid* dan struktur intermediet *stamen-petal*. Berikut ini adalah tahap-tahap isolasi RNA menggunakan protokol PureLink™ RNA Mini Kit [Invitrogen]. Gambaran skematis langkah kerja isolasi RNA dapat dilihat pada Lampiran 1.

#### 3.4.4.1.1 Persiapan *lysis buffer* dan *wash buffer*

*Lysis buffer* yang mengandung 1% 2-mercaptoethanol dibuat dengan menambahkan 10  $\mu$ l 2-mercaptoethanol untuk setiap 1ml *lysis buffer*. Sebelum digunakan untuk proses isolasi, *Wash Buffer II* harus ditambah dengan 16 ml *ethanol* 96--100%. Selanjutnya, *Wash buffer II* dengan *ethanol* disimpan di suhu ruang.

#### 3.4.4.1.2 Penghancuran jaringan, pelisisan, dan homogenisasi

Persiapan sampel didahului dengan pengambilan sampel bunga di lapangan menggunakan gunting yang telah disterilisasi menggunakan alkohol. Sampel yang diperoleh segera dimasukkan ke dalam plastik *zip-lock* dan di simpan di *ice box* sebelum digunakan untuk proses isolasi. Bagian *stamen* dan *pistillum* dari sampel bunga ditambahkan dengan nitrogen cair kemudian digerus pada mortar yang telah disterilisasi. Penggerusan sampel dilakukan hingga sampel berbentuk serbuk halus. Kemudian, serbuk sampel segera dimasukkan ke dalam tabung ependdorf dan ditambahkan dengan 1,2 ml *lysis buffer*. Hal yang perlu diperhatikan adalah sampel harus tetap dalam kondisi serbuk ketika dilakukan penuangan *lysis buffer*. Serbuk sampel yang telah meleleh menandakan sampel rusak, dan RNA terdegradasi. Tabung yang berisi campuran sampel dan *lysis buffer* kemudian divorteks homogen.

Campuran homogen kemudian disentrifugasi pada kecepatan 2600 rpm selama 5 menit pada suhu ruang. Supernatan yang terbentuk lalu dipindahkan ke dalam RNase *free tube (collection tube)* 1,5 ml. Sisa sampel yang terdapat di tabung ependdorf kemudian ditambahkan dengan alkohol 70% dan disentrifugasi. Bagian supernatan kemudian dimasukkan ke *collection tube*. *Collection tube* kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 12.000 rpm selama 2menit.

#### 3.4.4.1.3 *Binding, washing, dan elution*

Etanol 70 % kemudian ditambahkan ke dalam *collection tube* 1,5 ml yang berisi supernatan dan divorteks. Vorteks perlu dilakukan untuk mencampurkan dan menghomogenisasikan endapan yang mungkin terbentuk setelah penambahan *ethanol*. Sebanyak 700  $\mu$ l sampel dipindahkan ke *spin cartridge* (*with collection tube*) lalu disentrifugasi dengan kecepatan 12.000 rpm selama 15 menit pada suhu ruang. *Spin cartridge* adalah tabung steril yang memiliki membran khusus yang akan berikatan dengan RNA hasil isolasi. *Spin cartridge* juga disertai *collection tube*, yang berguna untuk menampung supernatan yang mengandung zat-zat pengotor, seperti DNA, protein, dan lendir (*mucilage*). *Collection tube* kemudian dilepaskan dari *spin cartridge*, dan supernatan yang terdapat di *collection tube* dibuang. *Spin cartridge* kemudian dimasukkan kembali ke dalam *collection tube* yang sama. Ulangi proses tersebut 3--4x hingga seluruh sampel benar-benar maksimal terpakai.

Tahap berikutnya, 700  $\mu$ l *Wash Buffer I* ditambahkan ke *spin cartridge*, dan disentrifugasi pada 12.000 rpm selama 15 detik, pada suhu ruang. Kemudian, sebanyak 500  $\mu$ l *Wash Buffer II* dengan *ethanol* ditambahkan ke *spin cartridge*, dan disentrifugasi pada 12.000 rpm selama 15 detik pada suhu ruang. Penambahan *Wash Buffer II* dan sentrifugasi dilakukan sebanyak dua kali. *Spin cartridge* kemudian disentrifugasi pada 12.000 rpm selama 1--2 menit untuk mengeringkan membran yang telah mengikat RNA. *Collection tube* kemudian dibuang dan *spin cartridge* dimasukkan ke *recovery tube*. *RNase-free water* sebanyak 50  $\mu$ l kemudian ditambahkan ke dalam *spin cartridge*, lalu diinkubasi pada suhu ruang selama 1 menit. *Spin cartridge* disentrifugasi selama 2 menit pada kecepatan  $\geq$ 12.000 rpm pada suhu ruang. Tujuannya untuk melarutkan RNA yang berikatan pada membran ke *recovery tube*. Stok RNA yang telah didapatkan selanjutnya digunakan sebagai sampel untuk proses amplifikasi gen target (gen *AGAMOUS*) dan sisanya disimpan dalam *freezer* -20° C.

### 3.4.4.2 Sintesis cDNA dan amplifikasi gen *AGAMOUS*

Total RNA *H. rosa-sinensis* yang telah diperoleh selanjutnya digunakan untuk sintesis cDNA dan amplifikasi gen *AGAMOUS*. Sintesis cDNA dan amplifikasi gen *AGAMOUS* dilakukan dengan metode *one-step reverse transcription* PCR (RT-PCR) menggunakan protokol SuperScript® III One-Step RT-PCR System with Platinum® *Taq* DNA Polymerase [Invitrogen].

Volume reaksi total PCR yang digunakan adalah 25 µl, dengan komposisi bahan sebagai berikut:

2X Reaction Mix	12,5 µl
Template RNA (1 µg)	5 µl
Primer forward (10 µM)	1 µl
Primer reverse (10 µM)	1 µl
SuperScript® III RT/ Platinum® <i>Taq</i> Mix	1 µl
Autoclaved distilled water	4,5 ml

Terdapat 2 jenis primer yang digunakan dalam penelitian ini yaitu primer gen beta-actin, yang berfungsi sebagai kontrol positif, serta primer gen *AGAMOUS*. Primer gen *AGAMOUS* yang digunakan berjumlah 3 macam yaitu TAG-1 (dari *Lycopersicon esculentum*), TcAg (dari *Cocoa* sp.), dan AGL-24 (dari *Arabidopsis thaliana*). Penggunaan primer gen *AGAMOUS* dari tumbuhan dikotil (*Lycopersicon esculentum*, *Arabidopsis thaliana*, dan *Cocoa* sp.) disebabkan oleh belum tersedianya *data base* gen *AGAMOUS H. rosa-sinensis* pada GeneBank.

Metode *one step* RT-PCR dilakukan dengan memrogram mesin thermal cycler untuk menjalankan 1 siklus sintesis cDNA, pada suhu 55° C selama 30 menit. Selanjutnya kondisi optimasi reaksi amplifikasi gen *AGAMOUS* diprogram sebagai berikut: tahap denaturasi awal 95° C selama 5 menit, dilanjutkan dengan denaturasi pada suhu 90° C selama 15 detik, proses *annealing* pada suhu 55° C selama 30 detik, serta polimerisasi pada suhu 68° C selama 1 menit. Proses denaturasi, *annealing*, dan polimerisasi tersebut dilakukan secara berulang sebanyak 40 siklus. Tahap akhir amplifikasi diperpanjang dengan ekstensi akhir pada suhu 68° C selama 5 menit kemudian dilanjutkan inkubasi pada suhu 4° C selama 30 menit. Produk PCR selanjutnya langsung dianalisis dengan teknik elektroforesis menggunakan gel agarosa. Produk PCR yang belum akan digunakan untuk analisis lebih lanjut, disimpan dalam lemari es 4° C.

#### 3.4.4.3 Elektroforesis gel agarosa dan visualisasi menggunakan Gel-Doc

Produk PCR selanjutnya dianalisis dengan teknik elektroforesis menggunakan gel agarosa 1,8%, 2% dan 2,5%, untuk melihat pola dan ukuran pita DNANYa. Teknik elektroforesis gel agarosa dilakukan berdasarkan metode Sambrook *dkk.* (1989: 6.6--6.9).

Apabila gel agarosa telah memadat, maka *comb* (sisir) dilepaskan dari cetakan. Selanjutnya gel agarosa dimasukkan ke dalam bak elektroforesis, yang sebelumnya telah diisi dengan *buffer TAE 1X*. *Loading mixture* disiapkan dengan mencampurkan 2  $\mu$ l *loading dye* dan 7  $\mu$ l sampel DNA di atas kertas parafilm. *Loading mixture* kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing *well*. Sebanyak 2  $\mu$ l *marker DNA ladder* (1 kb, 100 bp, dan 50 bp) yang telah dicampur dengan 1  $\mu$ l *loading dye* juga dimasukkan ke dalam *well*. Setelah marka DNA 1 kb *Ladder* dan semua sampel DNA berada di dalam *well*, lalu *electrophoresis chamber* ditutup dan dihubungkan dengan tegangan listrik tetap 100 V selama 30--50 menit hingga migrasi *loading buffer* sejauh  $\pm 80\%$  dari panjang gel agarosa. Kemudian gel agarosa direndam dalam akuades steril yang berisi etidium bromida dengan konsentrasi akhir 10  $\mu$ g/ml selama 20 menit. Gel lalu diangkat dan dibilas dengan cara direndam dalam akuades selama 15 menit. Gel yang telah dibilas selanjutnya divisualisasikan dalam *Gel Doc* (ruang UV yang dilengkapi kamera) yang dihubungkan dengan komputer, yang memiliki program *QuantityOne*.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Letak tanaman *Hibiscus rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

Tanaman *H. rosa-sinensis* dapat ditemukan di sebagian besar taman Universitas Indonesia. Berdasarkan hasil pengamatan, *H. rosa-sinensis* terdapat di hampir seluruh taman fakultas. Sembilan dari sepuluh fakultas menanam *H. rosa-sinensis* sebagai tanaman hias. Fakultas Ilmu Keperawatan (FIK) merupakan satu-satunya fakultas yang tidak memiliki koleksi tanaman *H. rosa-sinensis*. Tanaman *H. rosa-sinensis* juga dapat ditemukan di taman Rektorat, *Science Park*, halaman Wira Makara, Wisma Makara, Masjid Ukhuwah Islamiyah (MUI), Pusat Antar Universitas, Stasiun Universitas Indonesia, dan Stasiun Pondok Cina (Lampiran 2--17). Universitas Indonesia memanfaatkan *H. rosa-sinensis* sebagai salah satu tanaman hias utama yang menghiasi taman dan halaman. Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di sebagian besar wilayah Universitas Indonesia (Lampiran 17), dan periode berbunga setiap hari menyebabkan tanaman tersebut mudah ditemukan.

Koleksi tanaman *H. rosa-sinensis* di setiap lokasi berbeda-beda. Fakultas Ilmu Budaya (FIB) hanya memiliki tanaman *H. rosa-sinensis* yang menghasilkan bunga *double* merah dan *double* merah muda. Taman Masjid Ukhuwah Islamiyah (MUI) hanya memiliki *H. rosa-sinensis* yang menghasilkan bunga *single* kecil (putih dan merah muda), dan *single* besar merah. Halaman Stasiun Universitas Indonesia dan Wira Makara memiliki variasi bunga yang sama. Keduanya sama-sama memiliki *H. rosa-sinensis* yang menghasilkan bunga *single* kecil krem dan *single* kecil merah.

Berdasarkan pengamatan, lokasi dengan variasi bunga *H. rosa-sinensis* tertinggi adalah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA). FMIPA memiliki seluruh variasi bentuk bunga *H. rosa-sinensis*, baik *single* besar, *single* kecil, *crested*, dan *double*. Tingginya variasi *H. rosa-sinensis* di FMIPA disebabkan oleh penanaman secara sengaja *H. rosa-sinensis* sebagai tanaman hias, dan tanaman budidaya. Lokasi dengan variasi bunga *H. rosa-sinensis* terendah adalah Fakultas Teknik (FT), Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM), dan

Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik (FISIP). FT hanya memiliki *H. rosa-sinensis* yang menghasilkan bunga *double* merah. FKM hanya memiliki *H. rosa-sinensis* yang menghasilkan bunga *single* kecil putih, sedangkan FISIP hanya memiliki *H. rosa-sinensis* yang menghasilkan bunga *single* besar merah muda.

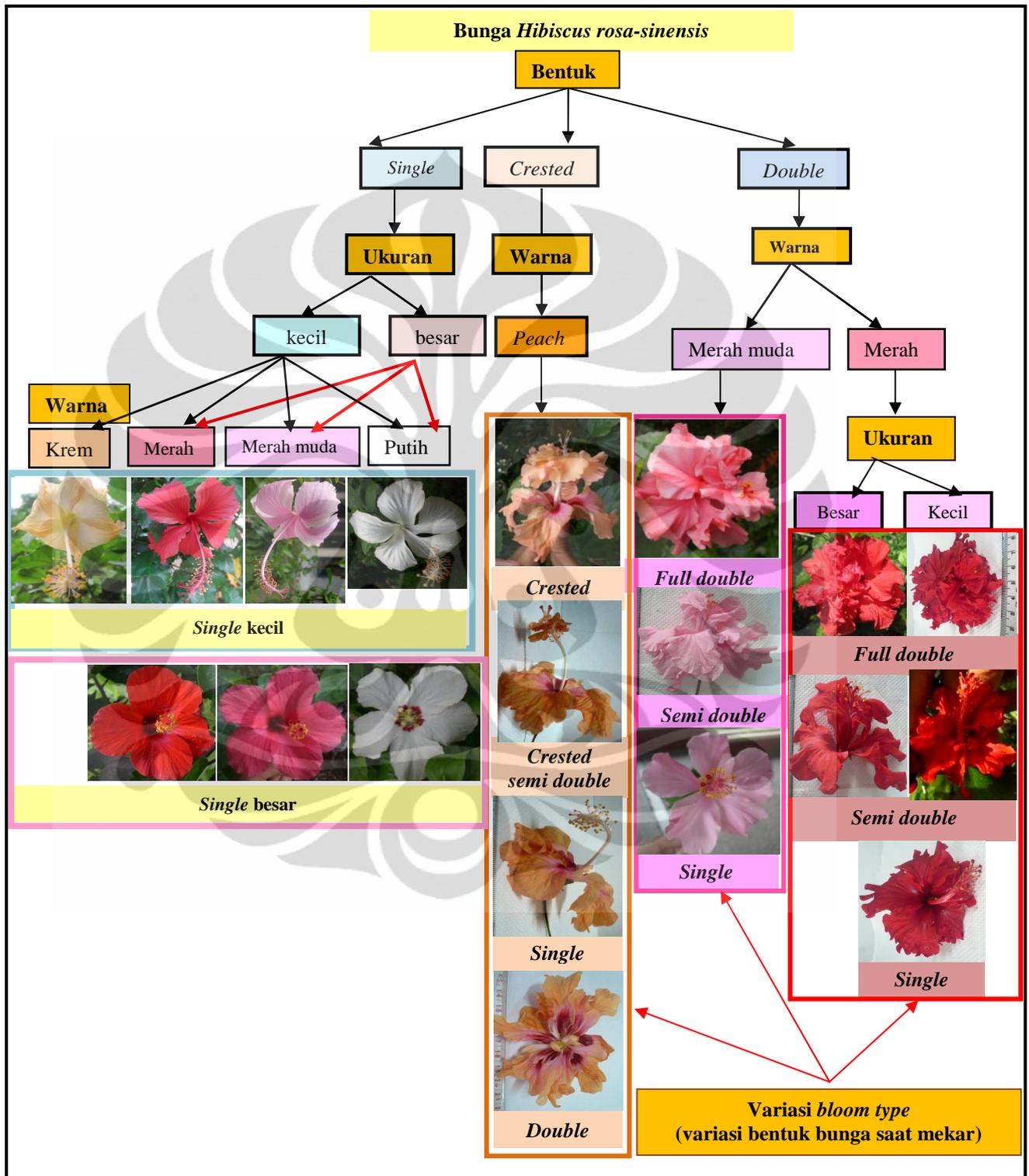
#### 4.2 Keragaman bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

Pengamatan mengenai keragaman bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok telah dilakukan pada April 2010 hingga Maret 2011. Variasi bunga *H. rosa-sinensis* yang ditemukan meliputi variasi bentuk, ukuran, dan warna bunga. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh Beers dan Howie pada 1990. Les Beers dan Jim Howie (1990: 11) dalam bukunya *Growing Hibiscus* menyatakan bunga *H. rosa-sinensis* memiliki variasi bentuk, ukuran, dan warna bunga.

Berdasarkan bentuknya, bunga *H. rosa-sinensis* dapat dikelompokkan menjadi bentuk bunga *single*, *crested*, dan *double*. Ketiga bentuk bunga tersebut memiliki morfologi bunga yang mudah dibedakan. Bunga *single* memiliki *petal* berjumlah lima (*petal pentamerous*), tanpa *petal* tambahan. Bunga *crested* memiliki *petal* terluar berjumlah lima (*petal pentamerous*), dan sejumlah *petal* tambahan yang terbentuk di bagian atas *staminal column* atau di bagian atas tangkai putik (*stylus*). Oleh karena itu, bunga *crested* memiliki *petal* yang terdiri atas dua tumpuk (berkas). Berdasarkan pengamatan, bunga *crested* umumnya memiliki *staminal column* yang dapat masih dapat diukur.

Bunga *double H. rosa-sinensis* juga memiliki *petal pentamerous* dan *petal* tambahan seperti bunga *crested*. Meskipun demikian, *petal* tambahan pada bunga *double* merupakan hasil modifikasi dari sebagian besar *stamen*, *staminal column*, dan *stylus*. Modifikasi sebagian besar *stamen* dan *staminal column* menjadi struktur menyerupai *petal*, mengakibatkan *staminal column* yang terbentuk pada bunga *double* lebih pendek dibandingkan bunga *single* dan *crested*. Bunga *double* terkadang tidak lagi memiliki struktur *staminal column*, sebab seluruh bagian *staminal column* bermodifikasi sempurna menjadi struktur menyerupai *petal*. Bunga *double* umumnya memiliki bentuk bunga keseluruhan seperti bola.

Morfologi bunga *single*, *crested*, dan *double* *H. rosa-sinensis* yang terdapat di Kampus UI, Depok sesuai dengan literatur Beers dan Howie (1990: 11).



Gambar 4.1 Skema pengelompokan bunga *Hibiscus rosa-sinensis* berdasarkan bentuk, ukuran, dan *bloom type*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Berdasarkan ukuran *petal*nya, bunga *single* dan *double* dapat dikelompokkan menjadi kelompok bunga dengan *petal* berukuran besar dan *petal* berukuran kecil. Bunga *single* besar memiliki ukuran *petal* terbesar dibandingkan bunga *single* kecil, bunga *crested*, dan *double*. Bunga *single* besar memiliki ukuran *petal* (panjang x lebar *petal*) adalah 6,293 cm x 4,395 cm, sedangkan bunga *single* kecil memiliki ukuran *petal* 5,86 cm x 3.635 cm. Bunga *double* merah besar, memiliki ukuran *petal* 5,25 cm x 4,3 cm. Bunga *double* merah kecil memiliki ukuran *petal* 3,864 cm x 2,694 cm. Hasil pengukuran bunga tersebut sedikit berbeda dengan hasil pengukuran bunga yang dilakukan oleh MacIntyre dan Lacroix. Berdasarkan hasil penelitian MacIntyre dan Lacroix (1996: 1872), bunga *single* dan *double* *H. rosa-sinensis* memiliki diameter bunga saat mekar 7,5--15 cm. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ukuran bunga *H. rosa-sinensis* di Kanada (penelitian MacIntyre dan Lacroix) lebih besar dari ukuran bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok.

Variasi warna pada bunga *single* kecil adalah merah, merah muda, putih, dan krem. Variasi warna pada bunga *single* besar adalah merah, merah muda, dan putih. Sedangkan variasi warna pada bunga *double* adalah merah dan merah muda.

Berbeda dengan bunga bentuk *single* dan *double* *H. rosa-sinensis* yang memiliki variasi warna bunga. Bunga bentuk *crested* yang terdapat di Kampus UI, Depok, hanya memiliki warna *peach*. Bunga *crested peach* yang dihasilkan individu tanaman umumnya memiliki ukuran yang hampir seragam. Oleh karena itu, bunga *crested* tidak dikelompokkan berdasarkan ukuran bunganya. Meskipun demikian, sama halnya seperti bunga *double* *H. rosa-sinensis*, bunga *crested* juga memiliki variasi *bloom type*. *Bloom type* merupakan istilah yang digunakan Beers dan Howie untuk menggambarkan variasi bentuk bunga ketika mekar. Variasi *bloom type* pada bunga *crested* terdiri atas bunga *crested single* dan *crested semi double* (Gambar 4.1).

Oleh karena itu, terdapat 10 variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok. Variasi tersebut antara lain bunga *single* kecil (merah, merah muda, putih, dan krem), bunga *single* besar (merah, merah muda, dan putih), bunga *crested peach*, dan bunga *double* merah (ukuran besar dan kecil), dan *double* merah muda

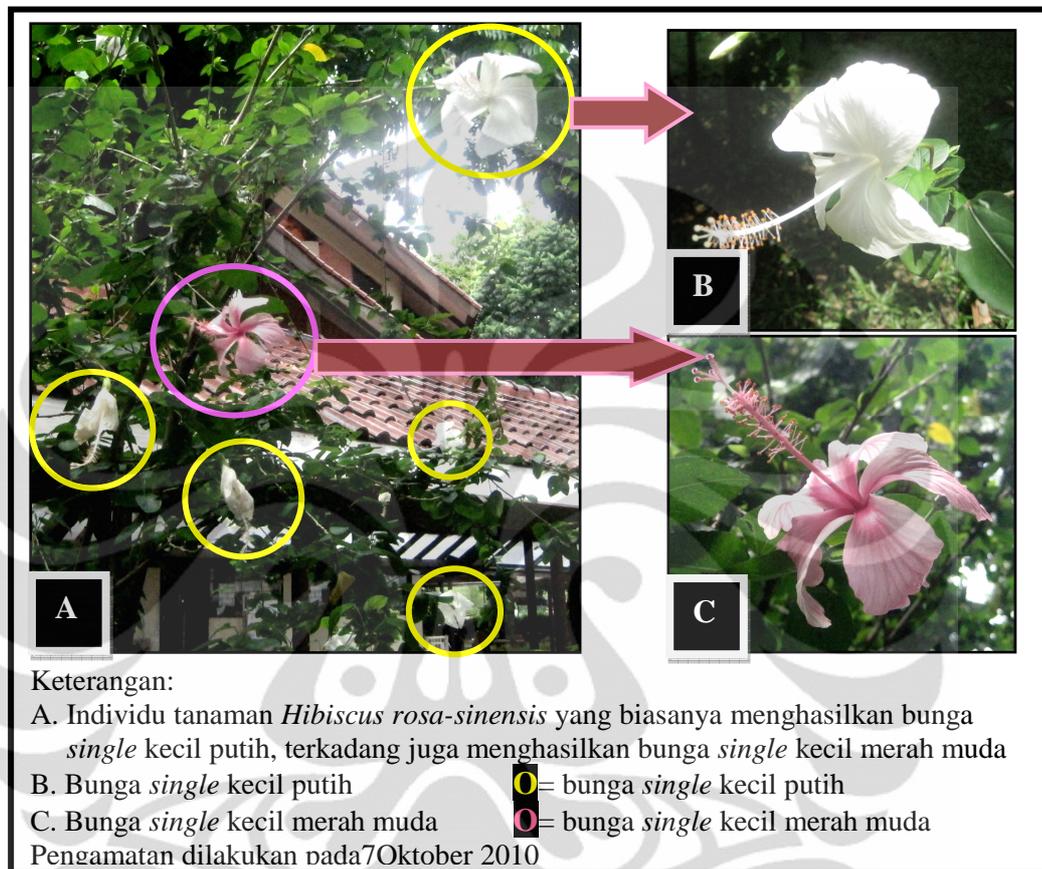
Uniknya, variasi bunga *H. rosa-sinensis* tidak hanya terdapat pada individu tanaman yang berbeda. Variasi bunga, baik bentuk, ukuran, dan warna dapat ditemukan pada satu individu tanaman. Pengamatan selama 12 bulan menunjukkan individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga *crested* dan individu yang biasanya menghasilkan *double* ternyata dapat menghasilkan variasi bentuk bunga yang lain (Gambar 4.1). Individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* juga dapat menghasilkan bunga *single*. Individu tanaman yang menghasilkan bunga *crested* juga dapat menghasilkan bunga *single* dan *double*. Hal yang sebaliknya terjadi pada individu yang biasanya menghasilkan bunga *single*. Individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga *single* akan selalu menghasilkan bunga *single*, dan tidak pernah menghasilkan variasi bentuk bunga yang lain.

#### 4.2.1 Variasi bunga pada individu *H. rosa-sinensis* yang biasanya menghasilkan bunga *single*

Individu *H. rosa-sinensis* yang menghasilkan bunga *single* umumnya memiliki respon yang lebih stabil terhadap perubahan lingkungan, dibandingkan individu yang biasanya menghasilkan bunga *crested* dan *double*. Hal tersebut dapat dilihat dari kestabilan bentuk bunga yang dihasilkan oleh individu tanaman. Individu yang biasanya menghasilkan bunga *single* besar, akan selalu menghasilkan bunga *single* besar dengan warna yang seragam. Individu yang biasanya menghasilkan bunga *single* kecil juga akan selalu menghasilkan bunga *single* kecil dengan warna yang seragam.

Meskipun demikian, bunga *single* yang dihasilkan individu terkadang memiliki warna yang berbeda dari warna bunga yang biasa dihasilkan. Individu *H. rosa-sinensis* yang biasanya menghasilkan bunga *single* kecil putih, juga dapat menghasilkan bunga *single* kecil merah muda dengan frekuensi kemuculan yang rendah. Pengamatan selama 1 bulan menunjukkan, bunga *single* kecil merah muda hanya dihasilkan satu kali oleh individu yang biasanya menghasilkan bunga *single* kecil putih (Gambar 4.2). Perbandingan jumlah bunga *single* kecil putih dan *single* kecil merah muda yang dihasilkan individu adalah 15: 1 bunga

(Gambar 4.2). Hal tersebut mengindikasikan bahwa bunga yang dominan dihasilkan oleh individu tanaman adalah bunga *single* kecil putih, sedangkan dihasilkannya bunga *single* merah muda merupakan fenomena yang jarang terjadi.

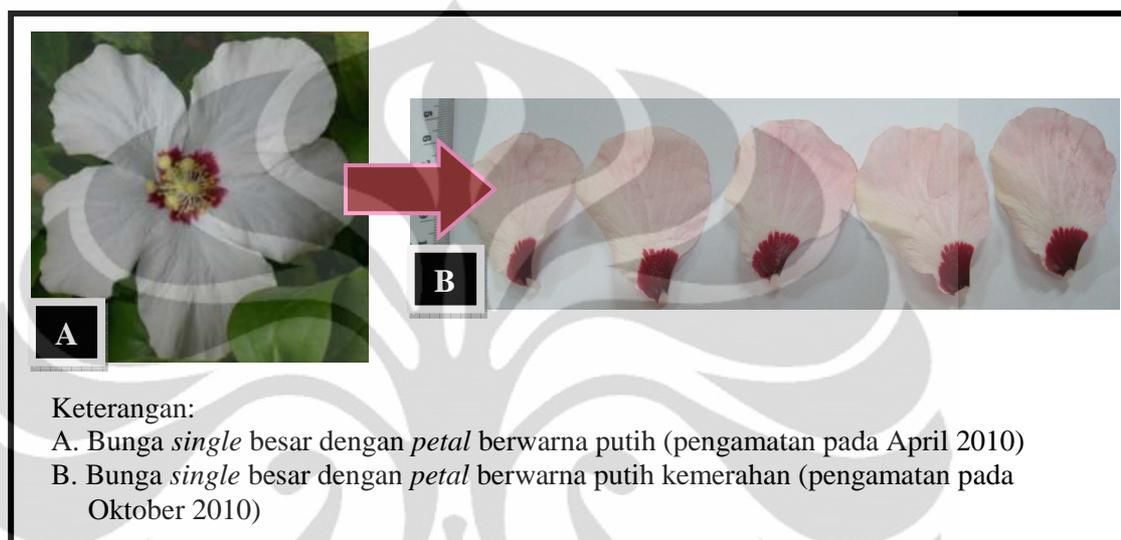


Gambar 4.2 Bunga *single* kecil merah muda dihasilkan oleh individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga *single* kecil putih  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Fenomena dihasilkannya bunga dengan warna *petal* yang berbeda dari warna *petal* yang biasanya juga terjadi pada individu *H. rosa-sinensis* yang lain. Pengamatan selama Oktober 2010 menunjukkan, individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga *single* besar putih, ternyata menghasilkan bunga *single* besar yang seluruhnya berwarna putih kemerahan (Gambar 4.3).

Apabila dihubungkan dengan parameter lingkungan, ternyata ada korelasi positif antara faktor cuaca dengan intensitas warna pada *petal*. *Petal* dengan intensitas warna merah yang lebih tinggi, biasanya dihasilkan bila cuaca cerah berawan hingga cerah selama beberapa hari hingga satu bulan. Pengamatan pada Oktober 2010 menunjukkan cuaca panas, dan hujan terjadi dengan intensitas yang

rendah. Pengamatan pada Oktober 2010 menunjukkan seluruh bunga yang dihasilkan berwarna putih kemerahan. Berbeda dengan pengamatan pada April 2010. Cuaca selama April 2010 menunjukkan cuaca yang cerah berawan, dan didominasi oleh hujan dengan intensitas sedang hingga tinggi. Bunga *single* besar yang dihasilkan individu tanaman seluruhnya berwarna putih (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Individu yang biasanya menghasilkan bunga *single* besar putih, terkadang menghasilkan bunga dengan warna putih kemerahan [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Dugaan paparan sinar matahari sebagai penyebab utama peningkatan intensitas pigmen antosianin pada *petal* diperkuat dengan literatur Lambers *dkk.* (1998: 367). Menurut Lambers *dkk.* (1998: 367), antosianin merupakan senyawa fenolik (flavonoid) yang mengakibatkan *petal* berwarna merah atau biru. Senyawa antosianin yang dihasilkan merupakan respon tumbuhan dalam menghadapi paparan sinar ultraviolet (UV). Sinar ultraviolet merupakan salah satu mutagen (penyebab mutasi) yang mengakibatkan terbentuknya dimer *thimin* melalui proses dimerisasi. Terbentuknya dimer *thimin* akan berdampak pada terganggunya proses transkripsi pada tumbuhan. Salah satu mekanisme tumbuhan dalam menghadapi paparan sinar UV adalah melalui peningkatan konsentrasi senyawa fenolik di vakuola sel. Peningkatan konsentrasi senyawa fenolik tersebut mengakibatkan terjadinya peningkatan tingkat keasaman (pH) vakuola sel, yang menyebabkan *petal* mengalami perubahan warna menjadi kemerahan hingga merah (Lambers *dkk.* 1998: 370).

Chalker-Scott dan Scott (dalam Wong *dkk.* 2009: 5) menjelaskan, senyawa antioksidan fenolik pada bunga, dan daun berperan sebagai filter (penyaring) yang dapat mengurangi jumlah oksidasi sinar UV yang mencapai nukleus. Paparan sinar UV juga akan meningkatkan jumlah dan aktivitas enzim pensintesis senyawa flavonoid. Berdasarkan hasil penelitian Caldwell *dkk.* (1999), wilayah tropis memiliki intensitas paparan sinar ultraviolet (UV) yang lebih tinggi daripada wilayah beriklim sedang (*temperate*). Wilayah dengan paparan sinar UV tertinggi adalah dataran rendah pantai (*coastal*), dan dataran tinggi. *Coastal* menerima refleksi sinar matahari dari permukaan laut dan daratan pantai, sedangkan dataran tinggi memiliki posisi yang lebih dekat dengan matahari. Oleh karena itu, jumlah senyawa antioksidan flavonoid pada tanaman yang tumbuh di wilayah dataran tinggi dan *coastal* umumnya lebih tinggi daripada tanaman di wilayah dataran rendah. Penelitian yang dilakukan oleh Frankel dan Barenbaum (1999) menunjukkan, daun pada tanaman yang tumbuh di wilayah tropis memiliki jumlah senyawa antioksidan fenolik yang lebih tinggi dibandingkan di wilayah beriklim sedang (*temperate*).

Fenomena lain ternyata ditemukan pada individu *H. rosa-sinensis* yang menghasilkan bunga *single* besar merah. Bunga *single* besar merah yang berasal dari individu yang tumbuh di samping departemen Biologi FMIPA UI, memiliki warna *petal* dengan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan individu yang tumbuh di halaman Masjid Universitas Indonesia (MUI) (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Perbedaan intensitas warna *petal* pada bunga *H. rosa-sinensis single* besar merah yang dihasilkan oleh individu tanaman yang berbeda  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010]

Bunga *single* besar merah dengan intensitas warna yang lebih tinggi (tumbuh di samping Departemen Biologi) menunjukkan adanya sintesis senyawa antosianin yang lebih tinggi daripada bunga *single* besar merah yang tumbuh di halaman Masjid Ukhuwan Islamiyah (MUI). Sintesis senyawa antosianin yang lebih tinggi mengakibatkan *petal* menjadi berwarna merah tua. Sebaliknya, semakin rendahnya sintesis antosianin mengakibatkan *petal* berwarna semakin cerah.

Berdasarkan pengamatan faktor lingkungan, individu tanaman yang tumbuh di samping departemen Biologi FMIPA UI, ternyata berada di bawah naungan pohon sawo. Individu yang tumbuh di halaman Masjid UI tidak berada di bawah naungan tumbuhan yang lain. Lokasi tanaman yang tumbuh di bawah naungan pohon lain mengakibatkan paparan sinar matahari yang diterima menjadi lebih rendah, kelembaban tanah menjadi lebih tinggi, dan suhu lingkungan sekitar juga lebih rendah dibandingkan tumbuhan yang tumbuh tanpa naungan pohon lain.

Kondisi yang demikian sesuai dengan literatur Wong *dkk.* (2009: 5). Menurut Chalker-Scott dan Scott (dalam Wong *dkk.* 2009: 5), faktor lain yang memacu peningkatan senyawa fenolik (seperti flavonoid) adalah penurunan suhu lingkungan. Suhu lingkungan yang rendah mengakibatkan sintesis *phenylalanine ammonia lyase* (PAL) pada tumbuhan, yang berakibat pada peningkatan senyawa fenolik, seperti flavonoid. Penurunan suhu lingkungan akan memacu biosintesis senyawa flavonoid pada daun dan bunga, dalam kondisi ketiadaan radiasi sinar ultraviolet (Wong *dkk.* 2009: 5).

Dugaan lain yang menyebabkan sintesis antosianin di bagian *petal* adalah adanya serangan fungi. Coley dan Aide (1989) melakukan penelitian pada pola perilaku semut pemotong daun (*leaf-cutter ants*). Semut pemotong daun memiliki kebiasaan mengumpulkan daun, dan menyimpannya di bawah tanah sebagai substrat pertumbuhan fungi, yang menjadi sumber makanan bagi semut. Daun yang telah dipotong-potong oleh semut kemudian diteliti melalui *bioassay*, dan memberikan hasil bahwa kandungan antosianin pada daun memiliki aktivitas sebagai anti fungi. Daun dengan kandungan antosianin (secara alami sudah ada atau melalui proses penambahan dalam percobaan) ternyata memiliki kecepatan

pertumbuhan fungi yang rendah, dibandingkan dengan daun tanpa kandungan antosianin (Lambers *dkk.* 1998: 367-368).

#### 4.2.2 Variasi bunga pada individu *H. rosa-sinensis* yang biasanya menghasilkan bunga *crested peach*

Berdasarkan hasil pengamatan, individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga *crested*, juga dapat menghasilkan variasi bentuk bunga yang lain, seperti *crested single*, *crested semi double*, *single*, dan *double*. Frekuensi dihasilkannya bunga *double peach* oleh individu tanaman sangat kecil, bila dibandingkan dengan frekuensi dihasilkannya bunga *single peach*, dan *crested peach*.

Tabel 4.1 Perbandingan jumlah bunga *crested peach* dan *single peach* yang dihasilkan individu tanaman

No	Tanggal Pengamatan	FMIPA (individu A)		FMIPA (individu B)		FMIPA (individu C)	
		CP	SP	CP	SP	CP	SP
1	2 Maret 2011	20	6	7	3	8	6
2	3 Maret 2011	18	1	7	0	11	6
3	8 Maret 2011	20	1	4	3	7	3
4	9 Maret 2011	17	1	7	0	7	6
5	10 Maret 2011	16	2	7	1	14	5
6	14 Maret 2011	11	1	6	3	10	4
7	15 Maret 2011	11	1	6	3	10	4
8	16 Maret 2011	3	2	7	1*	12	1
9	17 Maret 2011	14	6	14	1	14	4
10	18 Maret 2011	6	0	12	1	8	2
x (rata-rata)		13,6	2,1	7,7	1,6	10,1	4,1

Keterangan: CP= bunga *crested peach*; SP= bunga *single peach*. Keduanya dihasilkan oleh individu tanaman yang sama.

Individu A= tanaman *H. rosa-sinensis* yang tumbuh di taman depan dept Biologi FMIPA UI;

Individu B= tanaman *H. rosa-sinensis* yang tumbuh di taman samping dept Biologi FMIPA UI;

Individu C= tanaman *H. rosa-sinensis* yang tumbuh di kebun rumah kaca FMIPA UI

\*= bunga *single peach* dengan petal berjumlah 3, dan mengalami perubahan warna menjadi merah

Pengamatan pada bulan Maret menunjukkan, bunga *double peach* hanya dihasilkan sekali, sedangkan bunga *crested peach* dan *single peach* dihasilkan setiap hari oleh individu tanaman. Bunga *crested peach* merupakan bentuk bunga dominan yang dihasilkan individu tanaman daripada bunga *single peach*. Pengamatan selama 10 hari (2--18 Maret 2011) menunjukkan, frekuensi kemunculan bunga *crested peach* lebih tinggi dibandingkan *single peach*.

Perbandingan jumlah bunga *crested peach* dan *single peach* yang dihasilkan individu tanaman adalah 13,6:2,1; 7,7: 1,6 dan 10,1: 4,1 (Tabel 4.1).

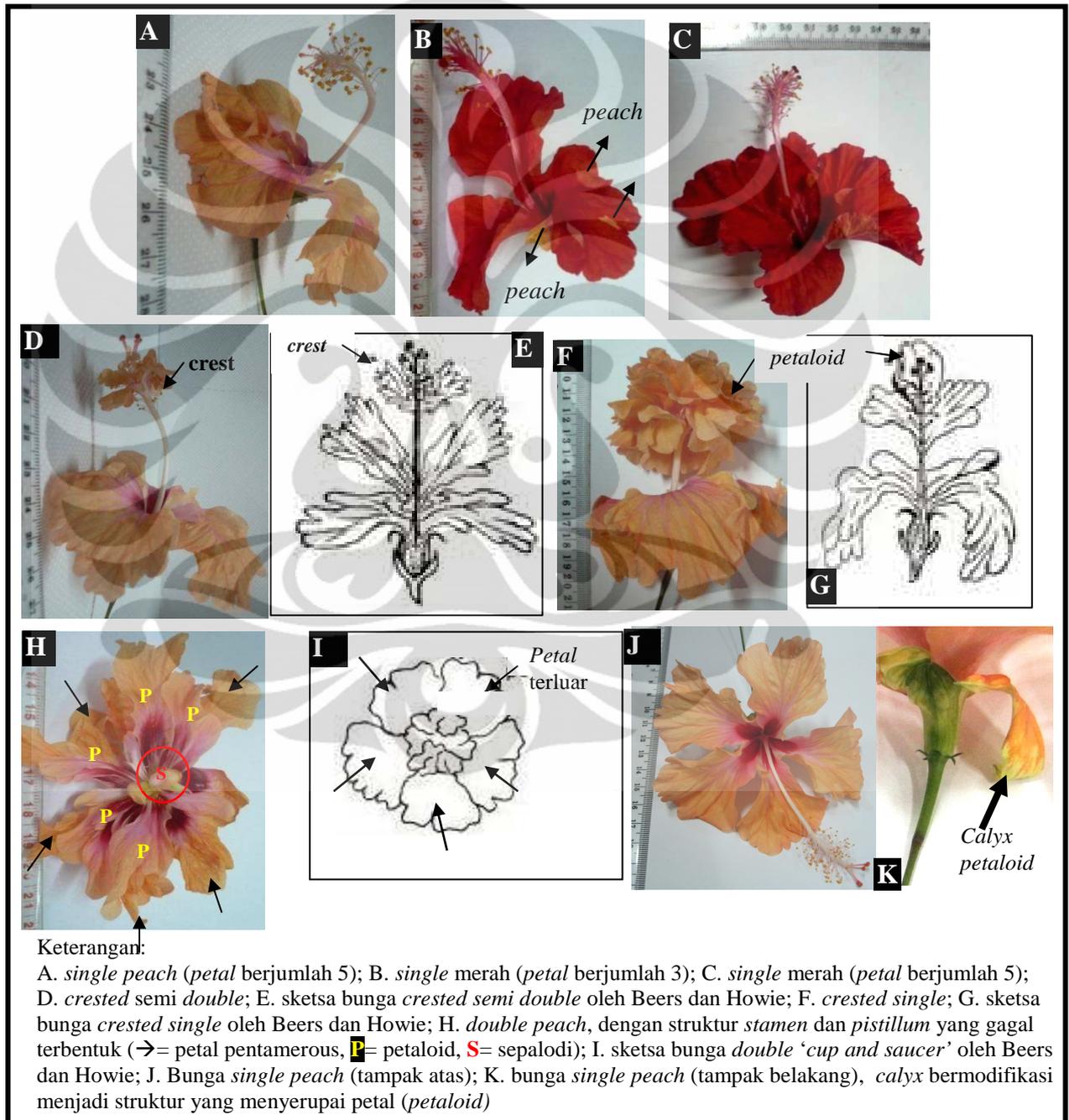
Bunga *crested peach* dapat memiliki dua variasi *bloom type*, yaitu *crested single* dan *crested semi double*. Keduanya dibedakan berdasarkan posisi pembentukan *petal* tambahan dan jumlah *petal* tambahan yang terbentuk. Bunga *crested single* memiliki *petal* tambahan yang terbentuk pada posisi  $\frac{1}{4}$  hingga  $\frac{1}{2}$  *staminal column* (Gambar 4.5.F). *Stylus* pada umumnya lebih pendek atau sejajar dengan berkas *petal* tambahan (*petaloid*). Modifikasi sebagian besar *stylus* menjadi *petaloid* mengakibatkan bunga *crested single* memiliki *petal* dua berkas, yaitu berkas *petal pentamerous* di bagian bawah, dan berkas *petal* tambahan di bagian atas. Bunga *crested single* umumnya memiliki *staminal column* yang masih dapat diukur. Berbeda dengan bunga *crested single*, bunga *crested semi double* memiliki *petal* tambahan (*petaloid*) yang merupakan hasil modifikasi dari bagian atas *stylus* hingga  $\frac{1}{4}$  bagian atas *staminal column*. *Petal* tambahan pada bunga *crested semi double* juga terbentuk pada *staminal column* di bagian atas posisi *petal pentamerous*.

Beers dan Howie mendefinisikan struktur *crest* sebagai sedikit *petaloid* yang terbentuk pada bagian atas *stylus* bunga *single* atau bunga *semi double* dan *double* (Beers dan Howie 1990: 11). Berdasarkan Beers dan Howie (1990: 11), bunga *crested single* memiliki nama hibrid 'El Capitolo' dan 'Katy D', sedangkan bunga bentuk *crested semi double* memiliki nama hibrid 'Crown of Warringah', dan 'Lady Adele'.

Berdasarkan hasil pengamatan, jumlah *petaloid* yang terbentuk pada bunga *crested semi double* lebih sedikit dari bunga *crested single* (Gambar 4.5. D dan F). Jumlah *petal* tambahan yang terbentuk ternyata berkorelasi negatif dengan jumlah *stamen*. Semakin banyak *petal* tambahan hasil modifikasi *stamen* mengakibatkan jumlah *stamen* yang terbentuk menjadi semakin sedikit. Oleh karena itu, jumlah *stamen* yang terbentuk pada bunga *crested single* lebih sedikit dari *crested semi double*.

Individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga *crested peach*, juga dapat menghasilkan bunga *single* dan *double*. Bunga *single* yang dihasilkan antara lain bunga *single peach* dengan *petal* berjumlah 5 (Gambar 4.5.A), *single*

merah dengan *petal* berjumlah 5 (Gambar 4.5.C), dan bunga *single* merah dengan sedikit warna *peach* yang memiliki tiga *petal* (Gambar 4.5.B). Bunga *double peach* (Gambar 4.5.H) yang dihasilkan individu tanaman tidak memiliki alat reproduksi, baik *stamen* maupun *pistillum*. Kedua alat reproduksi tersebut gagal terbentuk, tereduksi sempurna, dan bermodifikasi menjadi bagian bunga yang lain.



Gambar 4.5 Variasi bunga pada individu *H. rosa-sinensis* yang biasanya menghasilkan bunga *crested peach*

[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010 (A, B, C, D, F, H, J, K); modifikasi dari Beers dan Howie 1990: 11 (E, G, H).]

Struktur *stamen* pada bunga *double peach* bermodifikasi total menjadi struktur yang menyerupai *petal* (*petaloid*), sedangkan struktur *pistillum* secara sempurna bermodifikasi menjadi struktur yang menyerupai *calyx* (*sepalodi*). Struktur morfologi bunga *double* tersebut ternyata juga ditemukan oleh Beers dan Howie (1990). Beers dan Howie (1990: 11) menyebut bunga *double peach* tersebut dengan sebutan 'cup and saucer'. Bunga *double peach* 'cup and saucer' memiliki *petal* terluar berjumlah 5, dengan sejumlah *petal* tambahan dan *sepal* tambahan yang terbentuk pada posisi yang seharusnya membentuk organ reproduksi (*pistillum* dan *stamen*). *Petal* tambahan yang terbentuk memiliki ukuran yang lebih kecil dari *petal* terluar (*petal pentamerous*). Bunga *double* 'cup and saucer' memiliki nama hibrid 'Lord of the Isles' ('Daffodil'), 'Marjorie Beard', 'Prince of Orange' (Beers dan Howie 1990:11).

#### 4.2.3 Variasi bunga pada individu *H. rosa-sinensis* yang biasanya menghasilkan bunga bentuk *double*

Variasi bentuk bunga juga ditemukan pada individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga bentuk *double*. Individu *H. rosa-sinensis* yang biasanya menghasilkan bunga bentuk *full double*, juga dapat menghasilkan bunga bentuk *semi double*, dan *single* (Gambar 4.6). Struktur morfologi bunga *full double*, *semi double* dan *single* mudah untuk dibedakan. Bunga *full double* memiliki bentuk keseluruhan bunga seperti bola. *Petal* tambahan pada bunga *full double* terbentuk di seluruh dinding *staminal column*. Oleh karena itu, bunga *full double* umumnya tidak memiliki struktur *staminal column*. Bila *staminal column* tetap terbentuk, biasanya berukuran sangat pendek.

Individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* merah, juga dapat menghasilkan bunga *single* merah. Meskipun demikian, frekuensi kemunculan bunga *single* merah lebih kecil dari bunga *double* merah (*full double* dan *semi double*). Berdasarkan hasil pengamatan selama 10 hari (2 Maret--18 Maret 2011), perbandingan rata-rata jumlah bunga *double* merah dan *single* merah yang dihasilkan individu adalah 9,1: 0,5 pada individu tanaman yang tumbuh di taman depan gedung IX FIB UI.

Individu tanaman yang tumbuh di kebun rumah kaca FMIPA UI, ternyata menghasilkan tiga variasi bentuk bunga, yaitu *single* merah, *double* merah, dan *crested* merah. Perbandingan rata-rata jumlah bunga *single* merah, *double* merah, dan *crested* merah yang dihasilkan individu adalah 1: 0,3: 0,1. Berdasarkan hasil pengamatan, individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* merah tidak memiliki periode berbunga setiap hari. Oleh karena itu, individu tanaman terkadang tidak menghasilkan bunga sama sekali. Perbandingan jumlah bunga *single*, *crested*, dan *double* merah yang dihasilkan individu tanaman dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan jumlah bunga *double* merah, *single* merah, dan *crested* merah yang dihasilkan individu tanaman

No	tgl pengamatan	Individu A (FIB)		Individu B (FMIPA)		
		DM	SM	DM	SM	CM
1	2 Maret 2011	11	0	0	2	0
2	3 Maret 2011	10	0	1	1	1
3	8 Maret 2011	17	1	1	0	0
4	9 Maret 2011	10	0	1	0	0
5	10 Maret 2011	13	0	2	0	0
6	14 Maret 2011	6	1	0	0	0
7	15 Maret 2011	11	2	1	0	0
8	16 Maret 2011	4	0	1	0	0
9	17 Maret 2011	4	1	2	0	0
10	18 Maret 2011	5	0	1	0	0
<b>X</b>		<b>9,1</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>

Keterangan:

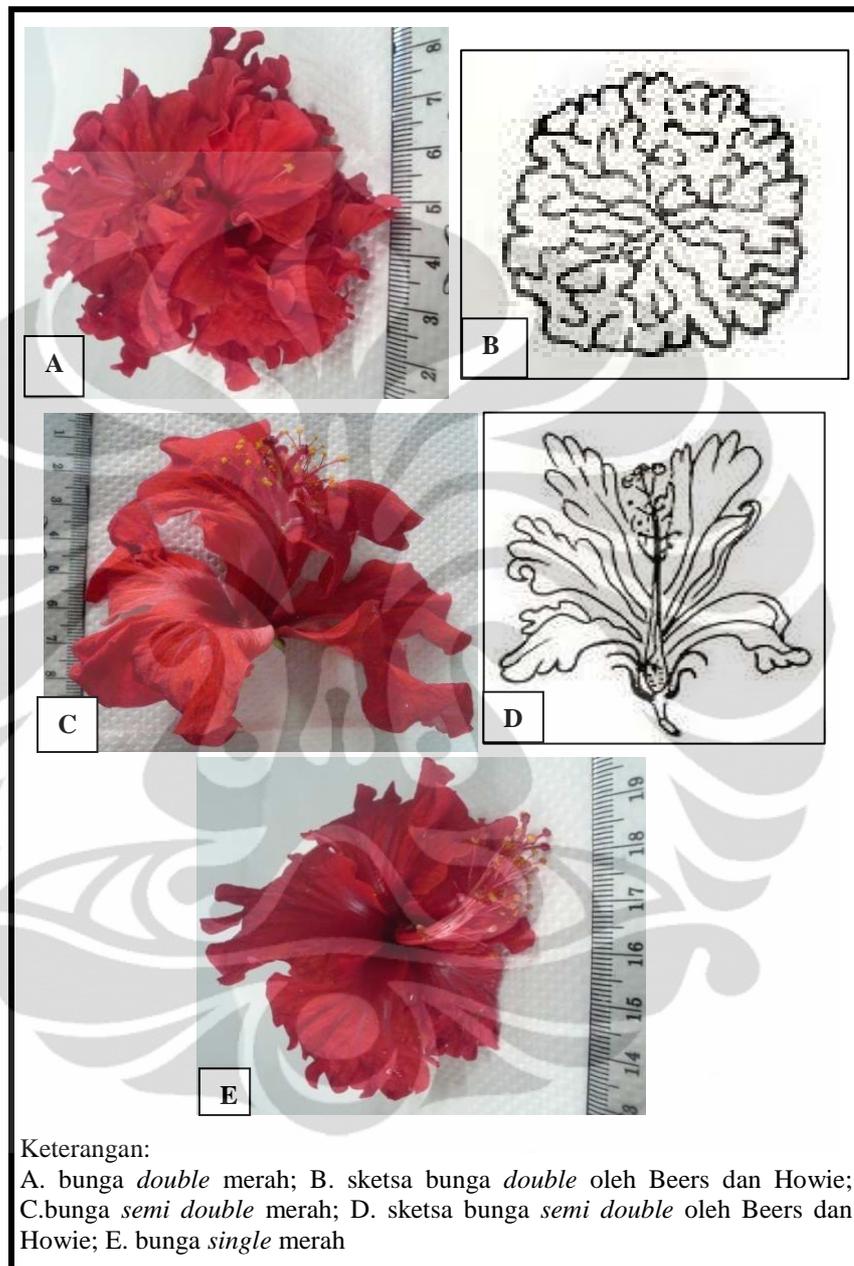
Individu A (FIB) adalah individu tanaman yang tumbuh di taman depan Gedung IX FIB UI; individu B (FMIPA) adalah individu tanaman yang tumbuh di kebun rumah kaca FMIPA UI;

DM= bunga *double* merah; SM= bunga *single* merah; CM= bunga *crested* merah.

■ = individu tanaman sama sekali tidak menghasilkan bunga dalam satu hari

Bunga *single* merah memiliki *petal* berjumlah lima (seperti bunga *single* pada umumnya), sedangkan bunga *semi double* memiliki *petal* terluar berjumlah 5 (*petal pentamerous*), dengan sejumlah *petal* tambahan yang terbentuk dari bagian dasar *staminal column* (Gambar 4.6.C). Pembentukan *petal* tambahan pada sebagian *staminal column* mengakibatkan fenomena modifikasi (*homeosis*) yang

terjadi dapat terlihat dengan jelas. Oleh karena itu, umumnya *staminal column* pada bunga *semi double* masih dapat diukur.

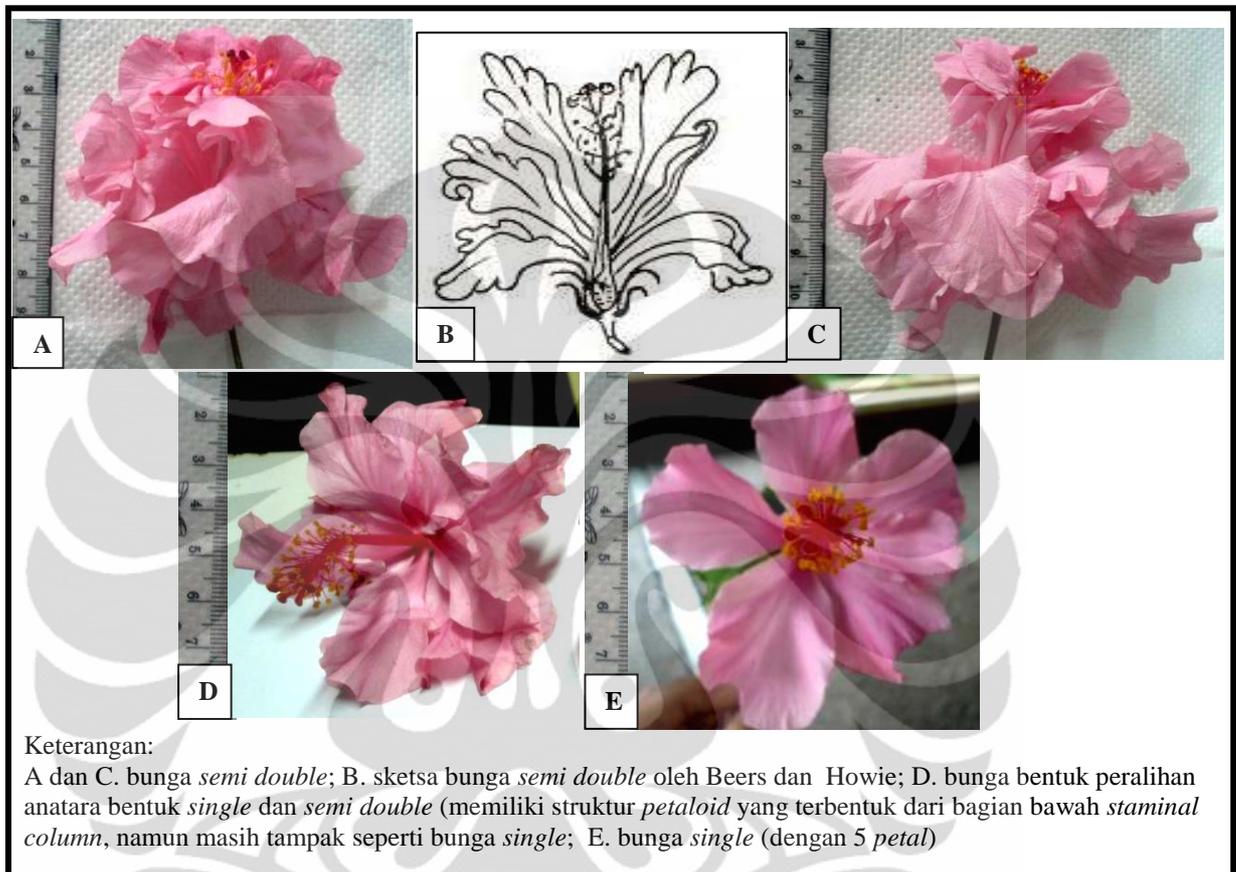


Gambar 4.6 Variasi bunga pada individu *H. rosa-sinensis* yang biasanya menghasilkan bunga *full double* merah

[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010 (A, C, E); Beers dan Howie 1990: 11 (B, D)]

Pola modifikasi yang sama juga terjadi pada individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* merah muda. Individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* merah muda, juga dapat menghasilkan bunga *semi double* merah

muda dan *single* merah muda (Gambar 4.7). Frekuensi dihasilkannya bunga *single* merah muda oleh individu tanaman lebih kecil dibandingkan frekuensi dihasilkannya bunga *double* merah muda (Tabel 4.3).



Gambar 4.7 Variasi bunga yang dihasilkan oleh individu yang biasanya menghasilkan bunga *semi double* merah muda

[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010 (A, C, E); Beers dan Howie 1990: 11 (B, D)]

Beers dan Howie (1990: 11) mendefinisikan bunga *full double* (Gambar 4.6B) sebagai bunga dengan *petal* tambahan yang terbentuk dari *staminal column* dengan posisi yang sangat berdekatan. Oleh karena itu, bunga *full double* umumnya tidak memiliki *staminal column*, dan memiliki morfologi bunga keseluruhan seperti bola. Berbeda dengan bunga *full double*. Bunga *semi double* memiliki *petal* tambahan yang terbentuk pada bagian dasar *staminal column*. Beers dan Howie (1990: 11) menyatakan masing-masing bentuk bunga tersebut memiliki nama hibrid tersendiri. Bunga bentuk *semi double* memiliki nama hibrid 'Isobel Beard', 'Cile Tinney', 'Rai Wha', sedangkan bunga bentuk *full double*

memiliki nama hibrid King Kalakaua', 'Mrs George Davis' ('Kona'), dan 'Peachblow'

Tabel 4.3 Perbandingan jumlah bunga *double* merah muda dan *single* merah muda yang dihasilkan individu tanaman

No	Tgl pengamatan	Individu A		Individu B	
		DMM	SMM	DMM	SMM
1	2 Maret 2011	8	1	3	0
2	3 Maret 2011	11	0	4	0
3	8 Maret 2011	5	0	4	0
4	9 Maret 2011	11	0	5	0
5	10 Maret 2011	9	0	7	1
6	14 Maret 2011	11	1	7	1
7	15 Maret 2011	6	2	8	2
8	16 Maret 2011	6	2	6	2
9	17 Maret 2011	4	3	4	2
10	18 Maret 2011	4	2	2	1
X		7,5	1,1	5	0,9

Keterangan:

Individu A merupakan individu yang tumbuh di halaman depan (sebelah kanan) gedung IX FIB UI; Individu B merupakan individu tanaman yang tumbuh di halaman depan (sebelah kiri) gedung IX FIB UI.

DMM= bunga *double* merah muda; SMM= bunga *single* merah muda.

### 4.3 Perbandingan morfologi seluruh bagian bunga *single*, *crested*, dan *double H. rosa-sinensis*

#### 4.3.1 *Pedicellus* (tangkai bunga)

Berdasarkan hasil pengukuran, bunga *single* kecil krem memiliki *pedicellus* dengan ukuran terpanjang (rata-rata panjang *pedicellus* 5,28 cm), dibandingkan dengan variasi bunga yang lainnya. Bunga *single* merah muda (yang dihasilkan oleh individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* merah muda) memiliki ukuran *pedicellus* terpendek (rata-rata panjang *pedicellus* 0,42 cm). Diagram batang perbandingan rata-rata panjang *pedicellus* dari seluruh variasi bunga dapat dilihat pada Gambar 4.8. Berdasarkan rata-rata panjang *pedicellus*, bunga *H. rosa-sinensis* dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok (*cluster*), yaitu kelompok I (rata-rata panjang *pedicellus*= 4,31 cm--5,28 cm),

kelompok II (rata-rata panjang *pedicellus*= 2,42 cm--3,09 cm), dan kelompok III (rata-rata panjang *pedicellus*= 0,42 cm--1,59 cm) (Gambar 4.9). Hasil pengukuran rata-rata panjang *pedicellus* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Apabila diurutkan berdasarkan rata-rata panjang *pedicellus*, maka kelompok I terdiri atas bunga *single* kecil krem (5,28 cm), *single* besar merah muda (4,65 cm), *single* kecil merah (4,44 cm), dan *crested peach* (4,31 cm). Kelompok II terdiri atas bunga *single peach* yang berasal dari individu yang biasanya menghasilkan *crested peach* (3,09 cm), *double* merah muda (3,05 cm), *single* kecil putih (2,9 cm), *single* besar putih (2,72 cm), *single* kecil merah muda (2,6 cm), dan *double* merah (2,42 cm). Kelompok III terdiri atas bunga *single* besar merah (1,59 cm), *single* merah dari individu yang biasanya menghasilkan *double* merah (0,91 cm), dan *single* merah muda dari individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* merah muda (0,42 cm).

Tabel 4.4 Rata-rata panjang *pedicellus* seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

No	Variasi bunga	Rata-rata panjang <i>pedicellus</i> (cm)	Rata-rata panjang reseptakulum (cm)
1	<i>Single</i> besar merah	1,59	0,69
2	<i>Single</i> besar merah muda	4,65	1,02
3	<i>Single</i> besar putih	2,72	0,68
4	<i>Single</i> kecil merah	4,44	<b>2,9</b>
5	<i>Single</i> kecil merah muda	2,6	1,44
6	<i>Single</i> kecil putih	2,9	1,03
7	<i>Single</i> kecil Krem	<b>5,28</b>	2,4
8	<i>Crested peach</i>	4,31	2,15
9	<i>Double</i> besar merah	2,4	1,9
10	<i>Double</i> kecil merah	2,42	1,26
11	<i>Double</i> merah muda	3,05	1,19
12	<i>Single</i> merah muda (DMM)	<b>0,42</b>	<b>0,52</b>
13	<i>Single peach</i> (CP)	3,09	1,76
14	<i>Single</i> merah	0,91	1,38

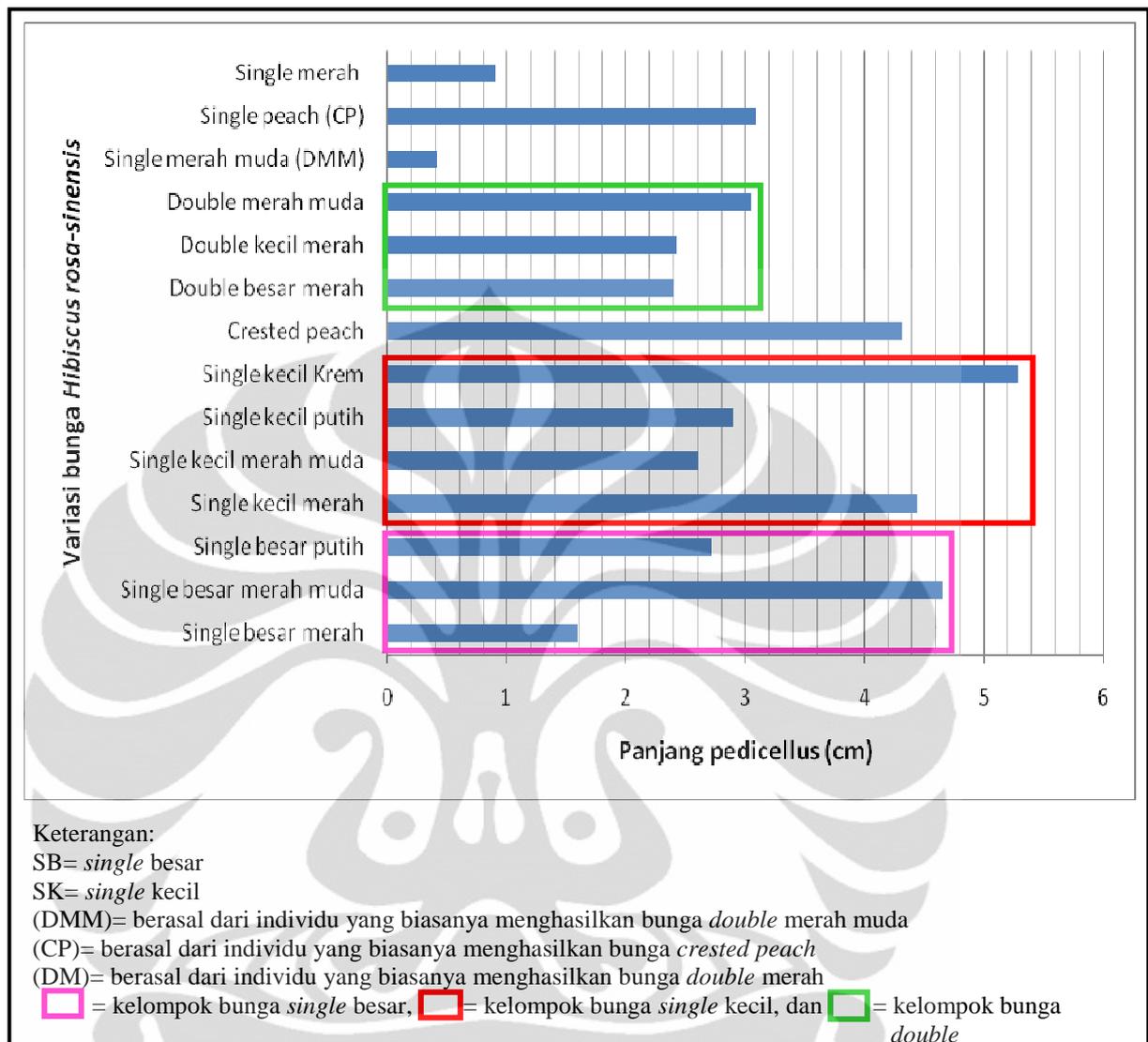
Keterangan:

(DMM)= berasal dari individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* merah muda

(CP) = berasal dari individu yang biasanya menghasilkan bunga *crested peach*

■ = ukuran *pedicellus* dan reseptakulum terpanjang

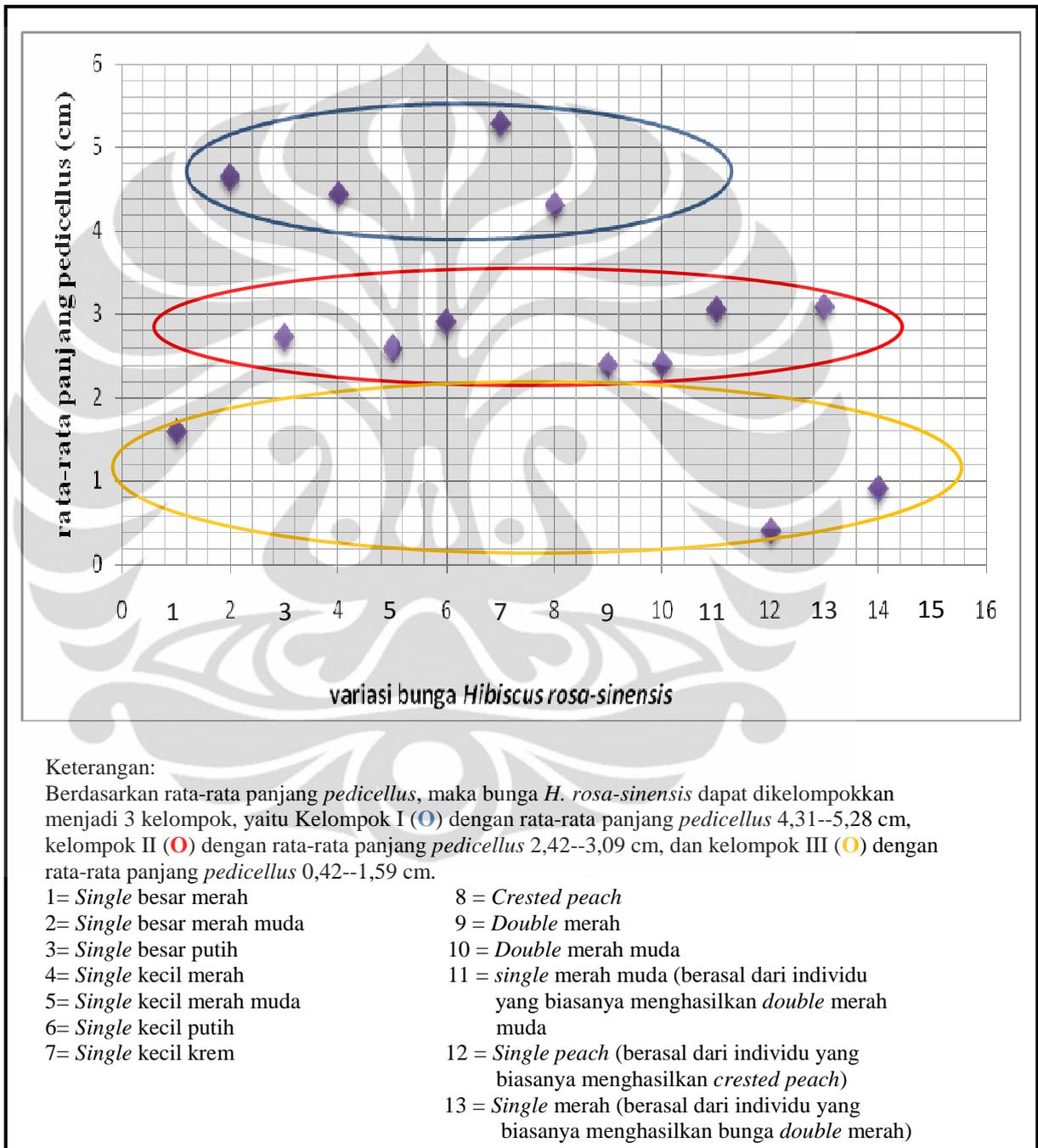
■ = ukuran *pedicellus* dan reseptakulum terpendek



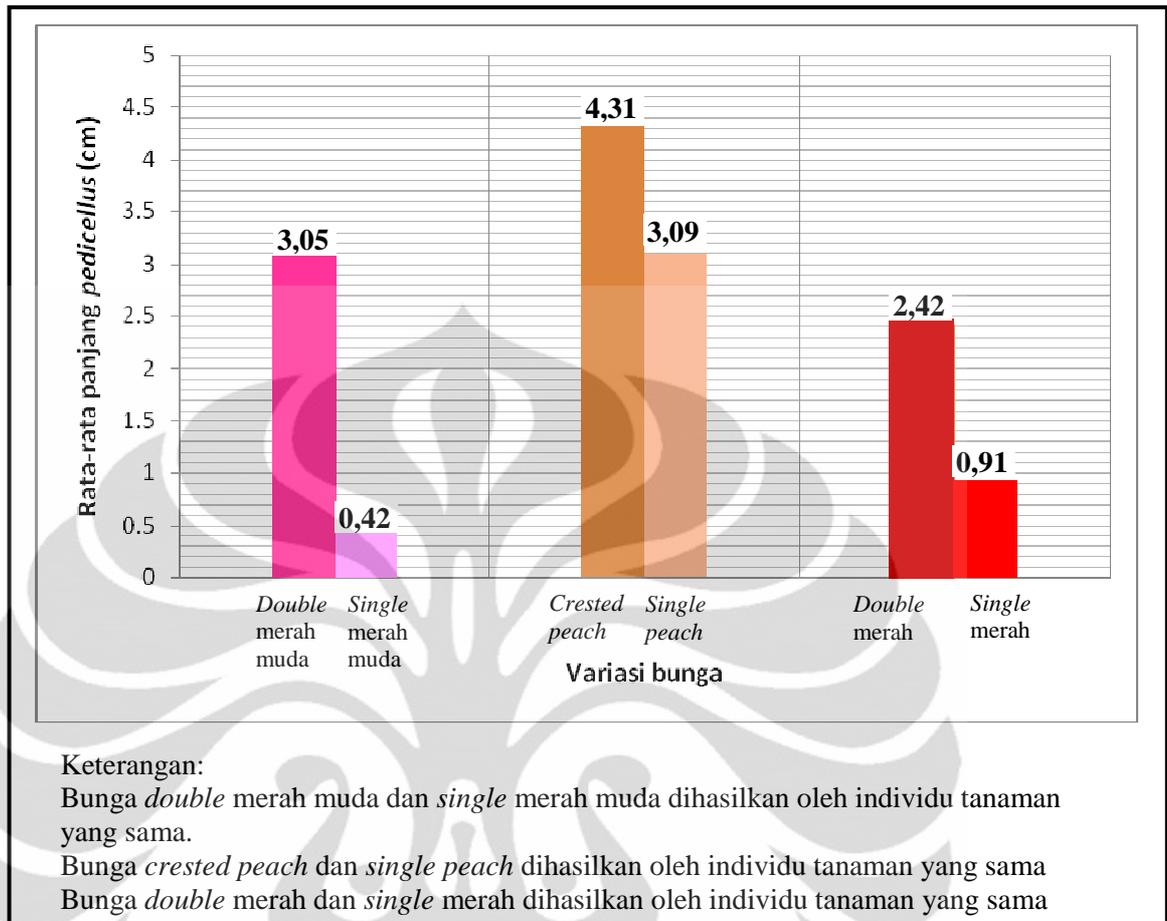
Gambar 4.8 Diagram batang rata-rata panjang *pedicellus* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

Variasi bentuk bunga yang dihasilkan oleh individu tanaman yang sama ternyata memiliki panjang *pedicellus* yang berbeda signifikan (Gambar 4.10). Individu *H. rosa-sinensis* yang biasanya menghasilkan bunga *crested peach*, terkadang juga dapat menghasilkan bunga *single peach*. Sampel bunga *crested peach* yang diamati memiliki ukuran rata-rata *pedicellus* yang lebih panjang (4,31 cm) dibandingkan bunga *single peach* (3,09 cm). Bunga *double* merah muda juga memiliki ukuran rata-rata *pedicellus* yang lebih panjang (3,05 cm) daripada bunga *single* merah muda (0,42 cm). Sampel bunga *double* merah memiliki ukuran rata-rata *pedicellus* yang lebih panjang (2,42 cm) daripada bunga *single* merah (0,91

cm). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa bentuk bunga dominan yang dihasilkan individu tanaman, umumnya memiliki *pedicellus* yang lebih panjang dari variasi bentuk bunga yang frekuensi kemunculannya rendah (jarang dihasilkan).



Gambar 4.9 Diagram pengelompokan bunga *H. rosa-sinensis* berdasarkan rata-rata panjang *pedicellus* (cm)

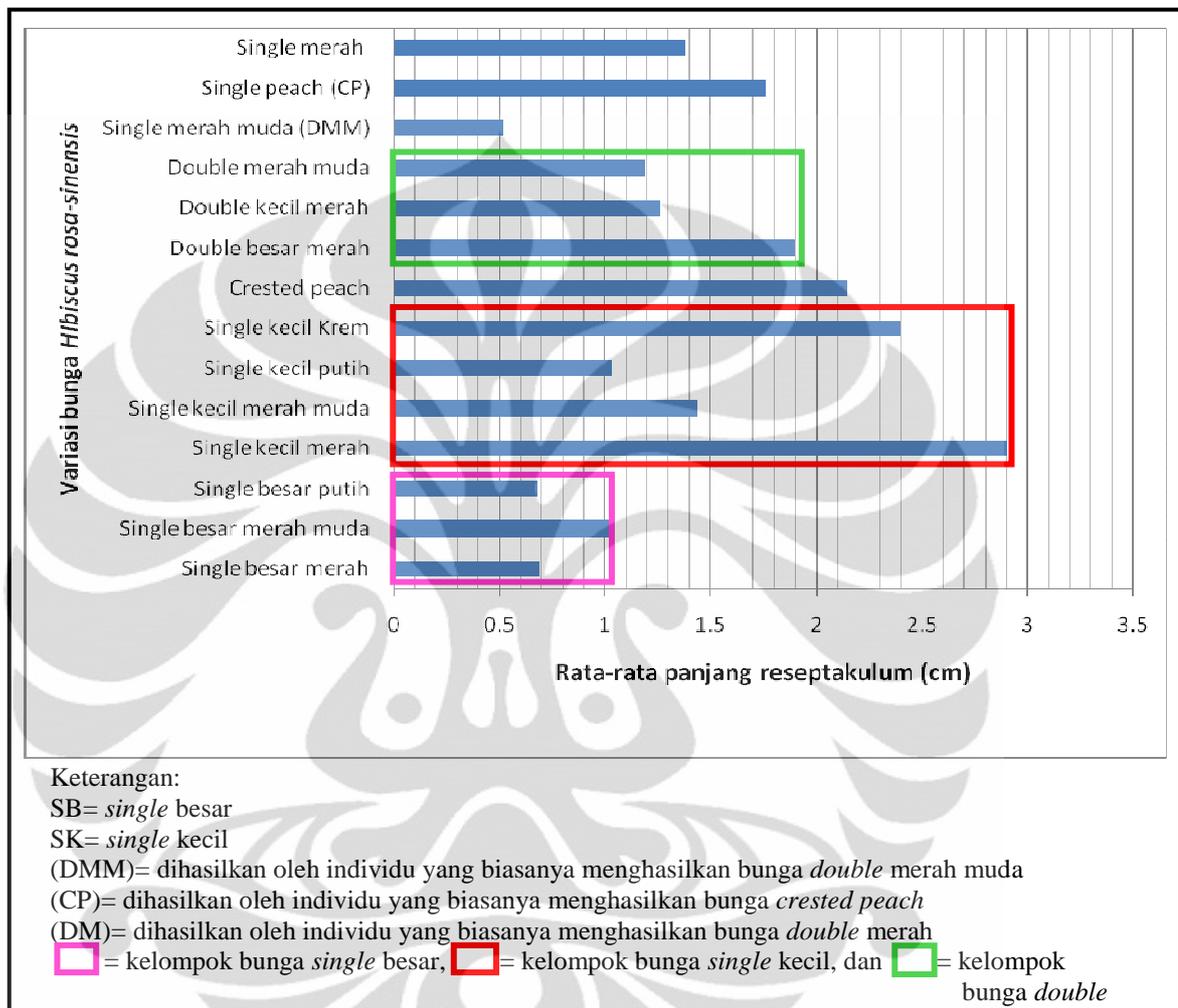


Gambar 4.10 Diagram batang perbandingan rata-rata panjang *pedicellus* pada variasi bentuk bunga yang dihasilkan oleh individu tanaman *H. rosa-sinensis*

#### 4.3.2 Reseptakulum (dasar bunga)

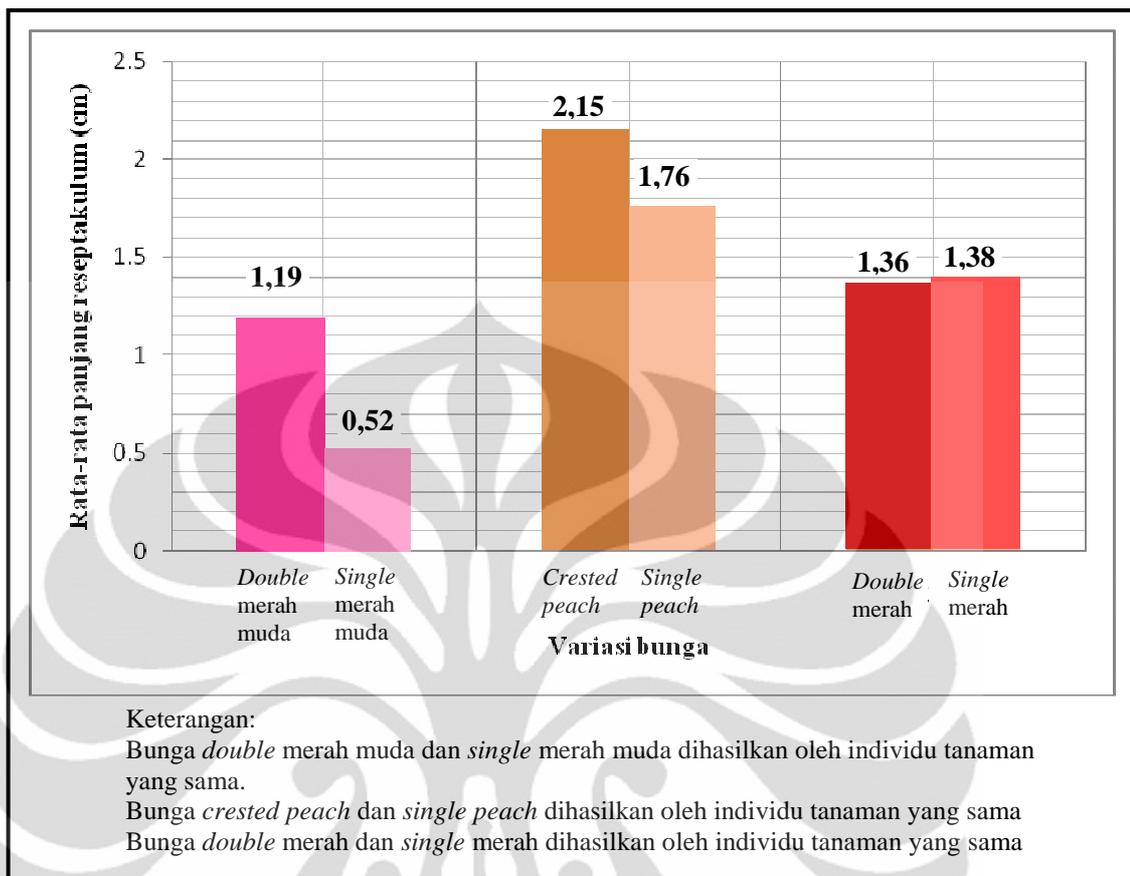
Reseptakulum *H. rosa-sinensis* terletak di bawah posisi ovarium, sehingga disebut *hypogin*. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, bunga *single* merah muda (yang dihasilkan individu yang biasanya menghasilkan *double* merah muda) memiliki ukuran rata-rata reseptakulum yang terpendek (0,52 cm), sedangkan bunga *single* kecil merah memiliki ukuran rata-rata reseptakulum yang terpanjang (2,9 cm). Sama halnya seperti panjang *pedicellus*, bunga dengan frekuensi kemunculan yang rendah (jarang dihasilkan) umumnya memiliki ukuran reseptakulum yang lebih pendek dari bunga yang dominan dihasilkan (Gambar 4.12). Misalnya, bunga *single* merah muda yang jarang dihasilkan individu tanaman memiliki ukuran reseptakulum yang lebih pendek (0,52 cm) daripada

bunga *double* merah muda (1,19 cm) yang dihasilkan setiap hari oleh individu tanaman.



Gambar 4.11 Diagram batang rata-rata panjang reseptakulum dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

Bunga *single peach* juga memiliki ukuran reseptakulum yang lebih pendek (1,76 cm) dari *crested peach* (2,15 cm). Meskipun demikian, hal sebaliknya terjadi pada bunga *double* merah dan *single* merah yang dihasilkan oleh individu tanaman yang sama. Bunga *double* merah dengan frekuensi kemunculan yang lebih tinggi ternyata memiliki ukuran reseptakulum yang lebih pendek (1,36 cm) daripada bunga *single* merah (1,38 cm) yang jarang dihasilkan. Walaupun, perbedaan rata-rata panjang reseptakulum pada bunga *double* merah dan *single* tidak signifikan (hanya 0,2 cm).

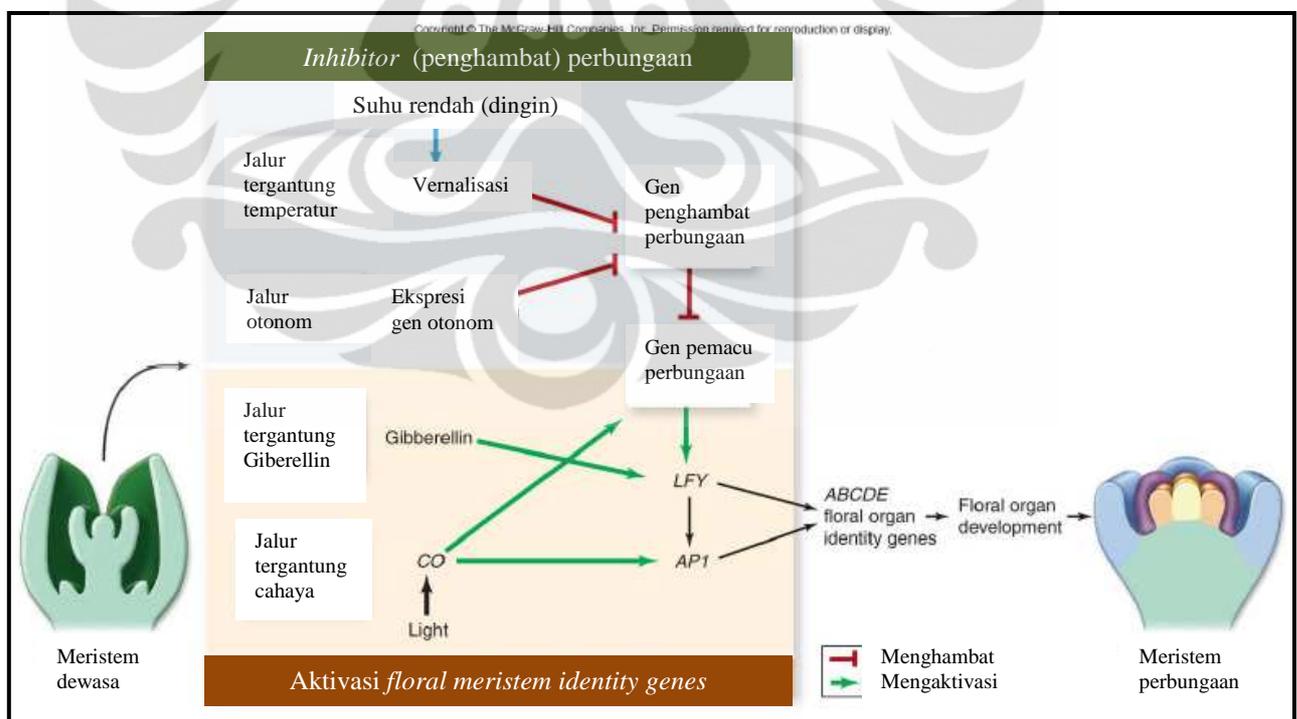


Gambar 4.12 Diagram batang perbandingan rata-rata panjang reseptakulum pada variasi bentuk bunga yang dihasilkan oleh individu tanaman *H. rosa-sinensis*

Perbedaan panjang *pedicellus* dan reseptakulum pada variasi bentuk bunga *H. rosa-sinensis* yang dihasilkan individu tanaman diduga disebabkan oleh peran hormon giberellin dalam perkembangan bunga. Menurut Hopkins (1999: 324), Taiz dan Zeiger (1998: 596) hormon giberellin berperan sebagai regulator dalam pertumbuhan batang. Tanaman normal memiliki hormon giberellin aktif yang lebih banyak daripada tanaman yang kerdil. Giberellin endogenous berperan dalam pengontrolan genetik pemanjangan batang. Taiz dan Zeiger (1998: 598) juga menjelaskan terdapat alel gen yang meregulasi pemanjangan batang pada kacang ercis, yaitu gen *Le*. Gen *Le* akan memacu sintesis enzim *3-β hidroxilates* GA20 untuk menghasilkan GA1. GA1 merupakan hormon giberellin aktif yang berperan langsung dalam pemanjangan batang. Ketiadaan enzim *3-β hidroxilates* GA20, ketiadaan dan sedikitnya konsentrasi GA1 mengakibatkan terbentuknya

tanaman yang kerdil. Hopkins (1999: 322) menambahkan, kekurangan hormon giberellin akan mengakibatkan pemanjangan batang dan nodus menjadi terhambat, sehingga mengakibatkan terbentuknya roset batang pada tanaman. Oleh karena itu, kekurangan hormon giberellin diduga menjadi penyebab utama terbentuknya *pedicellus* dan reseptakulum yang lebih pendek pada bunga *single peach*, *single merah*, dan *single merah muda*.

Menurut Guo (2010: 9), hormon giberellin juga merupakan salah satu faktor pemacu proses perkembangan meristem vegetatif menjadi meristem perbungaan. Berdasarkan Gambar 4.13, terdapat 4 jalur utama perbungaan (perubahan meristem vegetatif menjadi meristem perbungaan). Jalur tersebut terdiri atas jalur perbungaan yang tergantung dengan temperatur (suhu), otonom, hormon giberellin, dan cahaya. Pengontrolan waktu perbungaan pada tanaman dapat melalui salah satu jalur perbungaan. Meskipun demikian, perbungaan pada tanaman juga dapat dipengaruhi oleh keempat jalur perbungaan tersebut (suhu, cahaya, otonom, dan hormon giberellin).



Gambar 4.13 Mekanisme kerja faktor-faktor pemacu (*activator*) dan penghambat (*inhibitor*) dalam mengontrol perbungaan  
[Sumber: modifikasi dari Bowman 2010: 24.]

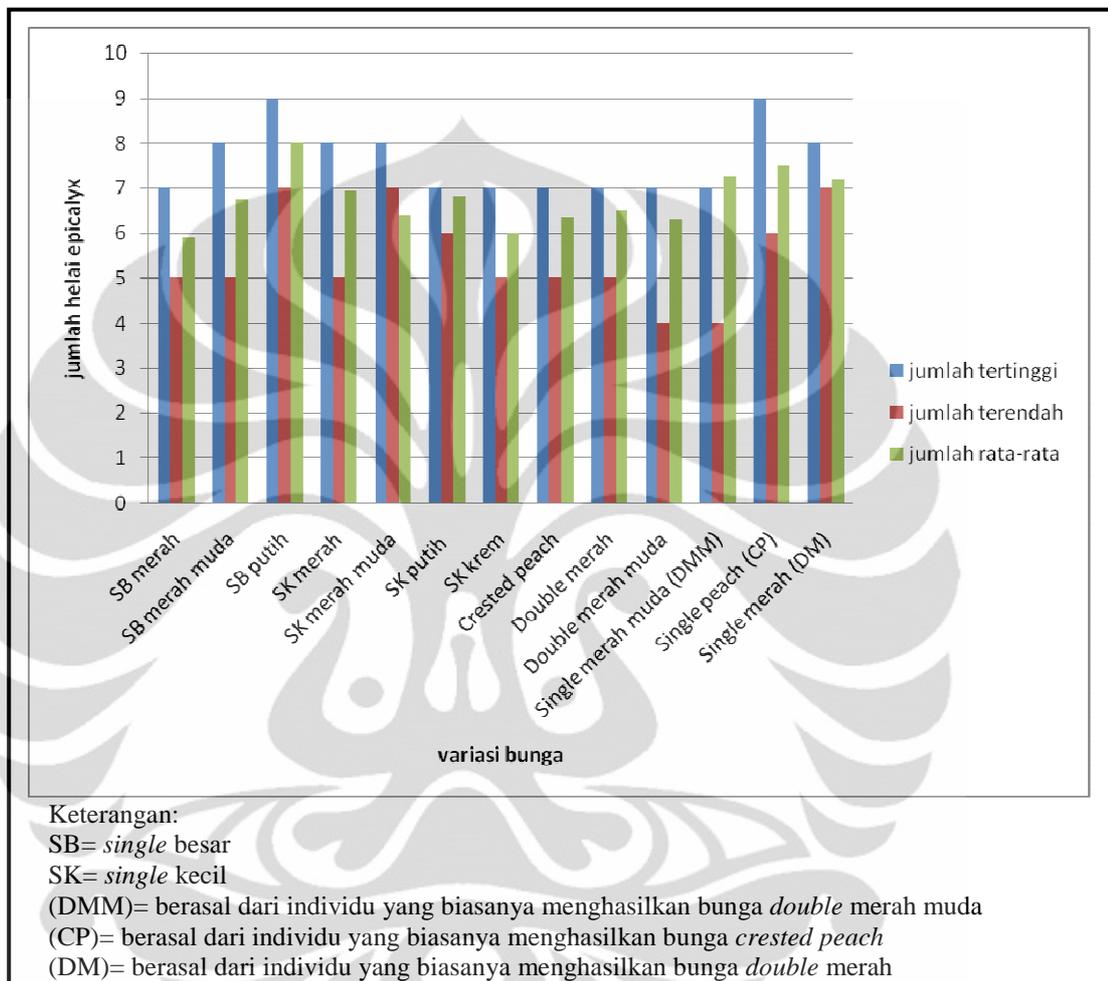
Menurut Bowman (2010: 17), hormon Giberellin akan berikatan dengan gen *LEAFY* (LFY), yang merupakan gen pemacu perbungaan. Gen *LEAFY* merupakan salah satu *floral meristem identity genes*, yaitu kelompok gen yang berperan penting dalam transisi meristem vegetatif menjadi meristem perbungaan. Gen-gen lain yang termasuk *floral meristem identity genes* adalah *APETALA 1* dan *CAULIFLOWER*. Guo (2010: 7) menjelaskan bahwa gen *LEAFY* berperan dalam pembentukan protein *LEAFY*. Protein *LEAFY* merupakan faktor transkripsi yang akan mengaktivasi *floral organ identity genes* (gen-gen homeotik), seperti kelas gen A, B, C, D, dan E. *Floral organ identity genes* merupakan gen-gen yang mengatur perkembangan (diferensiasi) meristem perbungaan menjadi meristem bagian-bagian bunga (*calyx*, *corolla*, *stamen*, dan *pistillum*). Penurunan konsentrasi hormon giberellin akan mengakibatkan proses perbungaan menjadi terhambat, dan waktu perbungaan menjadi tertunda (Bowman 2010: 17).

#### 4.3.3 *Epicalyx* (kelopak bunga tambahan)

Daun kelopak tambahan (*epicalyx*) pada bunga *H. rosa-sinensis* berjumlah 5--9. Jumlah tersebut berbeda-beda untuk setiap variasi bunga yang dihasilkan. Bunga *single* besar putih memiliki *epicalyx* dengan jumlah tertinggi dibandingkan variasi bunga yang lainnya. Bunga *single* besar putih memiliki *epicalyx* dengan jumlah 6--9 helai, dan rata-rata jumlah *epicalyx* adalah 8 helai. Bunga *single* besar merah memiliki rata-rata jumlah *epicalyx* yang paling sedikit dibandingkan variasi bunga yang lainnya. Bunga *single* besar merah memiliki *epicalyx* 5--7 helai, dan jumlah rata-rata *epicalyx* untuk setiap bunga adalah 6 helai. Diagram batang yang menggambarkan jumlah *epicalyx* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* dapat dilihat pada Gambar 4.14.

Berdasarkan hasil pengamatan, *epicalyx* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* memiliki bentuk yang seragam, yaitu bentuk lanset garis atau *triangular lanceolate*. *Epicalyx H. rosa-sinensis* umumnya memiliki ukuran yang lebih pendek dari ukuran *calyx* (kelopak bunga), dan berwarna hijau. Helai *epicalyx* satu dengan lainnya terpisah sempurna (Gambar 4.15). Hasil yang diperoleh dalam penelitian sesuai dengan literatur. Van Steenis *dkk.* (2006: 281)

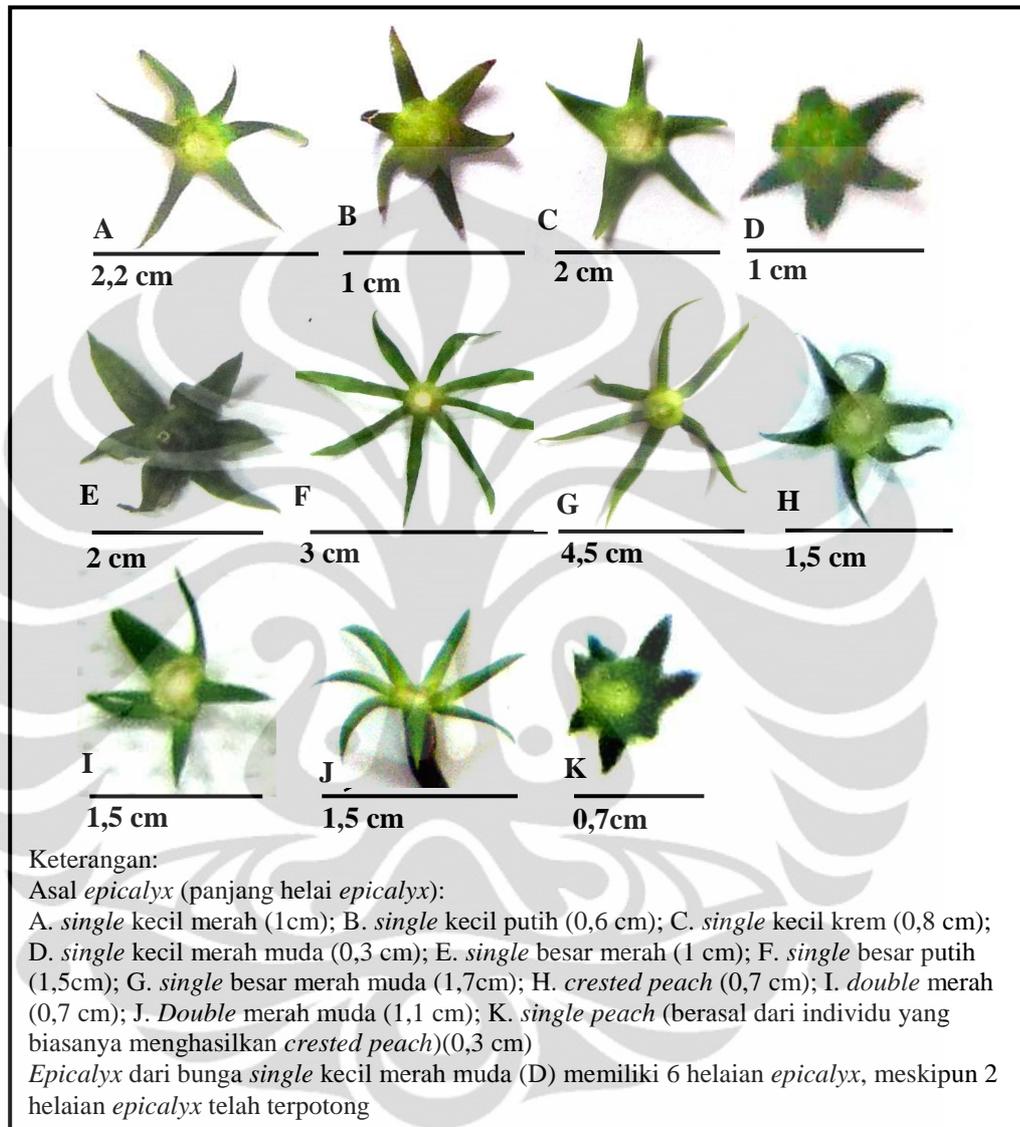
menyebutkan bahwa *H. rosa-sinensis* memiliki *epicalyx* sebanyak 6--9 helai, berbentuk lanset, dan selalu lebih pendek dari ukuran *calyx*. Panjang setiap helaian *epicalyx* umumnya 1,75--2,5 cm.



Gambar 4.14 Diagram batang jumlah helaian *epicalyx* dari seluruh variasi bunga *H.rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

Meskipun demikian, panjang helaian *epicalyx* yang disebutkan dalam literatur tersebut sedikit berbeda dengan data diperoleh saat pengukuran. Berdasarkan hasil pengukuran, panjang setiap helai *epicalyx* dari seluruh variasi bunga berkisar 0,3 cm--1,7 cm. Hal tersebut menunjukkan adanya variasi ukuran bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok dengan literatur Van Steenis *dkk.* (2006). Ukuran helaian *epicalyx* terpendek (0,3 cm) dimiliki oleh bunga *single peach* (berasal dari individu yang biasanya menghasilkan *crested peach*),

sedangkan helaian *epicalyx* terpanjang dimiliki oleh bunga *single* besar merah muda dengan panjang helai *epicalyx* 1,7 cm.

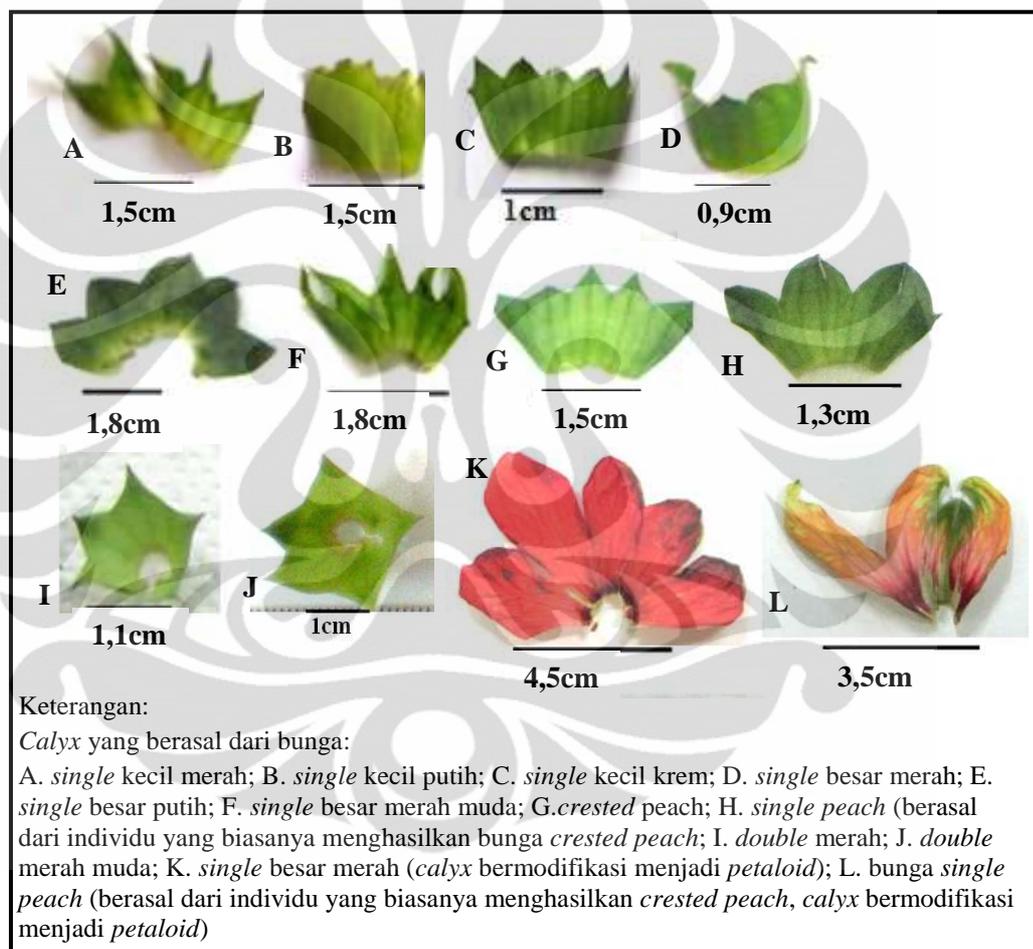


Gambar 4.15 Morfologi *epicalyx* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

#### 4.3.4 *Calyx* (kelopak bunga)

Pengamatan morfologi yang telah dilakukan memberikan hasil bahwa seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* memiliki *calyx* dengan jumlah helaian (*sepal*) yang seragam. Seluruh variasi bunga memiliki *sepal* berjumlah lima (Gambar 4.16). *Sepal* pada bunga *H. rosa-sinensis* saling berlekatan satu sama

lainnya, atau dikenal sebagai *calyx gamosepalus*. Torehan pada *calyx* dapat  $\frac{1}{3}$  hingga  $\frac{1}{2}$  tinggi *calyx*. *Calyx* bunga *H. rosa-sinensis* berbentuk tabung. Apabila dipisahkan, maka setiap *sepal* berbentuk persegi panjang, dengan bagian atas yang meruncing. Hasil yang diperoleh sesuai literatur. Van Steenis *dkk.* (2006: 281) menyebut struktur tersebut sebagai kelopak yang bercangap 5. Van Steenis *dkk.* (2006: 281) juga menambahkan bahwa *sepal* pada *H. rosa-sinensis* berbentuk tabung.



Gambar 4.16 Morfologi *calyx* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Berdasarkan Gambar 4.16, torehan pada *calyx* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* sangat beragam. *Sepal* dengan torehan mencapai  $\frac{1}{2}$  dari panjang *calyx* dimiliki oleh bunga *single* kecil merah (A), *single* besar putih (E), *single* besar merah muda (F), *double* merah (I), dan *double* merah muda (J).

Variasi bunga *H. rosa-sinensis* dengan torehan *calyx* mencapai 1/3 dari panjang *sepal* antara lain bunga *single* kecil putih (B), *single* kecil krem (C), *single* besar merah (D), *crested peach* (G), dan *single peach* (H). Umumnya, *calyx H. rosa-sinensis* berwarna hijau, berbeda dengan warna mahkota bunga (*corolla*) yang berwarna cerah (merah, kuning, *peach*, krem, putih, dan merah muda). Hal tersebut mengakibatkan *sepal* dan *petal* (helaian *corolla*) *H. rosa-sinensis* mudah dibedakan.

Meskipun demikian, berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada Maret 2010 hingga April 2011 menunjukkan beberapa fenomena unik pada bunga *H. rosa-sinensis*. *Calyx* yang biasanya berwarna hijau, ternyata juga dapat bermodifikasi menyerupai struktur *petal* (*petaloid*). Struktur yang demikian disebut *calyx petaloid*. Helaian *calyx petaloid* umumnya berukuran lebih besar (3,5--4,5 cm) dari *calyx* normal (0,9--1,8 cm). Fenomena perubahan *calyx* menjadi struktur *petaloid* ditemukan pada individu tanaman yang menghasilkan bunga *single* besar merah (Gambar 4.16K), dan bunga *single peach* (Gambar 4.16L).

Sama halnya seperti perubahan alat reproduksi (*stamen* dan *pistillum*) menjadi struktur *petaloid* pada bunga *double peach*. Perubahan *calyx* menjadi *petaloid* pada bunga *single* besar merah dan *single peach* juga termasuk fenomena homeosis di alam. Homeosis merupakan perubahan atau peralihan struktur bunga menjadi struktur lain yang secara normal tidak terbentuk, atau terbentuknya struktur pada posisi yang tidak semestinya. Homeosis mengakibatkan keabnormalan pada bunga, baik berupa perubahan seks bunga atau perubahan organ bunga yang terbentuk (Meyer 1966: 166--174). Perubahan seks bunga akibat homeosis telah diteliti pada *Philodendron grandifolium* dan *Philodendron megalophyllum*. Keduanya mengalami perubahan dari bunga uniseksual menjadi bunga biseksual (Barabe dan Lacroix 1999: 53). Menurut Meyer (1966: 166--173), homeosis mengakibatkan terbentuknya struktur baru pada bunga, seperti filodi (struktur menyerupai daun), brakteodi (struktur menyerupai daun pelindung), *sepalodi* (struktur menyerupai *calyx*), *petaloid* (struktur menyerupai *corolla*), staminodi (struktur menyerupai *stamen*), dan karpelodi (struktur seperti karpel). Pembentukan staminodi telah diteliti terjadi pada *Calla palustris*

(Lehman dan Sattler 1992: 1155) dan *Macleaya* (Craene 2009: 228), sedangkan pembentukan *petaloid* terjadi pada Rosaceae (Craene 2009: 228) dan *H. rosa-sinensis* (MacIntyre dan Lacroix 1996: 1880).

Pembentukan struktur yang menyerupai *petal* (*petaloid*) pada posisi yang secara normal seharusnya membentuk *sepal* diduga bukan disebabkan oleh kegagalan ekspresi gen-gen homeotik. Hal tersebut semakin diperkuat oleh konsep peran masing-masing kelas gen dalam pembentukan keempat bagian bunga. Menurut hasil pengamatan, seluruh variasi bunga memiliki bagian-bagian bunga (*calyx*, *corolla*, *stamen*, dan *pistillum*) yang terbentuk sempurna. Perkembangan keempat bagian bunga tersebut mengindikasikan seluruh kelas gen homeotik berhasil terekspresi. Walaupun demikian, dalam proses perkembangan selanjutnya, *calyx* mengalami gangguan dalam proses perkembangannya. *Calyx* berkembang dengan mensintesis pigmen lain (antosianin dan karoten) yang secara normal dalam perkembangan *calyx* seharusnya tidak terbentuk. *Calyx* juga memiliki ukuran yang lebih besar dari *calyx* normal.

Gangguan faktor lingkungan yang terjadi pada tahap bunga kuncup diduga menjadi pemacu (*trigger*) utama yang mengganggu proses perkembangan *calyx*. Gangguan hama (terutama fungi) diduga menyebabkan sintesis pigmen antosianin (pigmen warna merah) pada *calyx* bunga *single* besar merah, dan karoten (penyebab warna kuning) pada *calyx* bunga *single peach*.



Gambar 4.17 Kuncup bunga *crested peach* atau *single peach* yang terserang hama  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2009.]

Berdasarkan Larcher (2003: 367), pembentukan pigmen antosianin pada bunga merupakan salah satu mekanisme tumbuhan dalam menghadapi serangan fungi. Ukuran *calyx petaloid* yang lebih besar dari ukuran *calyx* normal juga menjadi mekanisme tumbuhan dalam membuat perlindungan yang lebih baik dari gangguan hama. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, memang individu yang menghasilkan bunga *crested peach*, dan individu tanaman yang menghasilkan bunga *single* besar merah merupakan tanaman yang seringkali terserang hama fungi. Gambar 4.17 menunjukkan kuncup bunga *single* atau *crested peach* yang terserang fungi.

Dugaan kedua penyebab dibentuknya pigmen antosianin dan karoten pada *calyx* adalah adanya paparan (radiasi) cahaya matahari yang berlebihan. Menurut Larcher (2003: 362), tumbuhan memiliki mekanisme khusus dalam mengatasi radiasi cahaya yang berlebihan. Mekanisme tersebut antara lain pembentukan trikoma pada permukaan daun, penebalan dinding epidermis, dan penebalan jaringan hipodermal (pada tumbuhan konifer dan kaktus). Bagian tumbuhan yang terkena radiasi cahaya paling banyak biasanya memiliki trikoma dengan jumlah yang banyak dan tersusun rapat. Pembentukan trikoma yang padat dan rapat, penebalan lapisan epidermis dan hipodermis merupakan mekanisme tumbuhan untuk mengurangi (meminimalisir) masuknya sinar ultraviolet (UV) ke dalam nukleus yang dapat mengakibatkan kerusakan dan gangguan pada proses transkripsi. Menurut Larcher (2003: 362), mekanisme lain tumbuhan dalam mengatasi radiasi sinar ultraviolet adalah dengan mensintesis pigmen antosianin pada bagian yang terkena radiasi cahaya berlebihan. Bila radiasi cahaya berlebihan terjadi secara terus menerus, maka tumbuhan akan mensintesis pigmen lain seperti karoten (penyebab warna kuning), dan lutein di kloroplas pada bagian tumbuhan yang terkena radiasi cahaya berlebihan.

#### 4.3.5 *Corolla (petal pentamerous)*

Bunga *H. rosa-sinensis* bentuk *single*, *crested*, dan *double* memiliki *corolla* yang terdiri atas lima *petal (petal pentamerous)*. *Petal* saling terpisah satu sama lain, disebut juga *corolla polypetalus*. Istilah *petal pentamerous* pada bunga

*crested* dan *double* digunakan untuk menyebut morfologi *petal* terluar. Bunga *crested* dan *double* memiliki *petal* terluar yang terbentuk pada lingkaran setelah lingkaran *sepal* (*calyx*). Bunga *crested* dan *double* juga memiliki sejumlah *petal* tambahan yang terbentuk pada posisi yang seharusnya membentuk lingkaran *stamen*. Struktur yang menyerupai *petal* tersebut dikenal sebagai *petal* tambahan.

*Corolla H. rosa-sinensis* memiliki simetri beraturan atau banyak, disebut *actinomorplus* (Tjitrosoepomo 2003: 149). *Petal* pada bunga *H. rosa-sinensis* memiliki bentuk bulat telur terbalik (*ovatus*), dengan tepian *petal* yang rata atau bergerigi. Berdasarkan hasil pengamatan, bunga *single* dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan ukuran *petalnya*. Bunga *single* besar memiliki ukuran *petal* dengan rata-rata panjang x lebar *petal* adalah 6,293 cm x 4,395 cm, sedangkan bunga *single* kecil memiliki ukuran *petal* dengan rata-rata panjang x lebar *petal* adalah 3,635 cm x 5,86 cm (Tabel 4.5). Bunga *single* besar yang ditemukan di Kampus UI, Depok terdiri atas beberapa variasi warna, yaitu merah, merah muda, dan putih. Variasi warna pada bunga *single* kecil antara lain merah, merah muda, putih, dan krem. Sama seperti bunga *H. rosa-sinensis* bentuk *single*, bunga *double* merah juga dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan ukuran *petal* yang dimilikinya. Bunga *double* dengan ukuran rata-rata *petal* (panjang x lebar *petal*) 5,43 cm x 4,3 cm dikelompokkan menjadi bunga *double* besar merah. Bunga *double* merah besar hanya ditemukan pada individu yang tumbuh di kebun rumah kaca FMIPA UI. Bunga *double* merah dengan ukuran *petal* rata-rata (panjang x lebar *petal*) 3,864 cm x 2,694 cm dikelompokkan sebagai bunga *double* kecil merah (Tabel 4.5).

Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.21, bunga *single* besar merah muda memiliki ukuran *petal* yang paling besar, dengan rata-rata panjang *petal* x lebar *petal* adalah 7,36 cm x 5,67 cm. Sebaliknya, bunga *crested peach* memiliki *petal* dengan ukuran yang paling kecil, dengan rata-rata panjang x lebar *petal* adalah 2,67 cm x 2,34 cm. Diagram batang yang menggambarkan ukuran *petal* seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* dapat dilihat pada Gambar 4.21.

Tabel 4.5 Ukuran rata-rata *petal* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

No	variasi bunga	x panjang <i>petal</i> (cm)	x lebar <i>petal</i> (cm)	Ukuran <i>petal</i> xp.xl (cm <sup>2</sup> )
1	<i>Single</i> besar merah	5,89	4,32	25,3152
2	<i>Single</i> besar merah muda	7,36	5,67	41,7312
3	<i>Single</i> besar putih	5,63	4,256	23,96128
4	<i>Single</i> kecil merah	6,59	4,2	27,678
5	<i>Single</i> kecil merah muda	5,94	3,07	18,2358
6	<i>Single</i> kecil putih	5,43	2,85	15,4755
7	<i>Single</i> kecil Krem	5,48	4,42	24,2216
8	<i>Crested peach</i>	2,67	2,34	6,2478
9	<i>Double</i> besar merah	5,45	5,3	28,885
10	<i>Double</i> kecil merah	3,864	2,694	10,4096
11	<i>Double</i> merah muda	5,27	4,33	22,8191
12	<i>Single</i> merah muda (DMM)	5,01	3,65	18,2865
13	<i>Single peach</i> (CP)	5,83	4,23	24,6029
14	<i>Single</i> merah (DKM)	3,864	2,694	10,4096
15	<i>Single</i> merah (DBM)	5,63	4,43	24,9409

Keterangan:

Ukuran *petal* diperoleh dengan mengalikan rata-rata panjang *petal* dengan rata-rata lebar *petal* (xp. xl)

■ = ukuran *petal* terbesar

■ = ukuran *petal* terkecil

(DMM)= bunga dihasilkan oleh individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga *double* merah muda

(CP) = bunga dihasilkan oleh individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga *crested peach*

(DKM) = bunga dihasilkan oleh individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* kecil merah muda

(DBM) = bunga dihasilkan oleh individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* besar merah

Bunga *single* kecil (putih, merah, merah muda, dan krem) memiliki bentuk *petal* yang seragam. Seluruh variasi bunga *single* kecil umumnya memiliki *petal* dengan tepian yang bergerigi (Gambar 4.18 A--D). Bunga *single* kecil memiliki *petal* dengan intensitas warna yang berbeda di bagian pangkal dan ujung *petal*. Bunga *single* kecil krem memiliki bagian ujung *petal* yang berwarna krem (kode warna FFCC66), dan pangkal berwarna putih (kode warna FFFF). *Petal* bunga *single* kecil merah berwarna merah dengan intensitas yang berbeda di ujung (kode warna FF0000) dan pangkalnya (DD0000). Bunga *single* kecil merah muda memiliki *petal* dengan degradasi warna merah muda (kode warna FF6699) di bagian pangkal, dan warna dengan kode FFCCFF di bagian ujungnya. Sedangkan bunga *single* kecil putih memiliki warna *petal* yang seragam dari pangkal hingga ujung *petal*, yaitu warna putih (kode warna FFFF).

Hal tersebut berbeda dengan warna *petal* pada bunga *single* besar.

Seluruh variasi bunga *single* besar memiliki *petal* dengan bagian pangkal

berwarna merah tua (kode warna 880000) (Gambar 4.18 E--G). Bagian tengah hingga ujung *petal* bunga *single* besar merah berwarna merah (dengan kode warna DD0000), sedangkan bunga *single* besar merah muda memiliki bagian tengah hingga ujung *petal* berwarna merah muda (kode warna FF3366). Bunga *single* besar putih memiliki *petal* dengan bagian tengah hingga ujung berwarna putih (kode warna FFFF). Kode warna dapat dilihat pada Lampiran 18 Berdasarkan hasil pengamatan, seluruh variasi bunga *single* besar *H. rosa-sinensis* memiliki *petal* dengan tepian yang rata.

Uniknya, bunga *crested* dan *double* merah ternyata memiliki karakteristik kombinasi *petal* bunga *single* besar dan *single* kecil. *Petal* pada bunga *crested peach* memiliki tepian yang bergerigi seperti *petal* pada bunga *single* kecil. Namun, *petal* pada bunga *crested peach* juga memiliki warna merah tua (kode warna 880000) di bagian pangkalnya, seperti karakteristik *petal* pada bunga *single* besar. Bunga *crested peach* memiliki *petal* dengan bagian tengah hingga ujung berwarna *peach* (kode warna FF9933).

*Petal* pada bunga *double* besar merah dan *double* kecil merah, ternyata memiliki morfologi yang berbeda. Bunga *double* besar merah memiliki *petal* dengan pangkal berwarna merah tua (kode warna 880000), dan tepian *petal* yang sedikit bergerigi. Karakteristik tersebut mirip dengan karakteristik *petal* pada bunga *single* besar merah (perbandingan Gambar 4.18 E dan 4.20 A).

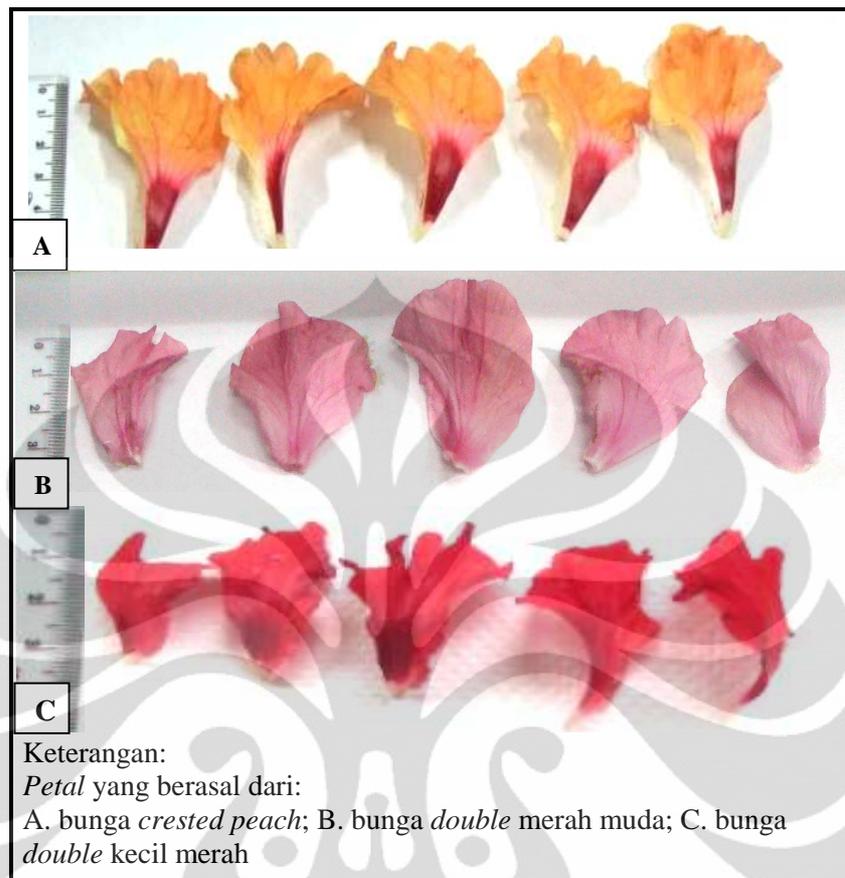
Bunga *double* kecil merah (Gambar 4.19 C) memiliki karakteristik *petal* yang mirip dengan bunga *single* kecil merah (Gambar 4.18 B). *Petal* bunga *double* merah kecil memiliki *petal* dengan tepian yang bergerigi, dan berwarna merah. Bunga *double* kecil merah *H. rosa-sinensis* dihasilkan oleh individu tanaman yang tumbuh di taman depan Gedung IX FIB, taman departemen Akuntansi FE, taman departemen Geografi FMIPA, taman rumah kaca FMIPA, dan taman di samping Musholla Izzatul Islam FMIPA.

Bunga *double* merah muda memiliki *petal* dengan karakteristik *petal* yang mirip dengan bunga *single* kecil merah muda dan bunga *single* besar. Pangkal dan ujung *petal* memiliki warna yang tidak jauh berbeda (merah muda dengan kode warna FF99FF dan FF6699) seperti bunga *single* kecil merah muda (Gambar 4.18 C dan 4.19 B). Meskipun demikian, *petal* memiliki tepian yang rata dan

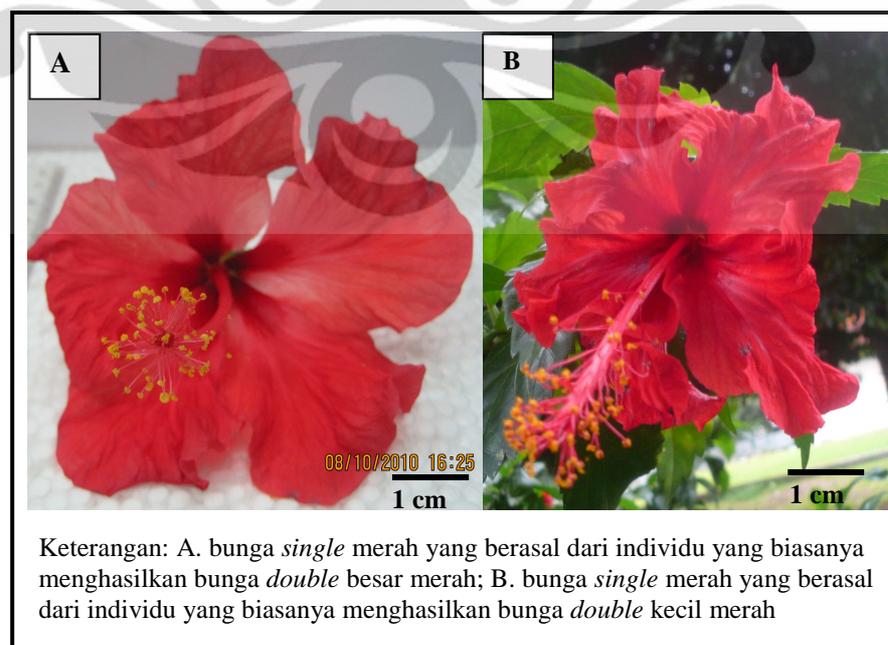
sama sekali tidak bertoreh. Karakteristik *petal* tersebut seperti yang dimiliki bunga *single* besar (Gambar 4.19 B dan 4.18E--G).



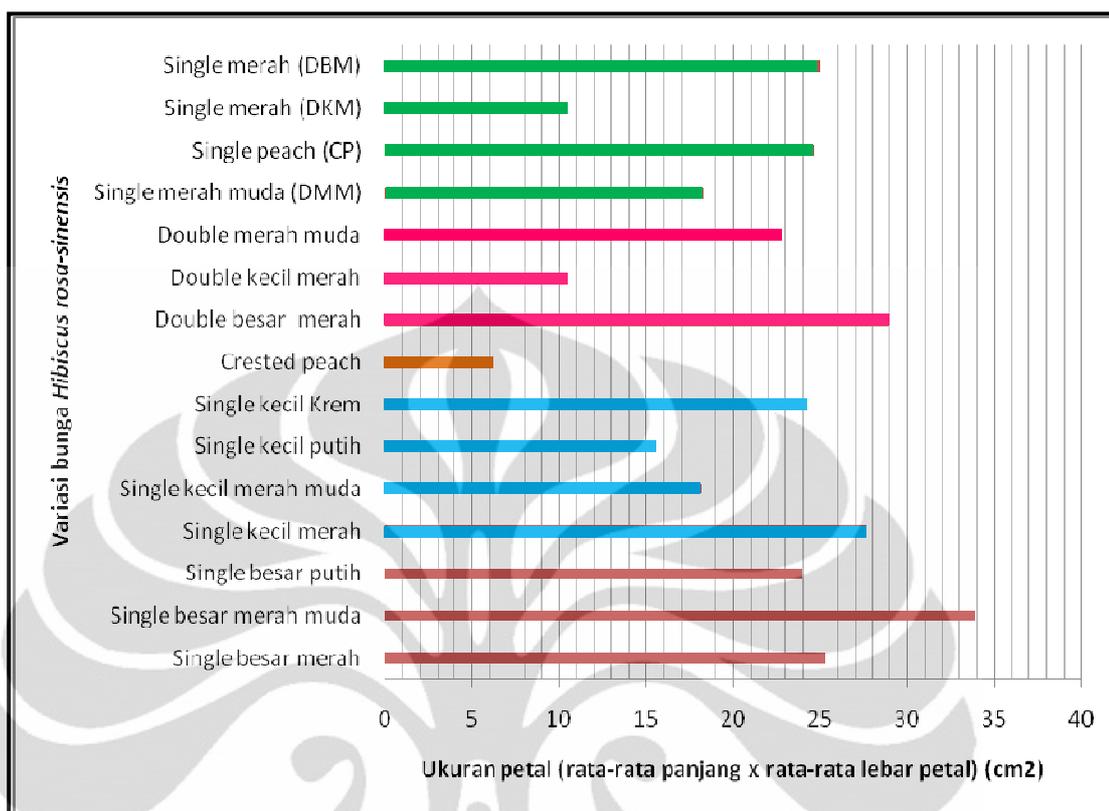
Gambar 4.18 Morfologi *petal* dari seluruh variasi bunga *single* *Hibiscus rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



Gambar 4.19 Morfologi *petal* dari bunga *crested* dan *double H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



Gambar 4.20 Perbandingan ukuran dan bentuk pada bunga *single* besar merah (A) dan bunga *single* kecil merah (B)  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



Gambar 4.21 Diagram batang ukuran rata-rata *petal* (panjang x lebar *petal*) dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

#### 4.3.6 *Petal* tambahan

MacIntyre dan Lacroix (1996: 1873) telah melakukan penelitian mengenai perbedaan pola perkembangan pada bunga *single* dan *double H. rosa-sinensis* di wilayah Kanada. Secara morfologi, bunga *single* ternyata berbeda dengan bunga *double*. Bunga *single H. rosa-sinensis* memiliki *corolla* dengan lima *petal* berlobus (*petal pentamerous*) yang saling terpisah (*corolla polypetalus*). Bunga *double H. rosa-sinensis* selain memiliki lingkaran *petal pentamerous*, juga memiliki sejumlah struktur yang menyerupai *petal*, yang terbentuk di luar lingkaran *corolla*. MacIntyre & Lacroix menyebutnya sebagai *petal* tambahan.

Menurut MacIntyre dan Lacroix (1996: 1873), *petal* tambahan terbentuk pada posisi asimetri mengelilingi aksis perbungaan. Struktur yang menyerupai *petal* tersebut dapat berupa struktur *petal* yang tereduksi, disebut *petaloid*. Sebutan lain untuk struktur yang demikian adalah *staminodium petaloid*, sebab

*petaloid* yang terbentuk merupakan hasil modifikasi dari *stamen*. Struktur lain adalah struktur dengan morfologi peralihan antara *stamen* dan *petal*, yang disebut struktur intermediet *stamen-petal*. Struktur intermediet *stamen-petal* terbentuk pada posisi yang semakin dekat dengan lingkaran *stamen*, sedangkan struktur *staminodium petaloid* terbentuk pada posisi yang semakin dekat dengan lingkaran *corolla*. Struktur intermediet *stamen-petal* memiliki bagian yang memipih dan berwarna seperti *petal*, namun memiliki *anther* (kepala sari) yang melekat. Struktur *petaloid* sama sekali tidak memiliki *anther* yang melekat, melainkan seluruh bagiannya merupakan bagian pipih berbentuk lembaran yang berwarna seperti warna *petal*. Umumnya, *staminodium petaloid* memiliki ukuran yang lebih kecil dari *petal pentamerous*, sehingga disebut juga sebagai *petal* tereduksi.

Pengamatan morfologi pada bunga *single*, *crested*, dan *double* sesuai dengan literatur MacIntyre dan Lacrix (1996: 1873). Bunga *H. rosa-sinensis* bentuk *single* (ukuran besar dan kecil) memiliki *petal* berjumlah lima (*petal pentamerous*), tanpa adanya *petal* tambahan. Bunga *double* memiliki sejumlah *petal* tambahan yang terbentuk pada posisi antara lingkaran *corolla* dan *stamen*. *Petal* tambahan yang ditemukan merupakan hasil modifikasi dari *staminial column*, *filament*, dan bagian atas *styllus*. *Petal* tambahan yang ditemukan dapat berupa struktur *staminodium petaloid* dan struktur intermediet *stamen petal*.

Struktur *petal* tambahan, baik *staminodium petaloid* dan struktur intermediet *stamen-petal*, ternyata tidak hanya dimiliki oleh bunga *H. rosa-sinensis* bentuk *double*. Bunga bentuk *crested* yang ditemukan di Kampus UI, Depok, juga memiliki sejumlah *petal* tambahan. Berdasarkan pengamatan, ukuran *staminodium petaloid* dan struktur intermediet *stamen petal* dari seluruh variasi bunga cukup bervariasi. *Staminodium petaloid* yang ditemukan dapat memiliki panjang hanya 0,5--1 cm hingga memiliki ukuran yang hampir sama dengan *petal pentamerous*. Sketsa *petal* tambahan pada bunga *crested peach*, *double* merah, dan *double* merah muda dapat dilihat pada Gambar 4.26.

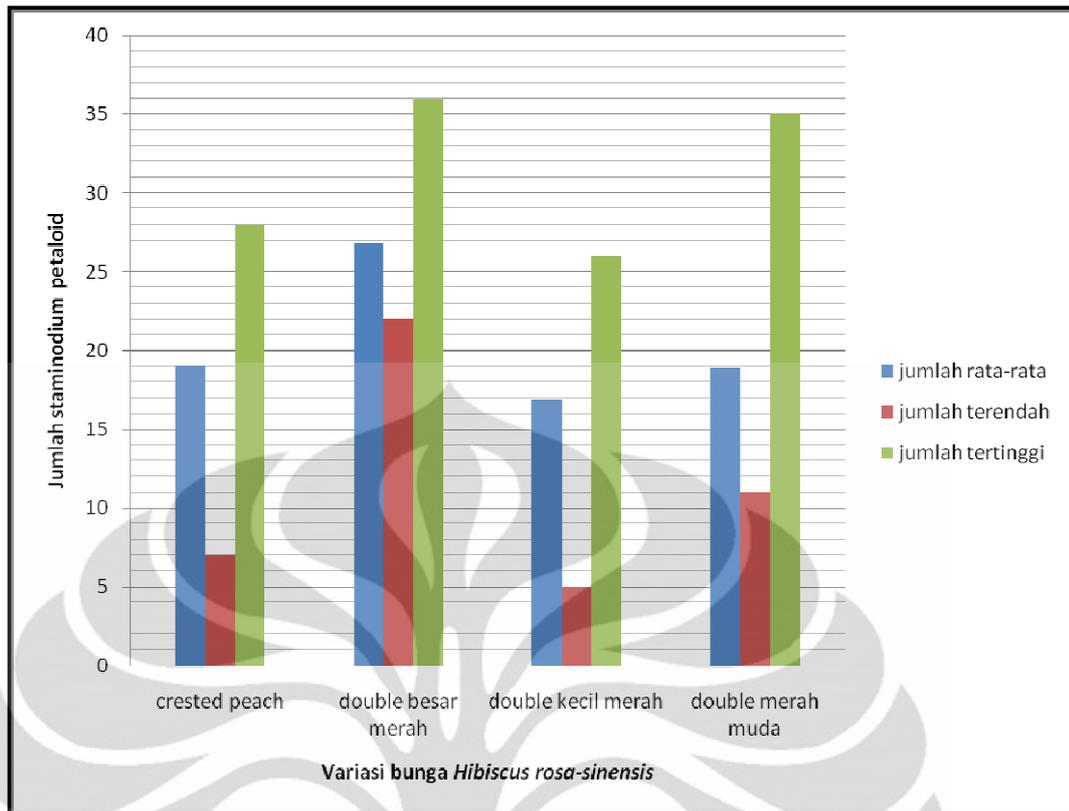
Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh hasil bahwa bunga *crested peach* memiliki *petal* tambahan (*staminodium petaloid* dan struktur intermediet *stamen petal*) dengan jumlah yang lebih banyak dibandingkan bunga *double*. Bunga *crested peach* memiliki *staminodium petaloid* dengan jumlah 7--28 ( $x = 19,01$ ),

jumlah struktur intermediet *stamen petal* 1--21 ( $x=9,2$ ). Bunga *double* memiliki jumlah *staminodium petaloid* 5--36 ( $x=18,6$ ), sedangkan jumlah struktur intermediet *stamen-petal* adalah 0--14 ( $x=5,32$ ) (Tabel 4.6).

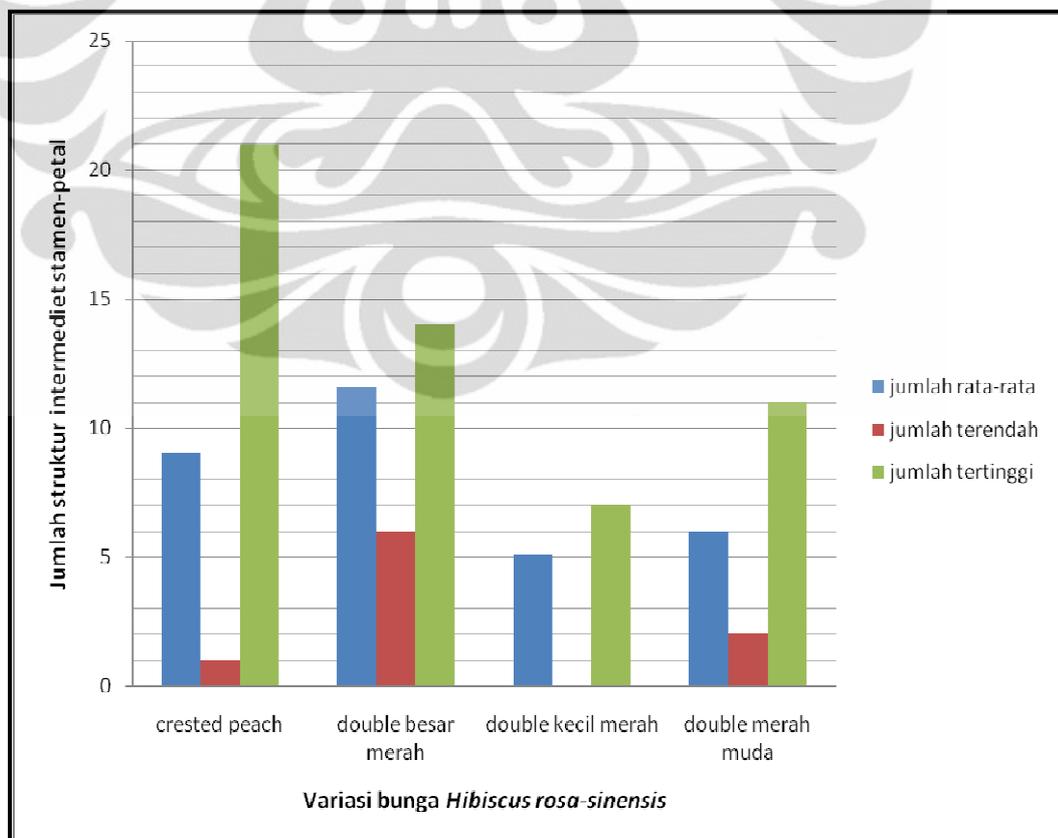
Diagram batang perbandingan jumlah *petal* tambahan pada bunga *crested peach*, *double* merah, dan *double* merah muda dapat dilihat pada Gambar 4.22 dan 4.23. Morfologi *petal pentamerous*, struktur *staminodium petaloid*, dan struktur intermediet (*stamen-petal*) pada bunga *crested peach*, *double* merah, *double* merah muda, dan *double peach* dapat dilihat pada Gambar 4.24, 4.25 dan 4.26. Sketsa *staminodium petaloid* pada ketiga bentuk bunga dapat dilihat pada Gambar 4.27.

Tabel 4.6 Jumlah *petal* tambahan pada bunga *crested* dan *double H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

No	Variasi bunga	$\Sigma$ <i>staminodium petaloid</i>			$\Sigma$ struktur intermediet <i>stamen-petal</i>		
		X	$\Sigma$ min	$\Sigma$ maks	X	$\Sigma$ min	$\Sigma$ maks
1	<i>Crested peach</i> (1)	18,4	8	27	10,4	3	19
2	<i>Crested peach</i> (2)	22,4	19	28	7	1	7
3	<i>Crested peach</i> (3)	16,25	7	21	10,2	3	21
	<i>Crested peach</i>	19,01	$\Sigma$ min=7	$\Sigma$ maks=28	X=9,2	$\Sigma$ min=1	$\Sigma$ maks=21
4	<i>double</i> besar merah	26,8	22	36	11,6	6	14
5	<i>double</i> kecil merah (1)	11,4	5	19	2,3	0	5
6	<i>double</i> kecil merah (2)	17	9	23	3,8	1	6
7	<i>double</i> kecil merah (3)	18,4	15	23	4,5	0	7
8	<i>double</i> kecil merah (4)	20,2	15	26	4	2	6
9	<i>double</i> kecil merah (5)	17,4	10	24	4,4	2	7
10	<i>double</i> merah muda (1)	14,8	11	19	4,6	2	9
11	<i>double</i> merah muda (2)	23	18	35	7,4	4	11
	<i>Double</i>	18,6	$\Sigma$ min=5	$\Sigma$ maks=36	X=5,32	$\Sigma$ min=0	$\Sigma$ maks=14



Gambar 4.22 Diagram batang perbandingan jumlah staminodium petaloid pada bunga *crested peach*, *double merah*, dan *double merah muda* *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok



Gambar 4.23 Diagram batang perbandingan jumlah struktur intermediet stamen petal pada bunga *H. rosa-sinensis* *crested peach*, *double merah*, dan *double merah muda* di Kampus UI, Depok

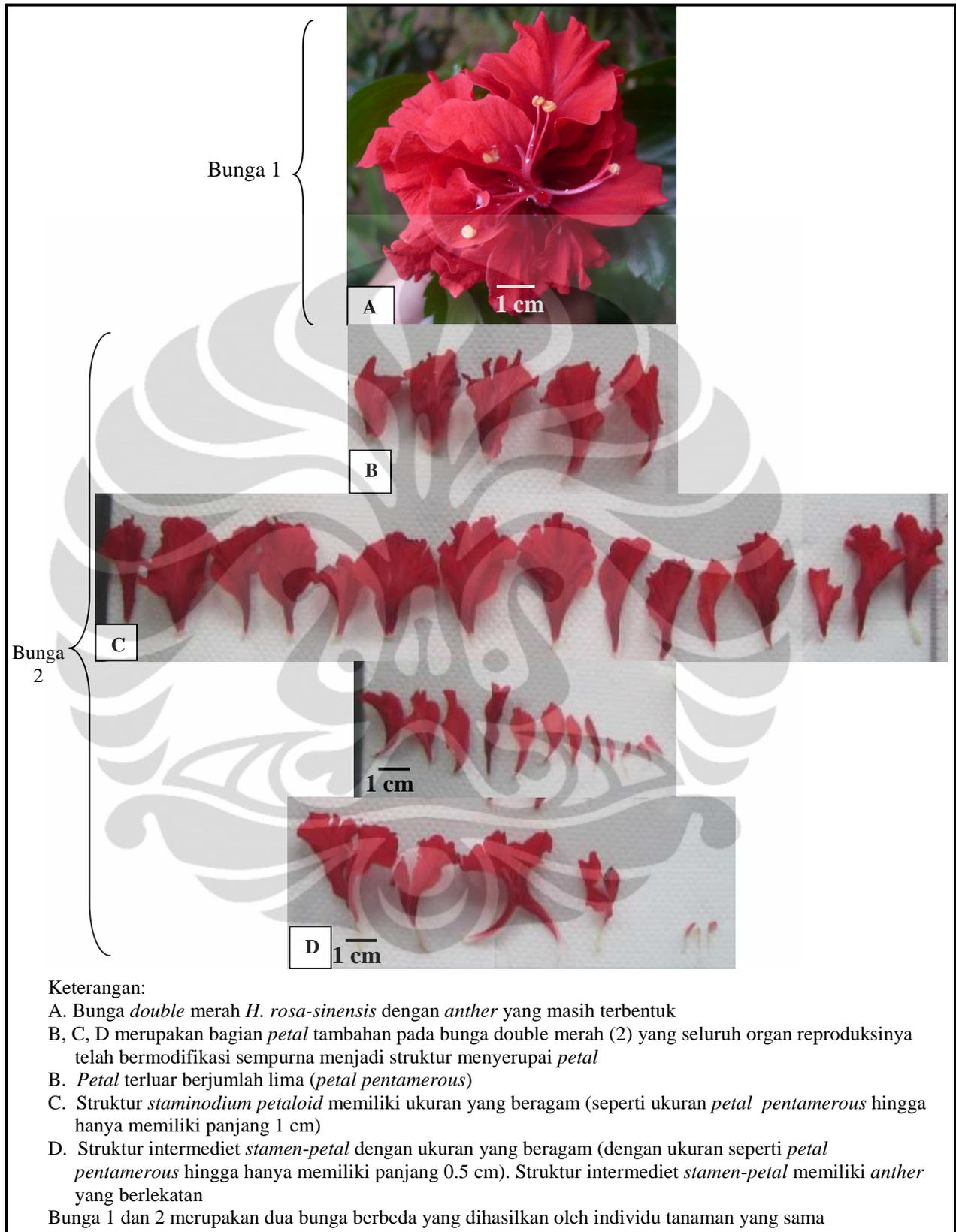
Fenomena perubahan suatu struktur menjadi struktur lain (homeosis) tidak hanya terjadi pada *stamen*. Pengamatan pada 22 Maret 2011 menunjukkan fenomena perubahan (modifikasi) *pistillum* menjadi struktur yang menyerupai *sepal* (*sepalodi*) pada bunga *double peach*. Bunga *double peach* hanya dihasilkan sekali dalam kurun waktu 6 bulan (Oktober 2010--Maret 2011). Hal tersebut mengindikasikan, bahwa bunga *double peach* merupakan variasi bentuk bunga yang jarang dihasilkan oleh individu tanaman. Bunga *double peach* dihasilkan oleh individu yang biasanya menghasilkan bunga *crested peach*.



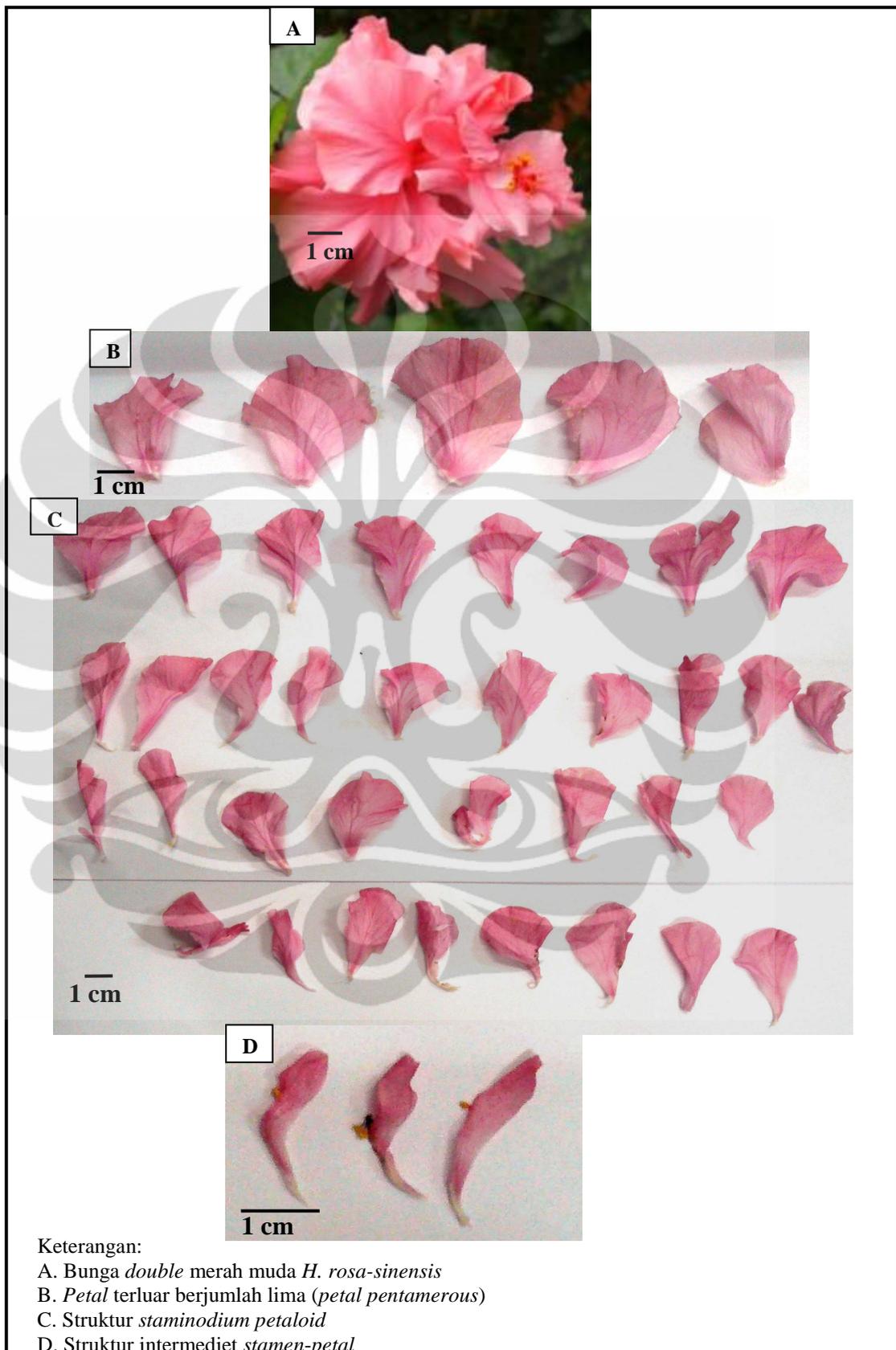
Keterangan:

- A. Bunga *H. rosa-sinensis* bentuk *crested*
- B. Petal terluar berjumlah 5 (*petal pentamerous*)
- C. Struktur *staminodium petaloid*
- D. Struktur intermediet *stamen-petal*, masih memiliki *anther* yang berlekatan pada *petaloid*

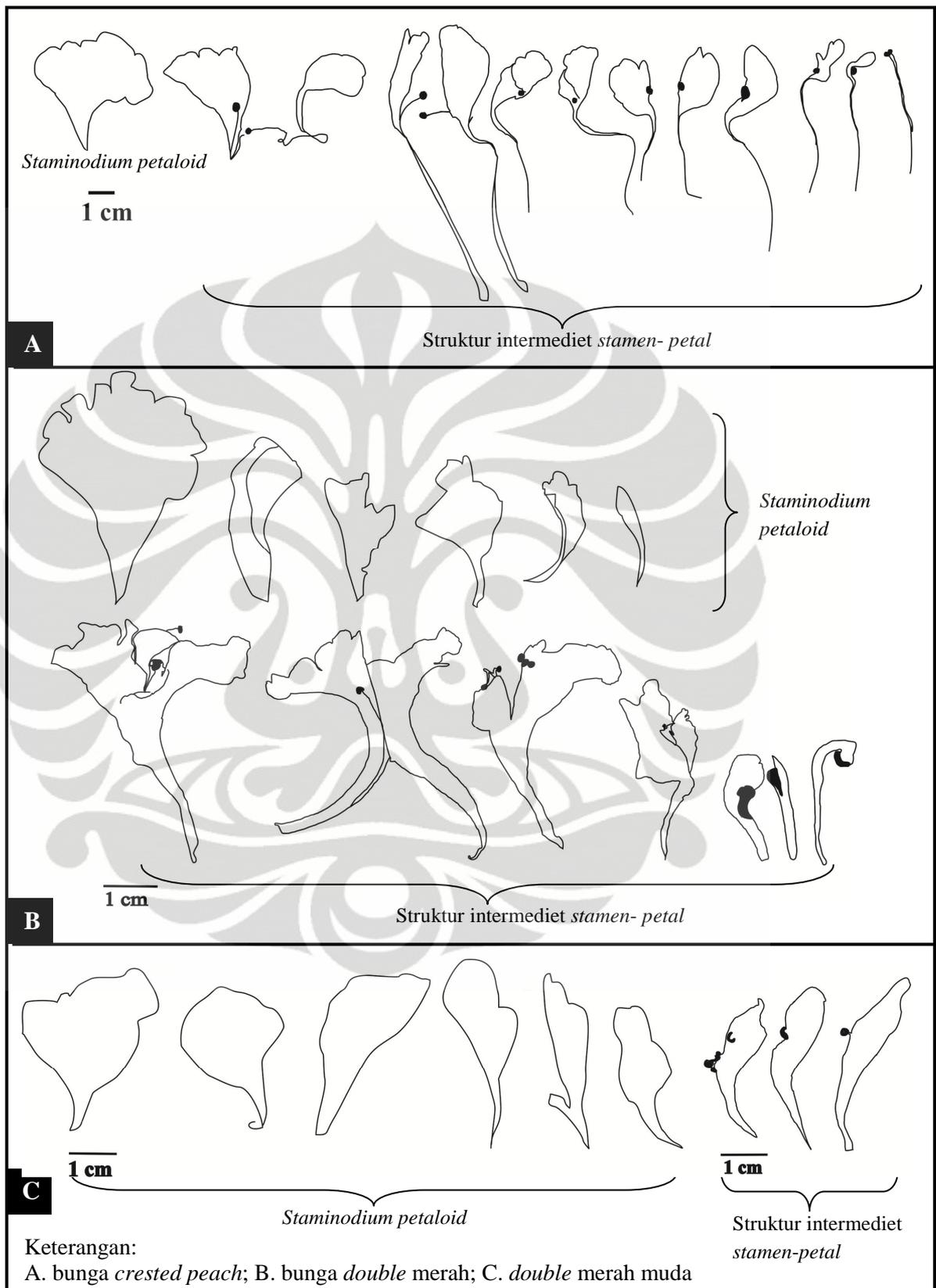
Gambar 4.24 *Petal pentamerous*, struktur *staminodium petaloid*, dan struktur intermediet *stamen-petal* pada bunga *crested H. rosa-sinensis* [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



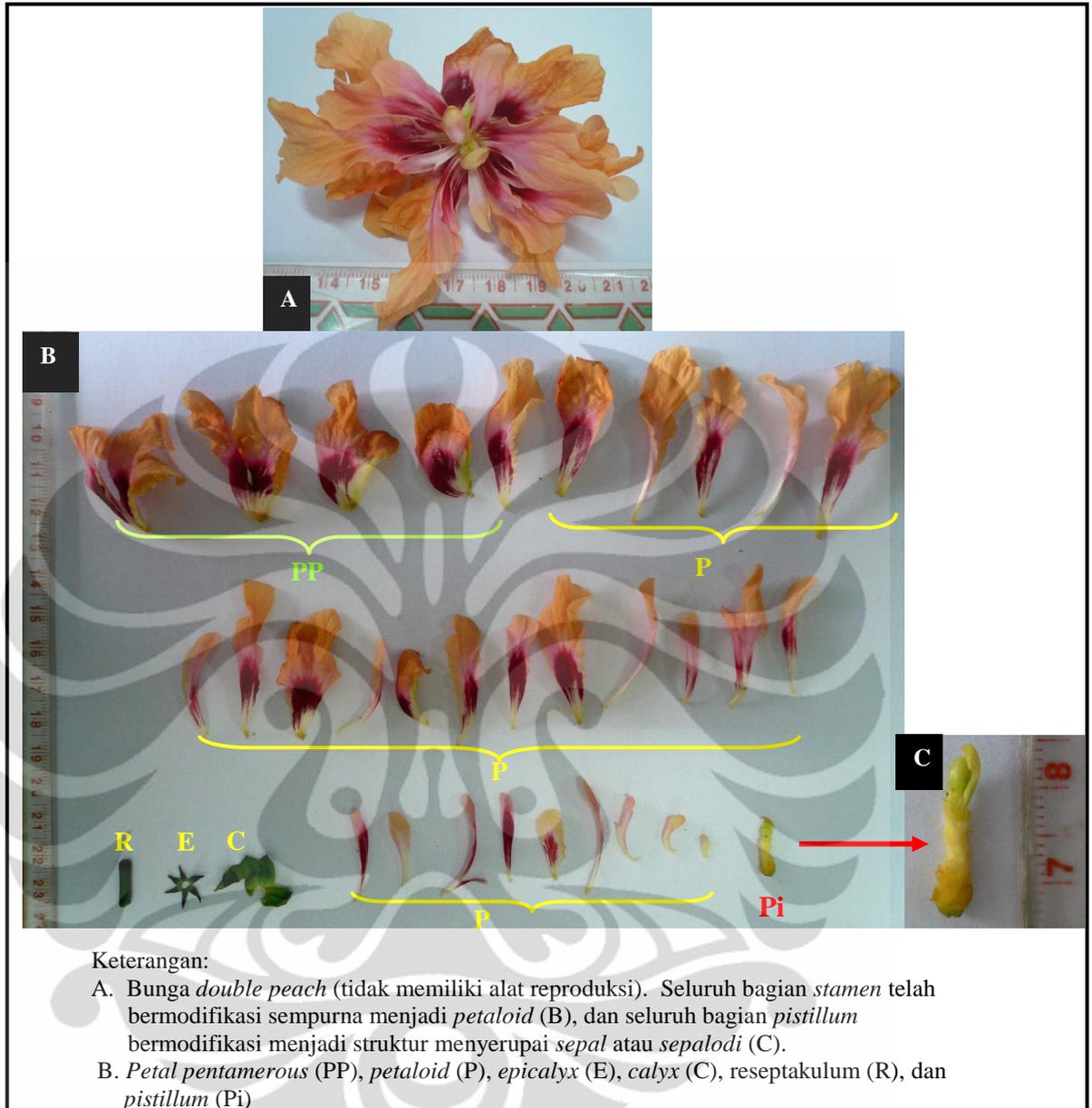
Gambar 4.25 *Petal pentamerous*, struktur *staminodium petaloid*, dan struktur intermediet *stamen-petal* pada bunga *double* merah *H. rosa-sinensis* [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



Gambar 4.26 *Petal pentamerous*, struktur *staminodium petaloid*, dan struktur intermediet *stamen-petal* pada bunga *double* merah muda *H. rosa-sinensis* [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



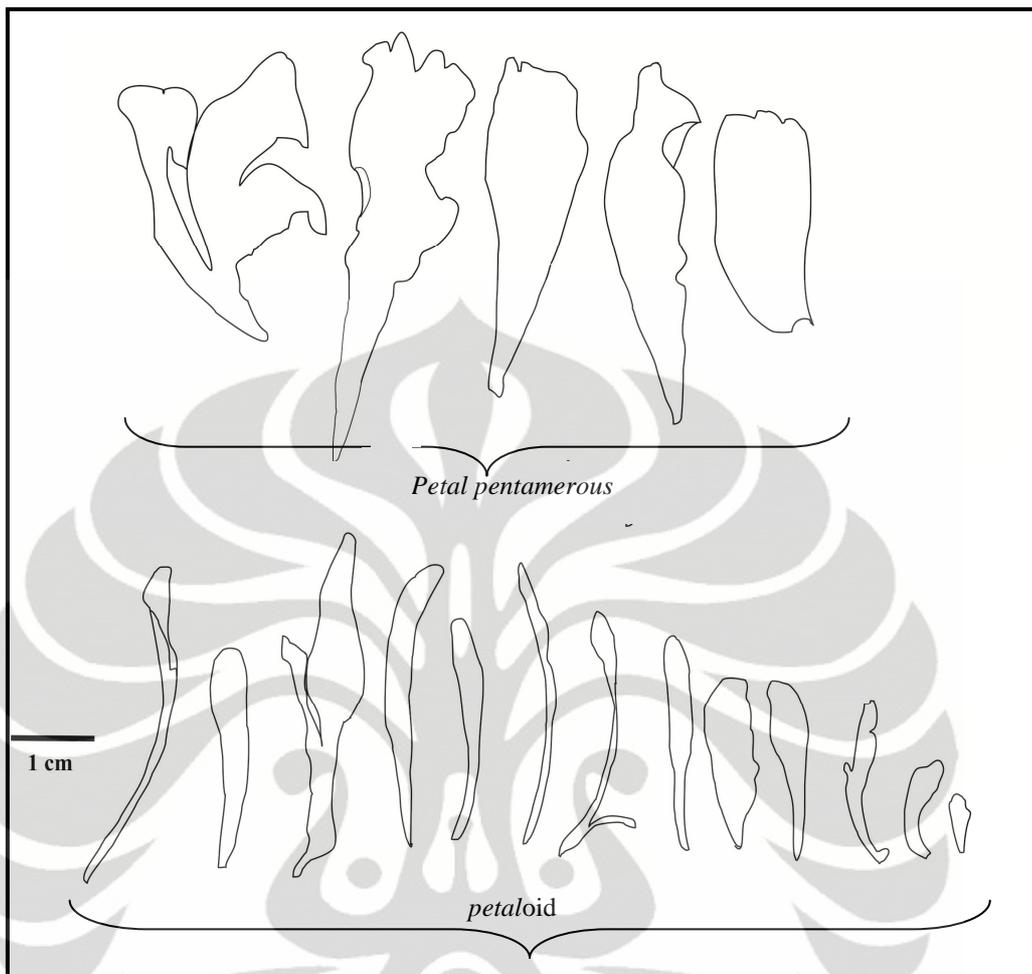
Gambar 4.27 Sketsa *staminodium petaloid* dan struktur intermediet *stamen-petal* pada bunga *crested peach*, *double merah*, dan *double merah muda*.  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



Gambar 4.28 Seluruh bagian bunga *double peach* *H. rosa-sinensis* (*stamen* dan *pistillum* gagal terbentuk)

[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Gambar 4.28 menunjukkan perubahan (modifikasi) secara sempurna seluruh organ reproduksi, baik *stamen* maupun *pistillum* menjadi struktur yang menyerupai *petal* (*petaloid*), dan menyerupai *sepal* (*sepalodi*). Modifikasi tersebut mengakibatkan bunga *double peach* tidak lagi memiliki alat reproduksi, dan bersifat steril. Struktur *petaloid* yang terbentuk pada bunga *double peach* lebih kecil (2,5--3 cm) dari ukuran *petal pentamerous* (4--5 cm). Hasil sketsa seluruh *petal* dari bunga *double peach* dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Sketsa struktur *petaloid* pada bunga *double peach*  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Perubahan (modifikasi) pada alat kelamin bunga, baik *stamen* maupun *pistillum* menjadi struktur baru yang menyerupai *petal* (*petaloid*) atau menyerupai *sepal* (*sepalodi*), maupun modifikasi parsial membentuk struktur intermediet *stamen-petal*, merupakan fenomena homeosis di alam. Perubahan *stamen* menjadi struktur *petaloid* ternyata tidak hanya terjadi pada *H. rosa-sinensis*. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, menunjukkan bahwa fenomena tersebut juga terjadi pada famili Zingiberaceae, Costaceae, Cannaceae, dan Marantaceae. Kelompok tanaman pada famili Zingiberaceae memiliki struktur menyerupai lidah (lip), dan sekelompok *stamen* yang bermodifikasi menjadi staminodes. Tanaman pada famili Costaceae juga memiliki *stamen* yang sebagian besar bermodifikasi menjadi *petaloid*, sehingga Costaceae hanya memiliki satu

*stamen* fertil yang berlekatan pada *petaloid*. Tanaman yang termasuk famili Cannaceae dan Marantaceae hanya memiliki satu *stamen* fertil, dan tiga hingga empat *stamen* yang berubah menjadi struktur staminodes (Kirchoff 1991: 835--836).

Fenomena perubahan *stamen* pada beberapa famili tumbuhan Angiosperma semakin memperkuat dugaan bahwa fenomena homeosis merupakan salah satu mekanisme evolusi pada tumbuhan Angiosperma. Corner (1958) dalam (Craene 2009: 226) menjelaskan bahwa homeosis merupakan salah satu mekanisme adaptasi tumbuhan Angiospermae dalam menghadapi perubahan lingkungan (ekologi). Perubahan kondisi lingkungan yang tidak sesuai dengan kondisi optimal bagi perkembangan dan pertumbuhan, akan mengakibatkan tumbuhan mengubah strategi pertahanan diri, agar tetap bertahan hidup. Salah satu strategi pertahanan diri adalah melalui mekanisme homeosis. Homeosis disebabkan oleh tidak terekspresinya satu atau beberapa gen homeotik.

Mutasi pada gen-gen yang termasuk kelas gen C diduga kuat sebagai penyebab utama perubahan (modifikasi) *stamen* menjadi *petal*, baik perubahan secara total membentuk *petaloid*, atau perubahan parsial membentuk struktur intermediet *stamen-petal*. Bowman (1991: 27) memberikan model peran kelas gen C dalam pembentukan alat kelamin bunga (*stamen* dan *pistillum*), dan dampaknya apabila terjadi mutasi pada gen tersebut (Gambar 4.30). Menurut Bowman (1991: 27), pembentukan *stamen* merupakan hasil ekspresi bersama kelas gen B dan C. Mutasi yang terjadi pada gen-gen yang termasuk kelas gen C mengakibatkan ekspresi yang berlebihan pada kelas gen A.

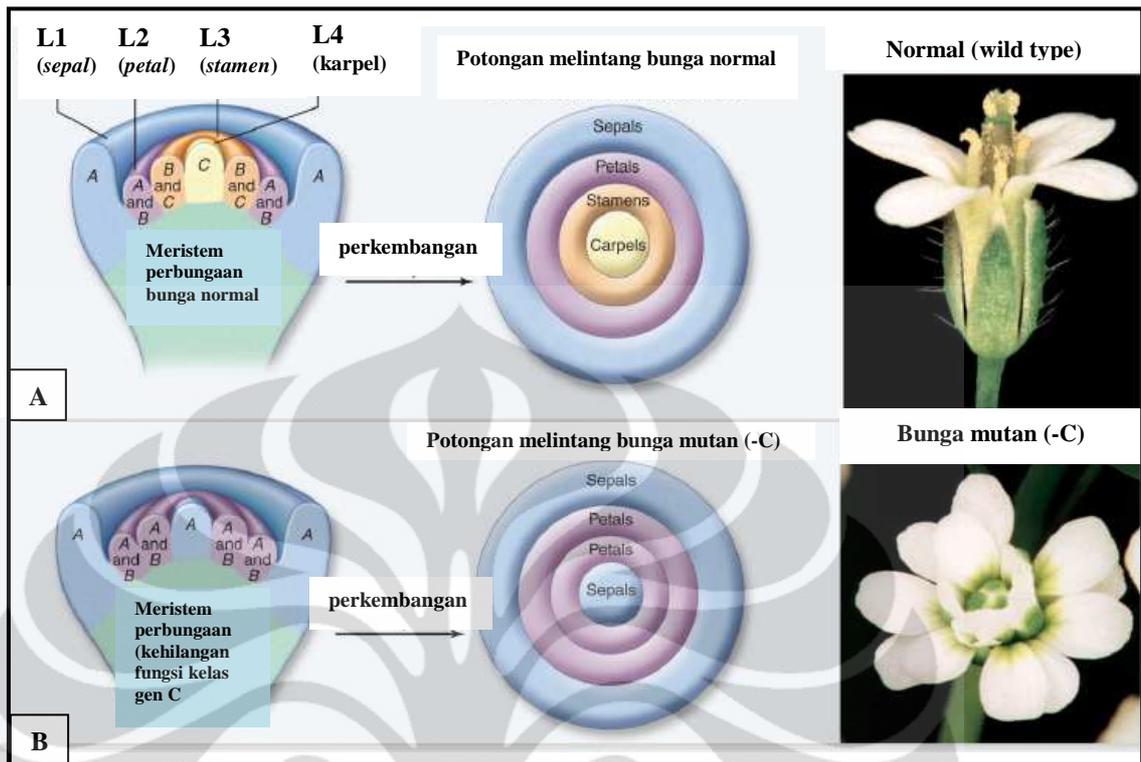
Kelas gen A yang secara normal hanya terekspresi pada lingkaran pertama dan kedua bunga (Gambar 4.30A) menjadi terekspresi di keempat lingkaran bunga (Gambar 4.30B). Akibatnya, *stamen* gagal terbentuk dan digantikan sempurna oleh struktur menyerupai *petal* (*petaloid*). Perkembangan struktur intermediet *stamen-petal* berbeda dengan *petaloid*. Menurut literatur, pembentukan struktur intermediet *stamen-petal* disebabkan oleh ekspresi yang berlebihan kelas gen A, dalam kondisi kelas gen C berhasil terekspresi (Innes *dkk.* 1989: 1071). Oleh karena itu, ekspresi kelas gen C dipengaruhi oleh ekspresi kelas gen A yang berlebihan. Akibatnya, terbentuk struktur *stamen* dengan

*filament* yang memipih dan berwarna seperti *petal*, namun masih memiliki *anther*. Struktur yang demikian disebut juga struktur intermediet *stamen-petal*.

Hal tersebut semakin didukung oleh hasil penelitian yang diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur intermediet *stamen-petal* terbentuk pada posisi di antara posisi lingkaran *corolla* dan *stamen*, lebih dekat dengan posisi lingkaran *stamen*, sedangkan struktur *petaloid* terbentuk pada posisi yang semakin dekat dengan lingkaran *corolla*. Fenomena tersebut tidak hanya terjadi pada bunga *H. rosa-sinensis* bentuk *double* dan *crested*. Ekspresi berlebihan kelas gen A pada posisi yang secara normal hanya mengekspresikan kelas gen C juga ditemukan pada bunga *double Potentilla fruticosa* (Innes dkk. 1989: 1071). Dampak lain dari ekspresi berlebihan kelas gen A terhadap C adalah *pistillum* tetap berhasil terbentuk, meskipun terkadang ditemukan berukuran lebih pendek dari ukuran normal.

Berbeda dengan Innes dkk. (1989: 1071), Irish (2009: 2520) berpendapat bahwa pembentukan struktur intermediet *stamen-petal* disebabkan oleh tidak terekspresinya sebagian gen ortolog *AGAMOUS*. Bila mutasi hanya terjadi pada salah satu gen ortolog *AGAMOUS*, maka akan berdampak pada perubahan bagian bunga secara parsial, yaitu pembentukan struktur intermediet *stamen-petal*. Namun, bila mutasi terjadi pada seluruh gen ortolog *AGAMOUS*, akan berakibat pada perubahan total bagian bunga menjadi bagian lain, seperti perubahan *stamen* menjadi *petaloid*.

Fenomena lain yang ditemukan adalah tidak terbentuknya alat reproduksi (*stamen* dan *pistillum*) pada bunga *double peach*. Fenomena tersebut diduga disebabkan oleh mutasi kelas gen C. Menurut teori, mutasi pada kelas gen C mengakibatkan kegagalan ekspresi kelas gen C, yang berakibat pada kegagalan perkembangan *pistillum*. Ovarium tereduksi, sama sekali tidak terbentuk, dan mengalami modifikasi menjadi struktur yang menyerupai *sepal* (*sepalodi*). Bunga *double peach* memiliki *stamen* yang seluruhnya bermodifikasi menjadi *petaloid*, *stamen* tereduksi sempurna ( $\sum \text{stamen}=0$ ), dan struktur *pistillum* bermodifikasi secara sempurna menjadi *sepalodi*.



Gambar 4.30 Peran gen-gen homeotik dalam perkembangan bunga, dan dampaknya bila kelas gen C gagal terekspresi  
[Sumber: modifikasi dari Bowman 1991: 27.]

Konsep peran gen-gen homeotik menjelaskan bahwa kelas gen A dan C bekerja sendiri-sendiri. Kelas gen A memengaruhi ekspresi pembentukan *sepal*, dan *petal*, sedangkan ekspresi kelas gen C akan memengaruhi perkembangan *stamen* dan *pistillum* (Adam 2004: 16). Meskipun demikian, kelas gen A dan C memiliki mekanisme kerja yang saling menekan satu sama lain. Mutasi pada kelas gen A mengakibatkan ekspresi yang berlebihan kelas gen C, begitupun sebaliknya. Ekspresi kelas gen A dan C juga dapat saling memengaruhi. Ekspresi kelas gen A dapat ditemukan pada posisi yang seharusnya hanya mengekspresikan kelas gen C, dan ekspresi kelas gen C juga dapat terjadi pada posisi yang seharusnya hanya mengekspresikan kelas gen A.

Tumbuhan yang termasuk ke dalam genus *Alchemilla*, juga memiliki *stamen* yang berkembang pada posisi yang sama dengan posisi pembentukan *petal* (Craene 2009: 228). Craene berpendapat bahwa *petal* dan *stamen* merupakan dua struktur yang homolog, meskipun ekspresi keduanya berbeda. Hal tersebut juga diperkuat oleh pendapat Sattler (1973) dan Ronse Decraene (1988). Sattler 1973

dan Ronse Decraene 1988 (dalam MacIntyre dan Lacroix 1996: 1872) menjelaskan bahwa *stamen* dan *petal H. rosa-sinensis* memiliki pola perkembangan yang sama. *Petal* dan *stamen* terbentuk pada posisi dan waktu pembentukan yang sama pada meristem cincin. Pola perkembangan tersebut juga terjadi pada tumbuhan yang termasuk family Rosaceae.

#### 4.3.7 *Stamen*

*Stamen* merupakan alat kelamin jantan pada tumbuhan Angiosperma, yang terdiri atas kepala sari (*anther*) dan tangkai sari (*filament*). *Stamen* terdapat pada lingkaran ketiga bunga, yaitu pada posisi setelah lingkaran *calyx*, *corolla*, sebelum lingkaran *pistillum*. Pengamatan dan perhitungan yang dilakukan pada *stamen* bunga *single*, *crested*, dan *double H. rosa-sinensis* menunjukkan hasil bahwa ketiganya memiliki jumlah *stamen* yang berbeda (Tabel 4.7 dan Gambar 4.31). Bunga *single* kecil memiliki 67--101 *stamen* ( $x=82$ ). Bunga *single* besar memiliki 46--96 *stamen* ( $x=75$ ). Bunga *double* memiliki 3--88 *stamen* ( $x=38$ ). Bunga *crested peach* hanya memiliki 0--44 *stamen* ( $x=12$ ). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa bunga *single* memiliki rata-rata jumlah *stamen* yang terbanyak, sedangkan bunga *crested* memiliki rata-rata jumlah *stamen* yang paling sedikit.

Hasil tersebut berbeda dengan hasil penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh MacIntyre dan Lacroix (1996). Menurut MacIntyre dan Lacroix (1996: 1872-1873), bunga *single H. rosa-sinensis* memiliki 60--70 *stamen*, sedangkan bunga *double* memiliki 10--40 *stamen*. Jumlah *stamen* pada bunga *single* dan *double H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok lebih banyak daripada jumlah *stamen* pada bunga *single* dan *double* di wilayah Kanada (penelitian yang dilakukan oleh MacIntyre dan Lacroix).

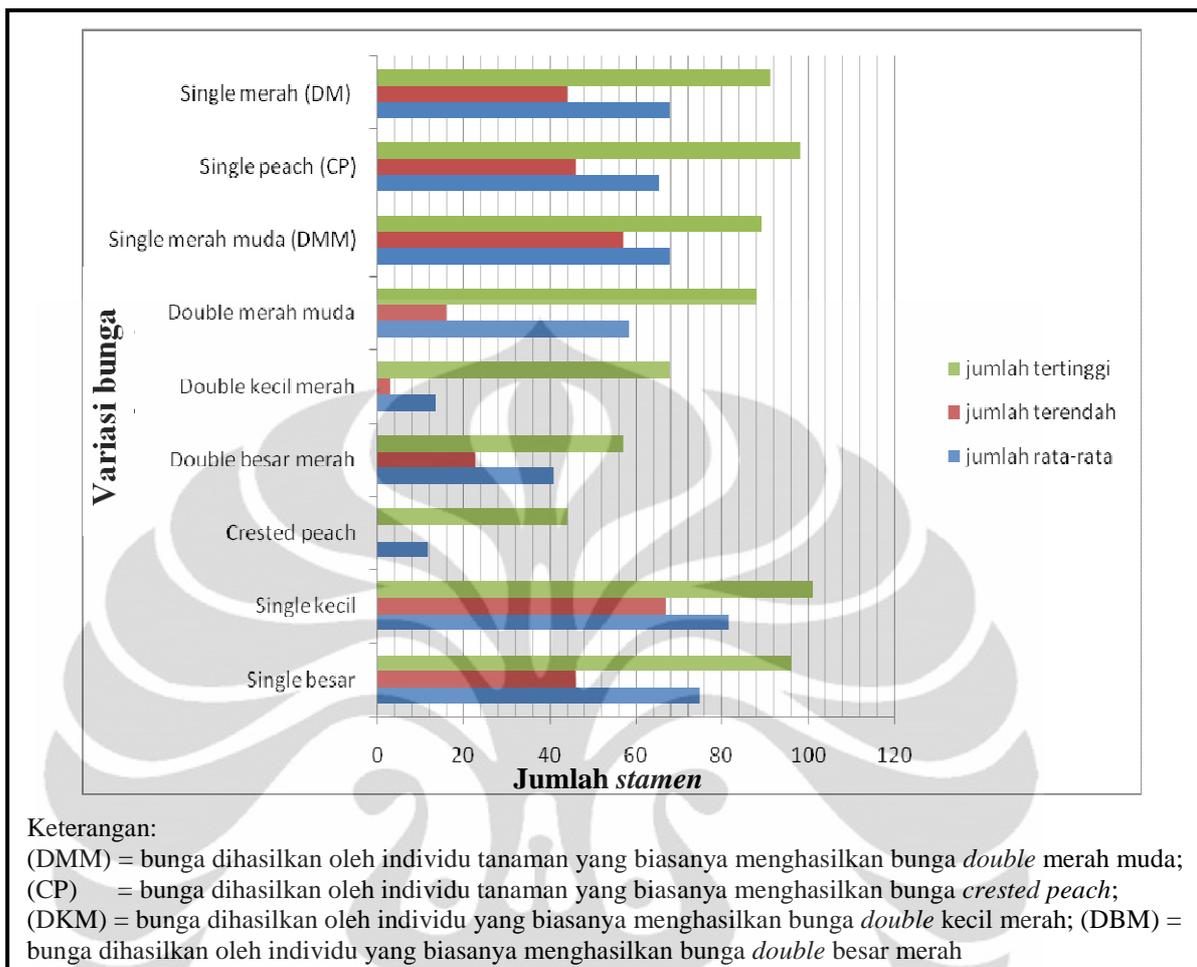
Penjelasan sebelumnya mengenai variasi bunga *H. rosa-sinensis* menunjukkan bahwa individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga *double*, juga dapat menghasilkan bunga *single*. Begitupun dengan individu yang biasanya menghasilkan bunga *crested*. Fenomena unik yang terjadi adalah bunga *single* yang dihasilkan individu tanaman yang biasanya menghasilkan bunga

*double* atau *crested* ternyata memiliki jumlah *stamen* yang lebih banyak dan berbeda signifikan dari bunga *crested* dan *double*.

Bunga *double* merah muda memiliki jumlah *stamen* 16--88 ( $x=59$ ), sedangkan bunga *single* merah muda yang dihasilkan oleh individu yang sama memiliki jumlah *stamen* yang lebih banyak (57--89,  $x=68$  *stamen*). Bunga *double* merah memiliki 3--68 *stamen* ( $x=27$ ), sedangkan bunga *single* merah memiliki *stamen* yang lebih banyak (44--91,  $x=68$  *stamen*). Bunga *crested peach* memiliki 0--44 *stamen* ( $x=12$ ), sedangkan variasi bunga *single peach* memiliki jumlah *stamen* yang lebih banyak (46--98 *stamen*,  $x=66$ ). Hasil tersebut semakin mendukung teori bahwa *stamen* dan *corolla* merupakan dua struktur yang homolog. Bunga *single* tidak memiliki *petal* tambahan hasil modifikasi *stamen*. Oleh karena itu, seluruh *stamen* berkembang sempurna, dengan jumlah yang lebih banyak dari jumlah *stamen* pada bunga *crested* dan *double* (yang dihasilkan oleh individu tanaman yang sama). Hasil perhitungan jumlah *stamen* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan jumlah *stamen* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

No	Variasi bunga	$\Sigma$ <i>stamen</i>		
		rata-rata	$\Sigma$ min	$\Sigma$ maks
1	<i>Single</i> besar merah	81	68	96
2	<i>Single</i> besar merah muda	67,4	46	92
3	<i>Single</i> besar putih	76	72	86
<b><i>Single</i> besar</b>		<b><math>x=74,8</math></b>	<b><math>\Sigma</math> min=46</b>	<b><math>\Sigma</math> maks=96</b>
4	<i>Single</i> kecil merah	83,7	67	101
5	<i>Single</i> kecil merah muda	88,2	86	92
6	<i>Single</i> kecil putih	81,9	73	90
7	<i>Single</i> kecil Krem	72,6	68	78
<b><i>Single</i> kecil</b>		<b><math>x=81,6</math></b>	<b><math>\Sigma</math> min=67</b>	<b><math>\Sigma</math> maks=101</b>
<b><i>Crested peach</i></b>		<b><math>x=11,8</math></b>	<b><math>\Sigma</math> min=0</b>	<b><math>\Sigma</math> maks=44</b>
9	<i>Double</i> besar merah	41	23	57
10	<i>Double</i> kecil merah	13,68	3	68
11	<i>Double</i> merah muda	58,4	16	88
<b><i>Double</i></b>		<b><math>x=37,7</math></b>	<b><math>\Sigma</math> min=3</b>	<b><math>\Sigma</math> maks=88</b>
12	<i>Single</i> merah muda (DMM)	67,8	57	89
13	<i>Single peach</i> (CP)	65,5	46	98
14	<i>Single</i> merah (DM)	67,8	44	91



Gambar 4.31 Diagram batang perbandingan jumlah *stamen* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

Berdasarkan pengamatan, dapat disimpulkan bahwa jumlah *stamen* normal yang terbentuk berbanding terbalik dengan jumlah *petal* tambahan. Semakin banyak *petal* tambahan (*petaloid* dan struktur intermediet *stamen-petal*) yang terbentuk mengakibatkan jumlah *stamen* yang terbentuk menjadi semakin berkurang. Berdasarkan perhitungan, bunga *single* sama sekali tidak memiliki struktur *petal* tambahan hasil modifikasi *stamen* ( $\Sigma=0$ ), baik *staminodium petaloid*, maupun struktur intermediet *stamen-petal*. Hal tersebut mengakibatkan seluruh *stamen* yang terbentuk mengalami jalur perkembangan yang normal, memiliki struktur yang sempurna, dan berjumlah paling banyak dibandingkan bunga *crested* dan *double*.

Sebaliknya, bunga *crested* dengan jumlah *petal* tambahan terbanyak memiliki jumlah *stamen* normal yang paling sedikit. Hasil tersebut sesuai dengan

literatur. Innes *dkk.* 1989 (dalam Craene 2009: 228) menjelaskan bahwa berkurangnya jumlah *stamen* pada bunga *double Potentilla fruticosa* berkaitan erat dengan peningkatan jumlah *petal* tambahan yang terbentuk melalui proses modifikasi *stamen*. Modifikasi *stamen* menjadi struktur *petaloid* dan struktur intermediet *stamen-petal* mengakibatkan jumlah *stamen* normal yang terbentuk menjadi lebih sedikit.

#### 4.3.8 *Pistillum*

*Pistillum* merupakan alat kelamin betina pada bunga. Lingkaran *pistillum* terdapat pada lingkaran keempat bunga, yaitu pada posisi setelah lingkaran *calyx*, *corolla*, dan *stamen*. Berdasarkan hasil pengamatan, struktur *pistillum* pada seluruh variasi bunga *single H. rosa-sinensis* terbentuk sempurna. Bunga *single* memiliki 5 stigma yang saling terpisah satu sama lain. Bunga *single* kecil *H. rosa-sinensis* memiliki diameter stigma yang lebih kecil (diameter rata-rata 0,13 cm) dibandingkan bunga *single* besar (diameter rata-rata 0,23 cm). Panjang tangkai stigma bunga *single* kecil dan *single* besar *H. rosa-sinensis* tidak jauh berbeda. Rata-rata panjang tangkai stigma bunga *single* besar adalah 0,67 cm, sedangkan bunga *single* kecil 0,66 cm.

Bagian dasar tangkai stigma pada bunga *H. rosa-sinensis* saling bersatu dan membentuk struktur *stylus* (tangkai putik). Berdasarkan hasil pengukuran, *stylus* pada bunga *single* besar lebih pendek (panjang rata-rata 6,62 cm) dibandingkan bunga *single* kecil (7,97 cm). Bunga *single* besar memiliki ukuran rata-rata ovarium (panjang x diameter ovarium) yang lebih besar (0,595 cm x 0,41 cm) dibandingkan ukuran ovarium pada bunga *single* kecil (0,51 cm x 0,33 cm) (Tabel 4.8). Berdasarkan hasil pengamatan morfologi *pistillum* (Gambar 4.32), bunga *single* memiliki seluruh bagian *pistillum* yang berkembang sempurna. Sayatan melintang dan membujur ovarium pada bunga *single* juga menunjukkan ovarium, carpel, dan ovul yang berkembang normal. Ovarium bunga *single H. rosa-sinensis* terdiri atas lima karpel. Hasil sayatan melintang dan membujur ovarium bunga *single H. rosa-sinensis* dapat dilihat pada Gambar 4.33.

Tabel 4.8 Hasil pengukuran bagian-bagian *pistillum* dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

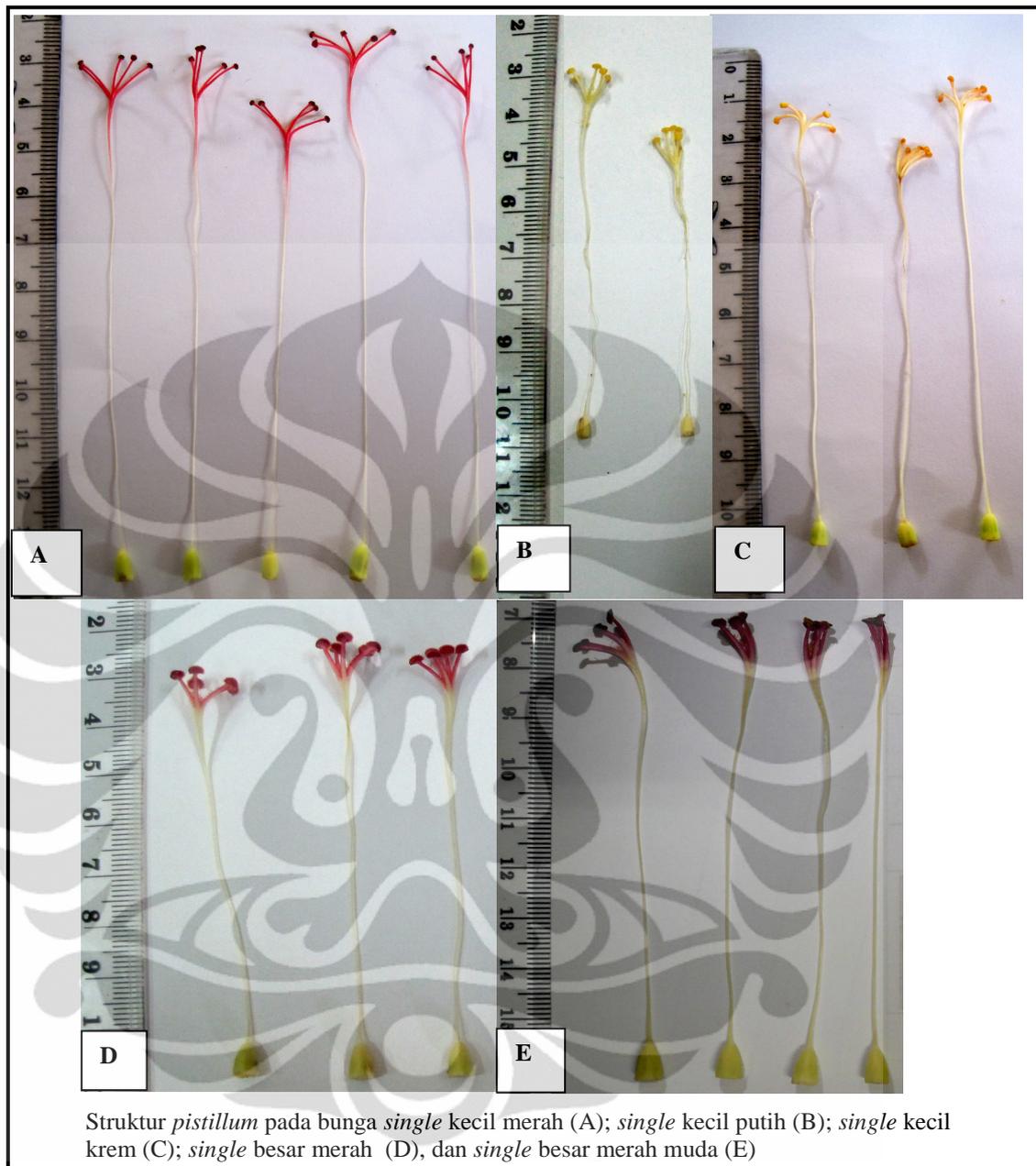
No	Variasi bunga	<i>Pistillum</i>					
		P. staminal Column	Stigma		P stilus	ovarium	
			D	P tangkai		P	d
1	<i>Single</i> besar merah	2,85	0,24	0,65	6,01	0,59	0,45
2	<i>Single</i> besar merah muda	2,33	0,25	0,81	7,78	0,72	0,45
3	<i>Single</i> besar putih	2	0,21	0,55	6,075	0,475	0,33
	<i>Single</i> besar	2,393	0,233	0,67	x=6,621	0,595	0,41
4	<i>Single</i> kecil merah	3,35	0,15	0,93	9,34	0,67	0,39
5	<i>Singla</i> kecil merah muda	2,64	0,13	0,63	7,82	0,43	0,3
6	<i>Single</i> kecil putih	2,39	0,11	0,53	7,25	0,43	0,31
7	<i>Single</i> kecil Krem	3,18	0,14	0,57	7,48	0,51	0,35
	<i>Single</i> kecil	2,89	0,1325	0,665	x=7,973	0,51	0,3375
8	<i>Crested peach</i>	sulit diukur	0,158	0,83	x=5,19	0,65	0,4
9	<i>Double</i> besar merah	1,81-2,29	0,14	0,546	3,065	--	--
10	<i>Double</i> kecil merah	sulit diukur	0,1732	0,8286	2,4548	0,484	0,3608
11	<i>Double</i> merah muda	0--1,48	0--0,92	0--0,34	3,97	0-0,439	0-0,327
	<i>Double</i>	0-1,48	0-0,92	0-0,783	X=3,263	0-0,532	0-0,374
12	<i>Single</i> merah muda (DMM)	1,92	0,2	0,49	5,32	0,48	0,29
13	<i>Single peach</i> (CP)	3,02	0,18	0,82	7,48	0,57	0,35
14	<i>Single</i> merah (DM)	2,24	0,27	0,7	6,62	0,84	0,4

Keterangan:

- = ukuran terbesar  
 = ukuran terkecil

Ovarium yang berkembang sempurna pada bunga *single H. rosa-sinensis* menunjukkan adanya keberhasilan ekspresi kelas gen C. Sedangkan keberhasilan perkembangan ovul disebabkan oleh keberhasilan ekspresi kelas gen D.

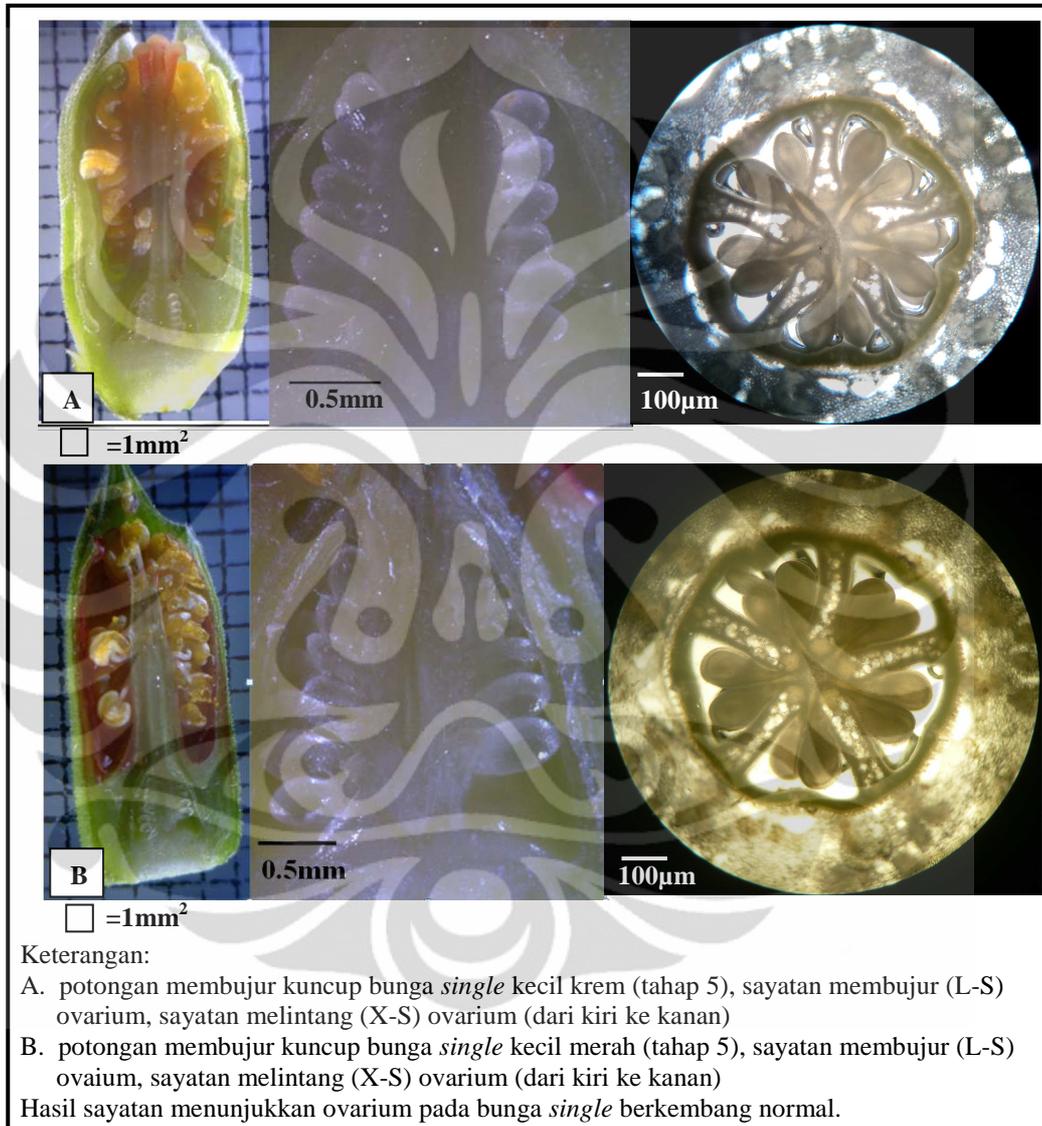
Meskipun demikian, hingga tahun 2011, gen-gen homeotik yang berperan dalam perkembangan bunga (gen A, B, C, D, dan E) pada *H. rosa-sinensis* belum diketahui secara jelas. Pencarian gen-gen homeotik pada *H. rosa-sinensis* melalui Gene-bank juga memberikan hasil yang nihil. Gen-gen homeotik pada *H. rosa-sinensis* masih dalam tahap penelitian yang terus berlanjut .



Gambar 4.32 Struktur *pistillum* pada bunga *single* *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Menurut Ferrario dkk. (2004: 87-88), gen *AGAMOUS* (AG), *SHATTERPROOF* (SHP), dan *SEEDSTICK* (STK) merupakan gen-gen yang termasuk kelas gen C pada *Arabidopsis*. Ketiga gen tersebut merupakan gen-gen homolog yang diduga berasal dari satu gen nenek moyang (*ancestral gene*). Duplikasi yang terjadi pada *ancestral gene* mengakibatkan perubahan ekspresi gen, sehingga fungsi gen menjadi beragam. Diversifikasi fungsi gen memiliki

peranan yang penting dalam mekanisme evolusi bunga pada tumbuhan angiospermae (Ferrario *dkk.* 2004: 88). Oleh karena itu, diduga gen *AGAMOUS* pada *H. rosa-sinensis* juga berasal dari *ancestral gene* yang sama dengan gen *AGAMOUS* pada *Arabidopsis*.



Gambar 4.33 Sayatan melintang dan membujur ovarium bunga *single* *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Ekspresi hasil kerjasama gen *AGAMOUS* (AG) dan gen *SHATTERPROOF* (SHP) pada *Arabidopsis* mengakibatkan karpel terbentuk sempurna. Ferrario *dkk.* (2004: 87) juga menjelaskan bahwa gen *SHATTERPROOF1* (SHP1) dan *SHATTERPROOF2* (SHP2) bekerjasama dengan gen *SEEDSTICK* (STK) bertanggung jawab terhadap pembentukan funikulus, dan proses pematangan biji

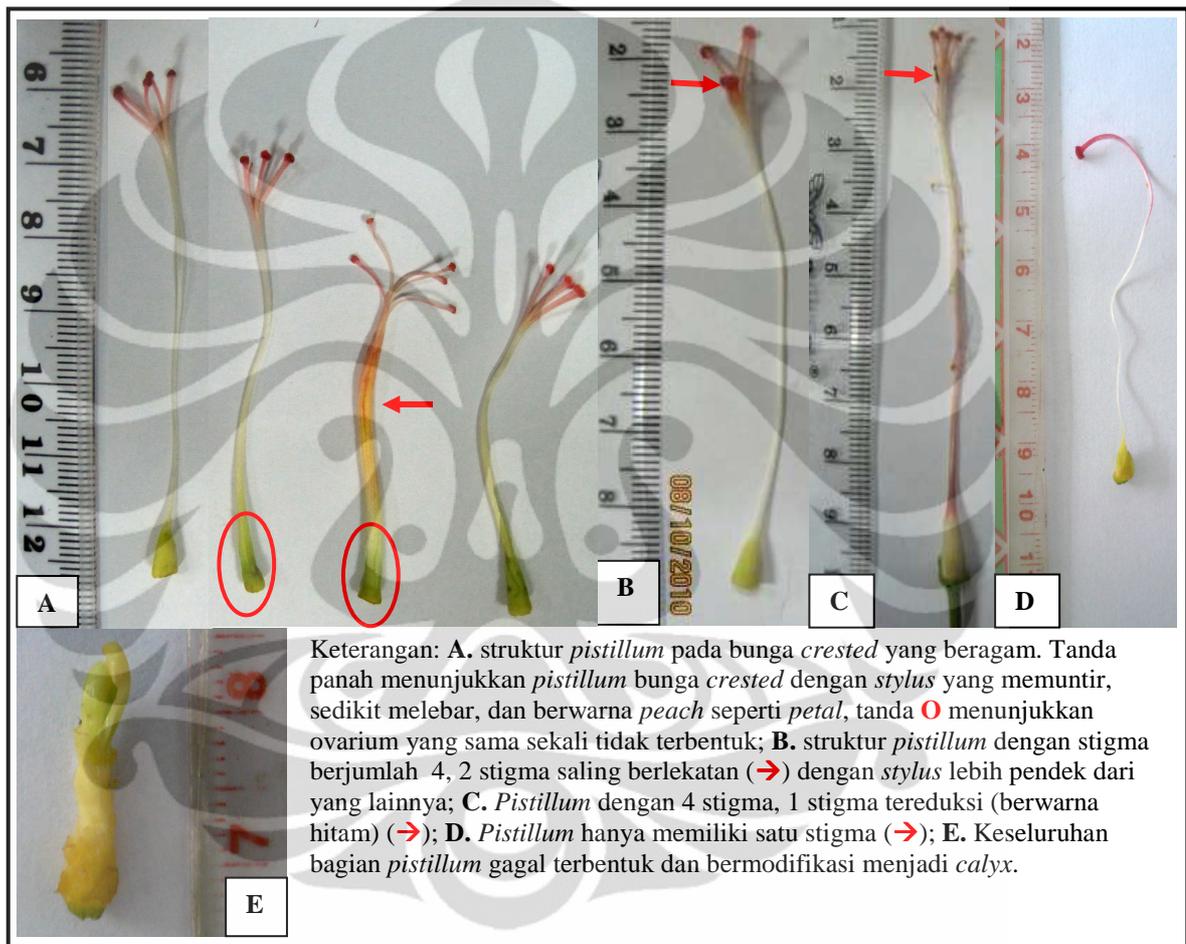
pada *Arabidopsis*. Peran gen-gen tersebut pada perkembangan *pistillum* dan biji *Arabidopsis* dapat dijadikan model dalam merekonstruksi gen-gen yang terlibat dalam perkembangan *pistillum* dan biji pada *H. rosa-sinensis*.

Perkembangan ovul yang normal pada seluruh variasi bunga *single H. rosa-sinensis* diduga merupakan hasil ekspresi gen-gen yang termasuk kelas gen D. Menurut Ferrario *dkk.* (2004: 87), gen-gen yang termasuk kelas gen D pada *Arabidopsis* adalah Gen *Floral Binding Protein1* (FPB1) dan *SEEDSTICK* (STK). Ekspresi kelas gen C dalam pembentukan ovarium, dan kelas gen D dalam pembentukan ovul, ternyata membutuhkan peran kelas gen lain, yaitu kelas gen E. Kelas gen E bertanggung jawab terhadap pembentukan kofaktor dalam perkembangan ketiga lingkaran terdalam bunga (*corolla*, *stamen*, dan karpel). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa bunga *single H. rosa-sinensis* mengalami perkembangan bunga yang normal. Ekspresi kelas gen C dan E, serta ekspresi kelas gen D dan E mengakibatkan ovarium dan ovul berkembang sempurna.

Berbeda dengan struktur *pistillum* pada bunga *single H. rosa-sinensis*. Sebagian besar bunga *double* dan *crested* tidak lagi memiliki struktur *staminal column*. Struktur *staminal column* pada bunga *crested* dan *double* telah mengalami modifikasi menjadi struktur yang memipih dan berwarna seperti struktur *petal (petaloid)* (Gambar 4.34 dan 4.35). Meskipun demikian, dari 37 sampel bunga *double H. rosa-sinensis*, terdapat 11 bunga *double* dengan *staminal column* yang masih dapat diukur. Sampel bunga *double* tersebut terdiri atas empat bunga *double* merah, dan tujuh bunga *double* merah muda. Beers dan Howie mengelompokkan bunga *double* dengan *staminal column* yang masih dapat diukur sebagai bunga *semi double*.

Berdasarkan hasil pengukuran, bunga *double* memiliki *staminal column* yang lebih pendek dari bunga *single*. Bunga *single* memiliki panjang *staminal column* 2--3,35 cm, sedangkan bunga *double* memiliki panjang *staminal column* 1,48--2,29 cm. Bunga *double* juga memiliki *stylus* yang paling pendek dibandingkan bunga *single*, dan *crested*. Panjang rata-rata *stylus* bunga *double* 3,236 cm, bunga *crested peach* 5,19 cm, bunga *single* kecil 7,97 cm, dan bunga *single* besar 6,621 cm. Ukuran diameter stigma bunga *crested* dan *double* tidak

jauh berbeda dengan diameter stigma bunga *single*. Namun, stigma pada bunga *crested* dan *double* tidak selalu terbentuk sempurna. Bunga *crested* dapat memiliki stigma yang jumlahnya tereduksi (kurang dari lima). Tereduksinya jumlah stigma disebabkan oleh kegagalan perkembangan *pistillum*. Hasil dokumentasi struktur *pistillum* pada bunga *crested* dapat dilihat pada Gambar 4.34.

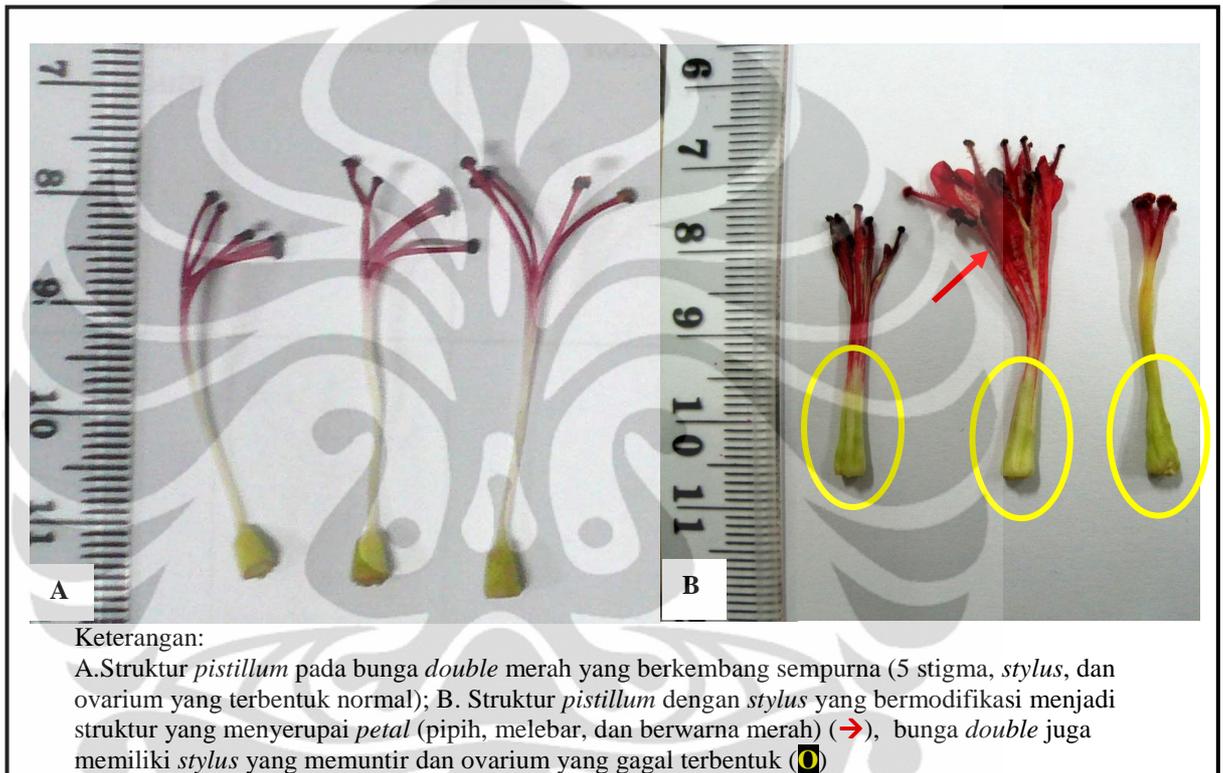


Gambar 4.34 Struktur *pistillum* pada bunga *crested* *H. rosa-sinensis* [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Fenomena lain yang ditemukan adalah stigma tetap berjumlah lima dan terbentuk sempurna, namun *stylus* mengalami pelebaran dan berwarna *peach* seperti struktur *petal*. Bunga *crested* dengan karakteristik tersebut biasanya tidak lagi memiliki ovarium. Struktur *pistillum* memuntir, dan ovarium gagal terbentuk (Gambar 4.34 A).

Bunga *double* *H. rosa-sinensis* juga memiliki struktur *pistillum* yang beragam, seperti bunga *crested*. Bunga *double* dapat memiliki struktur *pistillum*

(stigma, *stylus*, dan ovarium) yang berkembang sempurna. Stigma berjumlah lima, dan ovarium yang berkembang normal. Namun, dapat juga ditemukan bunga *double* dengan struktur *pistillum* yang tidak berkembang sempurna. *Stylus* pada bunga *double* dapat memipih, melebar, memuntir dan berwarna merah seperti struktur *petal*, stigma tereduksi (kurang dari lima), mengecil, dan ovarium gagal berkembang (Gambar 4.35).



Gambar 4.35 Struktur *pistillum* pada bunga *double* merah *H. rosa-sinensis*  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

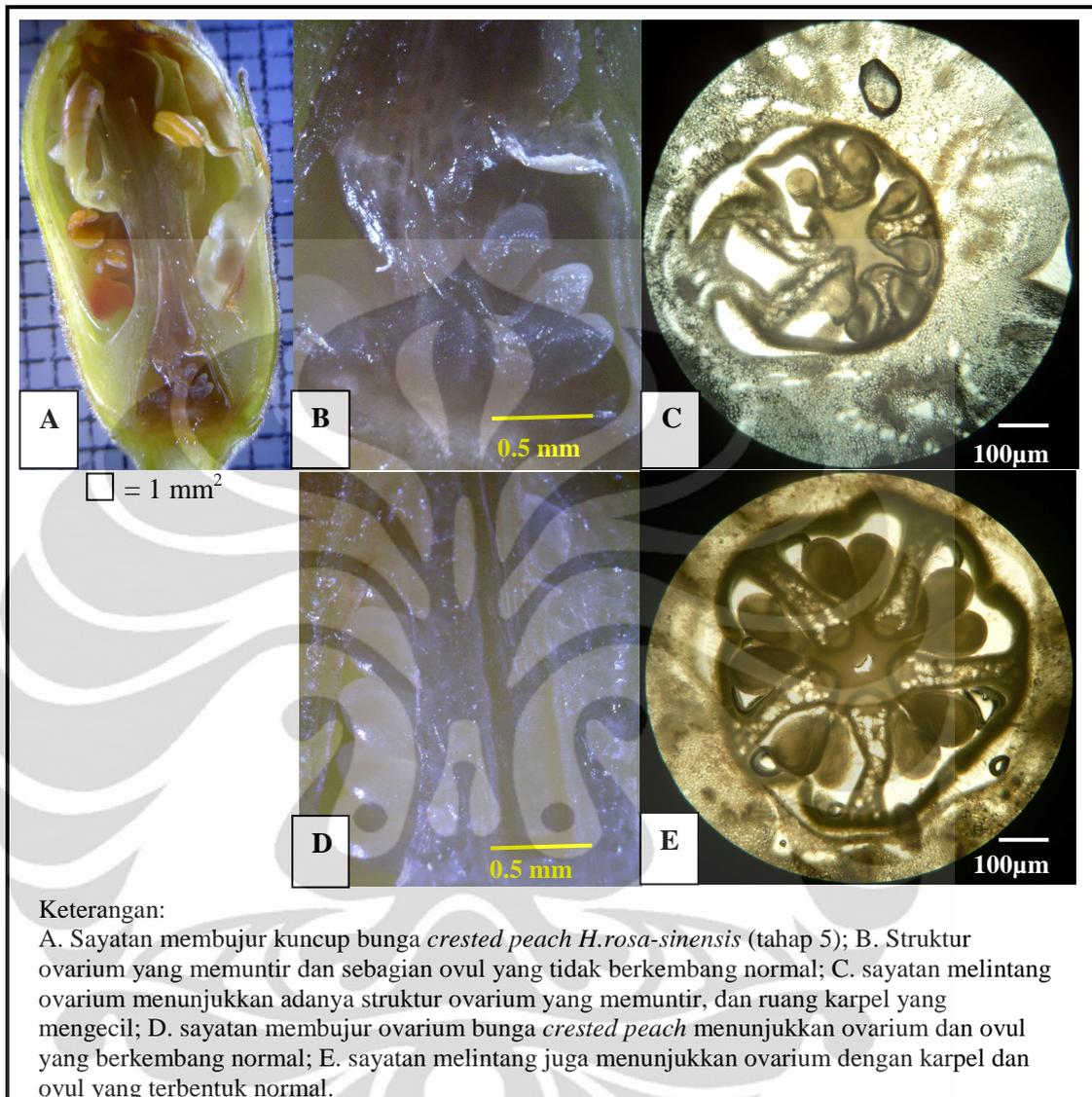
Fenomena tereduksinya struktur *pistillum* pada bunga *double* ternyata juga ditemukan oleh MacIntyre dan Lacroix (1996: 1875). Menurut MacIntyre dan Lacroix (1996: 1875), bunga *double* memiliki *stylus* dan *staminal column* bermodifikasi menjadi *petaloid*, sedangkan ovarium bermodifikasi menjadi *sepalodi*. Secara morfologi, dapat dilihat bahwa *stylus* dan ovarium mengalami pemuntiran (Gambar 4.35), berukuran lebih pendek, lebih kecil dari ovarium normal (Tabel 4.8). Meskipun demikian, menurut MacIntyre dan Lacroix (1996: 1875), ovarium bunga *double* masih dapat memiliki jaringan *gynoecial*. Beragamnya jumlah *petal* tambahan, *stamen*, dan struktur ovarium pada bunga

*double H. rosa-sinensis* disebabkan oleh variasi tingkat interaksi antara *organ identity genes* (Lord dkk. 1994 dalam MacIntyre dan Lacroix 1996: 1881).

*Organ identity genes* merupakan gen-gen yang bertanggung jawab terhadap pembentukan keempat bagian bunga (*calyx*, *corolla*, *stamen*, dan *pistillum*). Interaksi antara kelas gen mengakibatkan munculnya morfologi peralihan antara dua organ. Misalnya, struktur *petaloid* yang berkembang pada bagian yang secara normal membentuk *stamen*, atau struktur *sepalodi* yang berkembang pada bagian yang secara normal membentuk *pistillum*.

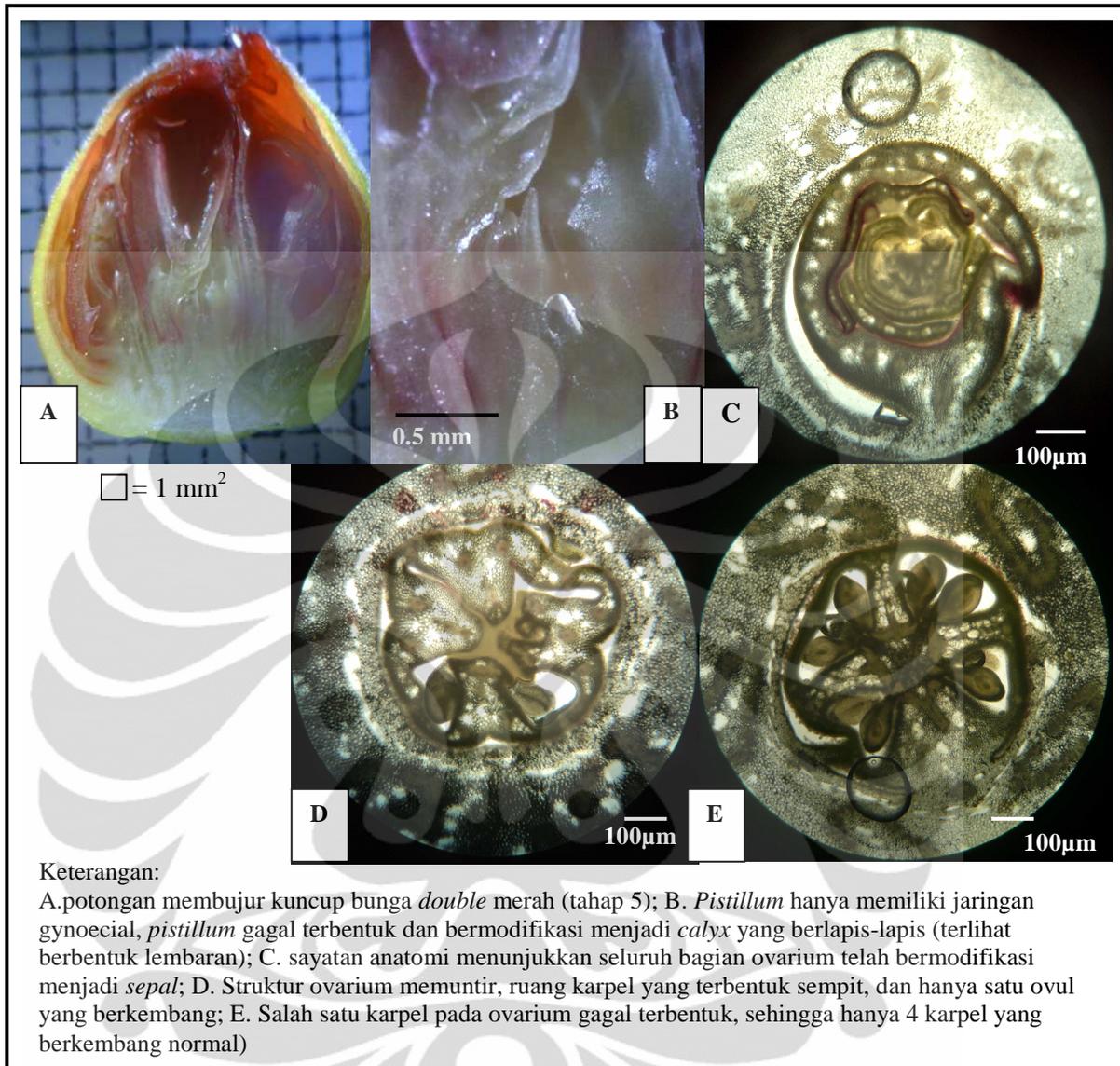
Variasi *pistillum* ternyata tidak hanya ditemukan pada tingkat morfologi. Sayatan melintang dan membujur ovarium menunjukkan adanya variasi pada tingkat anatomi. Bunga *crested* dan *double* dapat memiliki ovarium dan ovul yang berkembang sempurna, seperti struktur ovarium dan ovul pada bunga *single H. rosa-sinensis*. Namun, dapat juga ditemukan struktur bunga *double* dengan ovarium yang tidak berkembang sempurna. Ovarium bunga *crested* dan *double* dapat memuntir, dengan sebagian karpel yang gagal terbentuk, jumlah ovul yang tereduksi, dan gagal berkembang (Gambar 4.36 dan 4.37).

Perbandingan struktur anatomi pada bunga *crested* dan *double H. rosa-sinensis* menunjukkan bahwa bunga *double* memiliki tingkat abnormalitas ovarium yang lebih tinggi dari bunga *crested*. Bunga *crested* dapat memiliki ovarium yang memuntir, tereduksinya ruang karpel, namun ovul tetap berkembang normal (Gambar 4.36). Berbeda dengan anatomi ovarium pada bunga *double*. Meskipun ovarium pada bunga *double* terkadang ditemukan normal, sebagian besar struktur ovarium bunga *double* gagal berkembang. Gambar 4.37 menunjukkan struktur ovarium yang sama sekali tidak terbentuk. Ovarium bermodifikasi secara sempurna membentuk lembaran *petal*, dan ovul juga gagal berkembang. Ovarium pada bunga *double* juga dapat ditemukan memuntir, dengan ruang karpel yang sempit, tanpa perkembangan ovul, atau karpel yang jumlahnya tereduksi. Hasil sayatan anatomi ovarium pada bunga *double* semakin memperkuat pendapat Beers dan Howie yang menjadikan bunga *double* sebagai induk jantan, sedangkan bunga *single* sebagai induk betina dalam persilangan antara spesies *H. rosa-sinensis* (Beers dan Howie 1990: 8).



Gambar 4.36 Hasil sayatan ovarium bunga *crested peach H. rosa-sinensis*  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Beers & Howie (1990: 8) menjelaskan bahwa bunga *double H. rosa-sinensis* tidak dapat dijadikan sebagai induk betina dalam persilangan. Hal tersebut disebabkan oleh struktur *pistillum* yang tidak berkembang normal pada bunga *double*. Bunga *double* memiliki stigma, *stylus*, dan ovarium yang tereduksi. Bunga *single* dengan keseluruhan bagian bunga yang terbentuk normal menjadikannya dapat digunakan sebagai induk jantan dan betina dalam persilangan. Oleh karena itu, apabila bunga *single* disilangkan dengan bunga *double*, maka bunga *single* akan menjadi induk betina yang akan dibuahi, sedangkan bunga *double* akan menjadi induk jantan, sebagai sumber polen.



Gambar 4.37 Hasil sayatan ovarium bunga *double* merah *H. rosa-sinensis*  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Pembentukan ovarium dan ovul yang tidak sempurna pada bunga *crested* dan *double* diduga disebabkan oleh tidak terekspresinya gen-gen yang bertanggung jawab pada pembentukan ovarium, dan ovul, yaitu kelas gen C dan D. Ferrario *dkk.* (2004: 87) menjelaskan bahwa ekspresi kerja sama antara gen *AGAMOUS* (AG) dan *SHATTERPROOF* (SHP) pada *Arabidopsis* menghasilkan perkembangan karpel yang normal. Ekspresi gen *SHATTERPROOF1* dan *SHATTERPROOF2* bertanggung jawab dalam perkembangan ovul, dan bersama-sama dengan gen *SEEDSTICK* akan menghasilkan ekspresi pembentukan funikulus dan pematangan ovul. Mutasi *shp1*, *shp2*, dan *stk* mengakibatkan ovul

gagal berkembang, dan digantikan dengan struktur seperti daun atau seperti karpel. Oleh karena itu, *H. rosa-sinensis* diduga juga mengalami mutasi pada gen-gen yang homolog dengan gen *shp1*, *shp2*, dan *stk*.

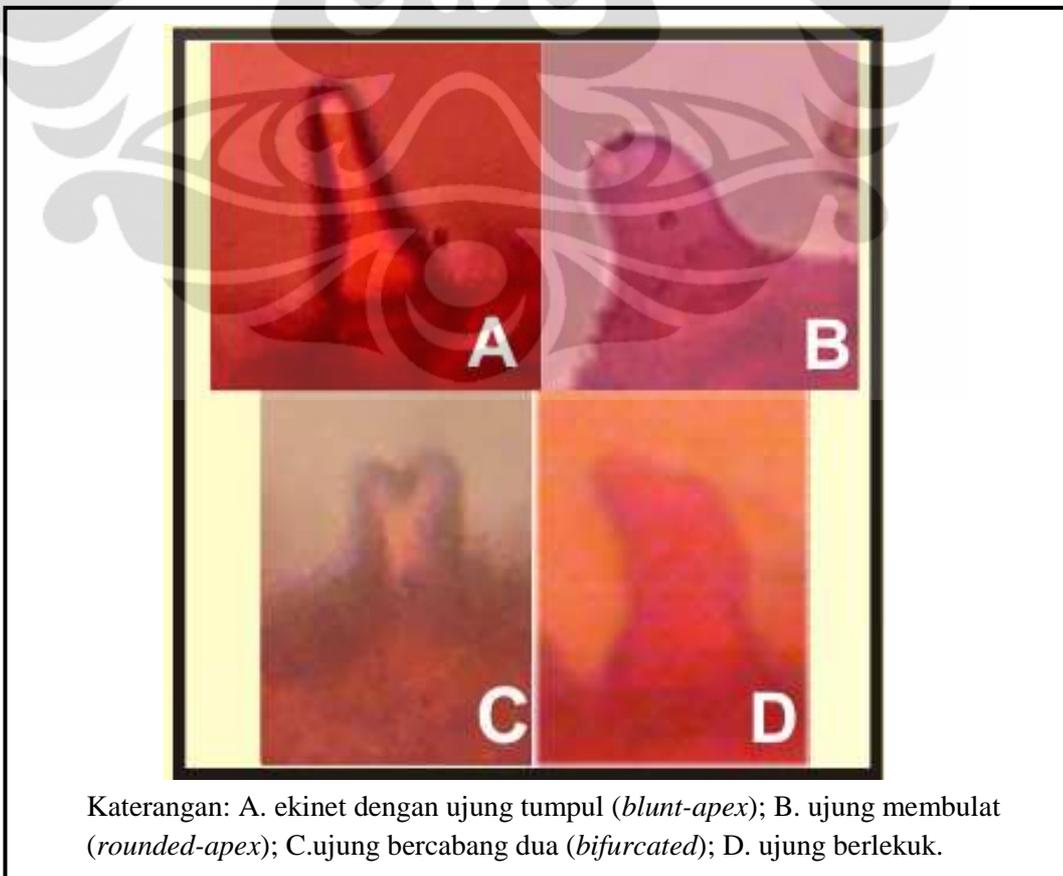
#### 4.4 Morfologi polen pada bunga *single*, *crested*, dan *double H. rosa-sinensis*

Penelitian yang telah dilakukan memberikan hasil bahwa seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* memiliki morfologi polen yang seragam (Gambar 4.39--4.50). Polen *H. rosa-sinensis* merupakan polen soliter yang berbentuk *globose*, *prolate sferoidal* hingga *oblate sferoidal*. Hasil penelitian tersebut sesuai dengan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Adekanmbi (2009: 297--299) dan Shaheen *dkk.* (2009: 978). *Globose* berarti bentuk bola (○), yaitu panjang diameter ekuator (diameter horisontal) sama dengan panjang diameter polar (diameter vertikal). Bentuk *prolate sferoidal* (⊖) berarti bentuk bola agak elips, dengan diameter ekuator yang lebih panjang dari diameter polar, sedangkan bentuk *oblate sferoidal* (⊙) adalah bentuk dengan diameter polar yang lebih panjang dari diameter ekuator. Berdasarkan hasil pengamatan preparat segar polen menggunakan mikroskop cahaya, sebagian besar polen berbentuk *globose*. Meskipun demikian, untuk hasil yang lebih akurat perlu dilakukan pengamatan polen menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa polen *H. rosa-sinensis* memiliki apertur polen berupa pori (*porate*). Pori berjumlah lebih dari 20 dan tersebar pada seluruh permukaan eksin, disebut juga *polyantoporate*. Ornamenasi eksin polen *H. rosa-sinensis* berupa struktur yang menyerupai duri (*spine*) atau disebut ekinet dengan ujung yang tumpul (*blunt apex*), membulat (*rounded apex*), dan bercabang dua (*bifurcated*), dan berlekuk (Gambar 4.38). Hasil penelitian tersebut sesuai dengan Bibi, *dkk.* (2008: 1563). Berdasarkan pengamatan, polen *H. rosa-sinensis* dapat memiliki hanya satu jenis ekinet (*monomorphic*), atau dapat juga memiliki dua bentuk ekinet sekaligus (*dimorphic*). Polen pada bunga *single* kecil (merah, merah muda, dan putih) memiliki ornamenasi eksin *dimorphic*, yaitu ekinet dengan ujung yang tumpul dan bercabang dua. Bunga *single* kecil krem hanya

memiliki satu bentuk ekinet (*monomorphic*), yaitu ekinet dengan ujung yang tumpul (*blunt apex*).

Bunga *single* besar merah, merah muda, dan putih memiliki polen dengan ekinet *monomorphic*. Ekinet dapat memiliki ujung yang tumpul, membulat, atau berlekuk. Tipe ekinet yang sama juga dimiliki oleh bunga *crested peach* dan *double H. rosa-sinensis*. Seluruh variasi bunga *crested peach* dan *double* memiliki polen dengan satu bentuk ekinet (*monomorphic*). Ekinet dengan ujung yang tumpul atau membulat. Kesamaan struktur ekinet pada bunga *single* besar, *crested*, dan *double* semakin memperkuat dugaan bahwa ketiganya memiliki kekerabatan yang sangat dekat, dan berasal dari satu garis keturunan. Dugaan tersebut semakin diperkuat oleh Forsling (2010: 2), yang menyatakan bahwa bunga *single* besar *H. rosa-sinensis* berasal dari hasil persilangan bunga *double* (*H. rosa-sinensis*) dengan bunga *Hibiscus liliflorus*. Oleh karena itu, bunga *single* besar *H. rosa-sinensis* juga dikenal dengan nama *H. rosa-sinensis* var. *liliflorus*.



Gambar 4.38 Struktur ekinet pada polen *H. rosa-sinensis* [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010]

Berbeda dengan individu yang menghasilkan bunga *single* kecil.

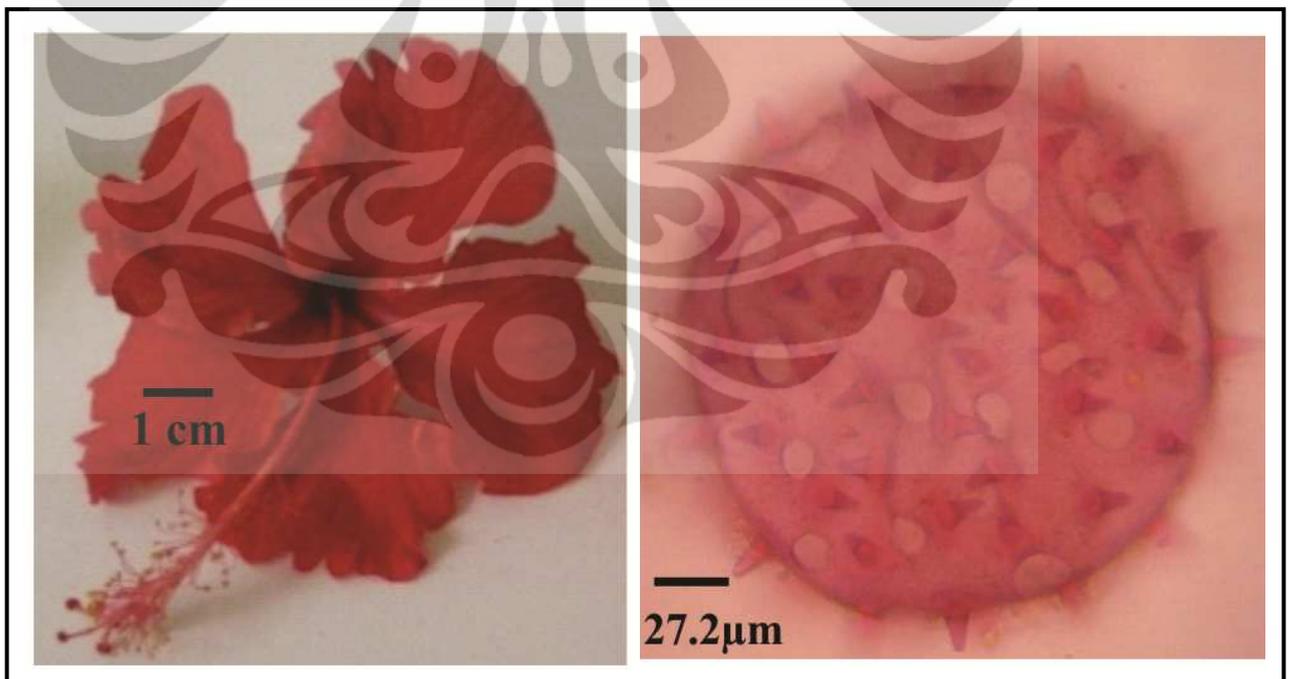
Berdasarkan hasil pengamatan, bunga *single* kecil memiliki ekinet berupa duri yang lebih runcing dibandingkan ekinet pada bunga *single* besar dan *double*. Hal tersebut semakin diperkuat oleh Forsling (2010: 2), yang menjelaskan bahwa bunga *single* kecil memiliki parental yang berbeda dengan bunga *single* besar. Bunga *single* kecil *H. rosa-sinensis* merupakan hasil perkawinan antara bunga *double* (*H. rosa-sinensis*) dengan *Hibiscus schizopetalus*. Oleh karena itu, kekerabatan (garis keturunan) antara bunga *single* besar dan *single* kecil *H. rosa-sinensis* tidak berdekatan.

Apertur polen dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* berupa pori (*porate*) yang tersebar merata di seluruh permukaan eksin. Tipe apertur tersebut dikenal dengan istilah *polypantoporate*. Hasil tersebut sesuai dengan literatur. El Naggat (2004: 237) dan Aprianty dan Kriswiyanti (2008: 17) menjelaskan bahwa apertur polen *H. rosa-sinensis* berupa pori yang tersebar di bagian pinggir (*periporate*) atau pori berjumlah lebih dari 20, dan tersebar di seluruh permukaan eksin (*polypantoporate*). Berdasarkan bentuknya, pori pada permukaan eksin polen *H. rosa-sinensis* berbentuk bulat dan memanjang, yang disebut *colporate* (El Naggat 2004: 237).

Pengamatan, dan pengukuran pada 30 polen dari setiap variasi bunga *H. rosa-sinensis* menunjukkan bahwa bunga *single* besar merah muda memiliki ukuran polen yang paling besar. Polen bunga *single* besar merah muda memiliki rata-rata diameter vertikal x rata-rata diameter horisontal adalah 196  $\mu\text{m}$  x 231,2  $\mu\text{m}$ . Sebaliknya, bunga *single* kecil putih memiliki ukuran polen yang paling kecil (rata-rata diameter vertikal x diameter horisontal= 130,83  $\mu\text{m}$  x 151,86  $\mu\text{m}$ ). Morfologi polen dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* dapat dilihat pada Gambar 4.39--4.50.



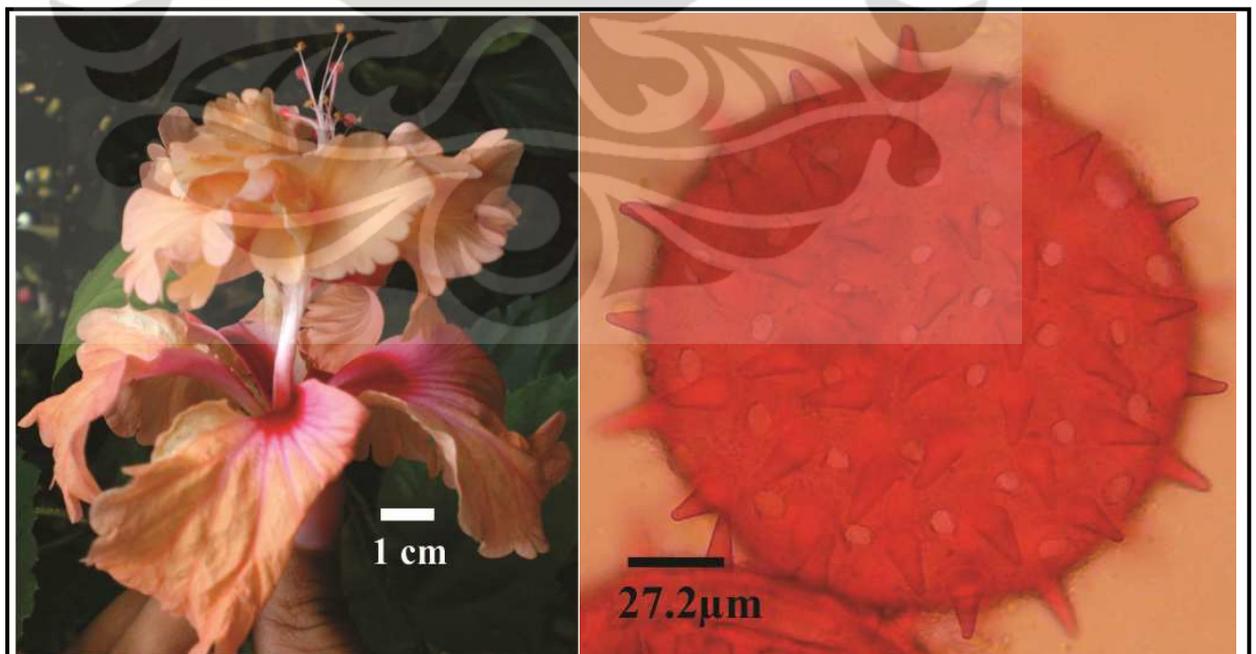
Gambar 4.39 Morfologi polen pada bunga *single* kecil putih *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



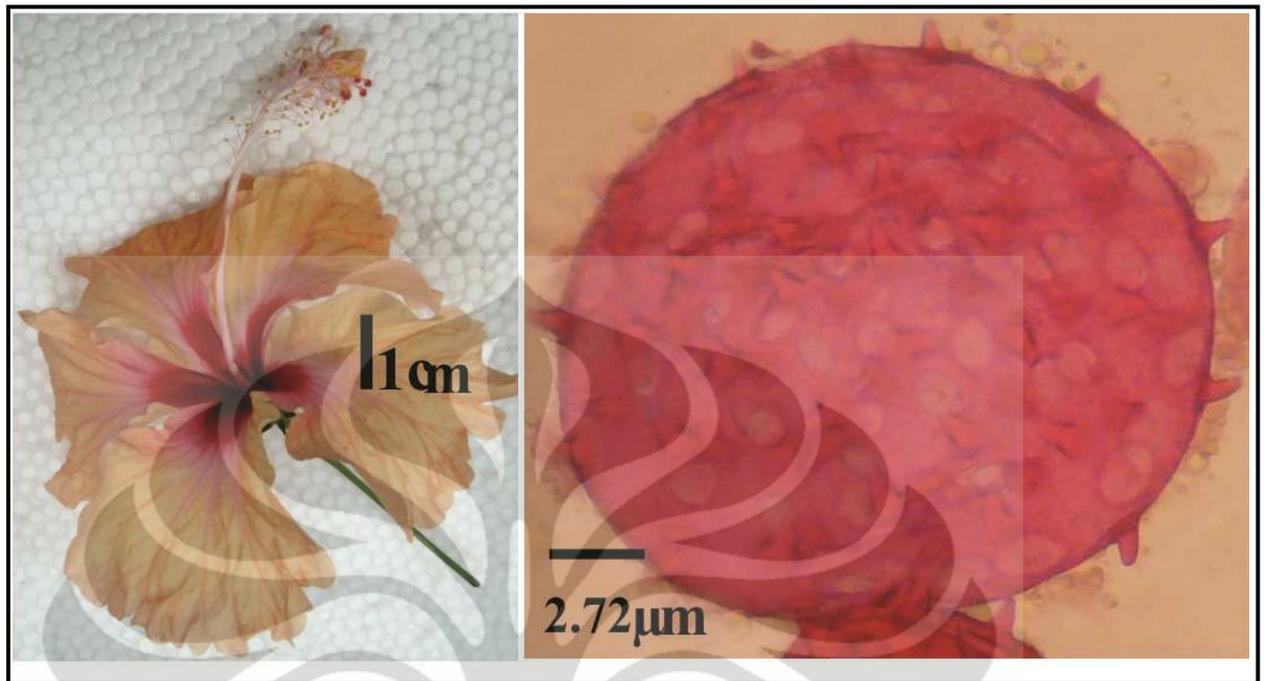
Gambar 4.40 Morfologi polen pada bunga *single* kecil merah *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



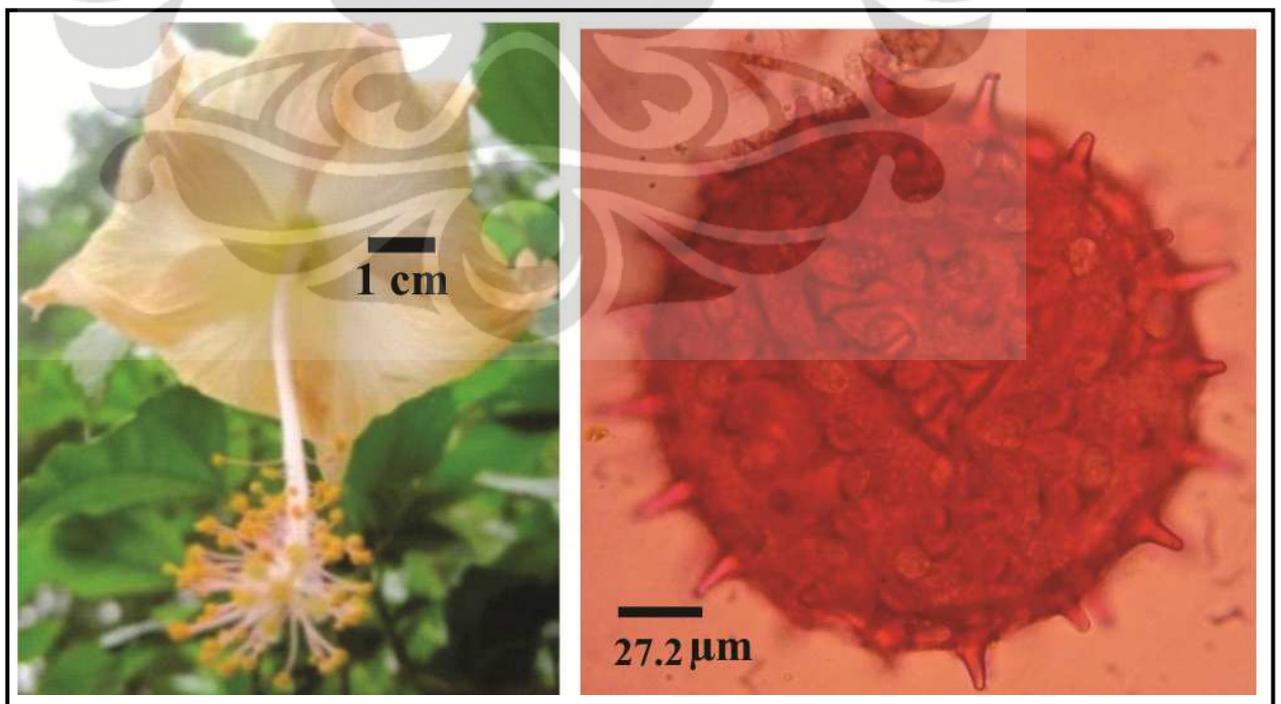
Gambar 4.41 Morfologi polen dari bunga *single* kecil merah muda *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



Gambar 4.42 Morfologi polen bunga *crested peach* *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



Gambar 4.43 Morfologi polen bunga *single peach* *H. rosa-sinensis* (berasal dari individu yang biasanya menghasilkan bunga *crested peach*)  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



Gambar 4.44 Morfologi polen bunga *single* kecil krem *H. rosa-sinensis*  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



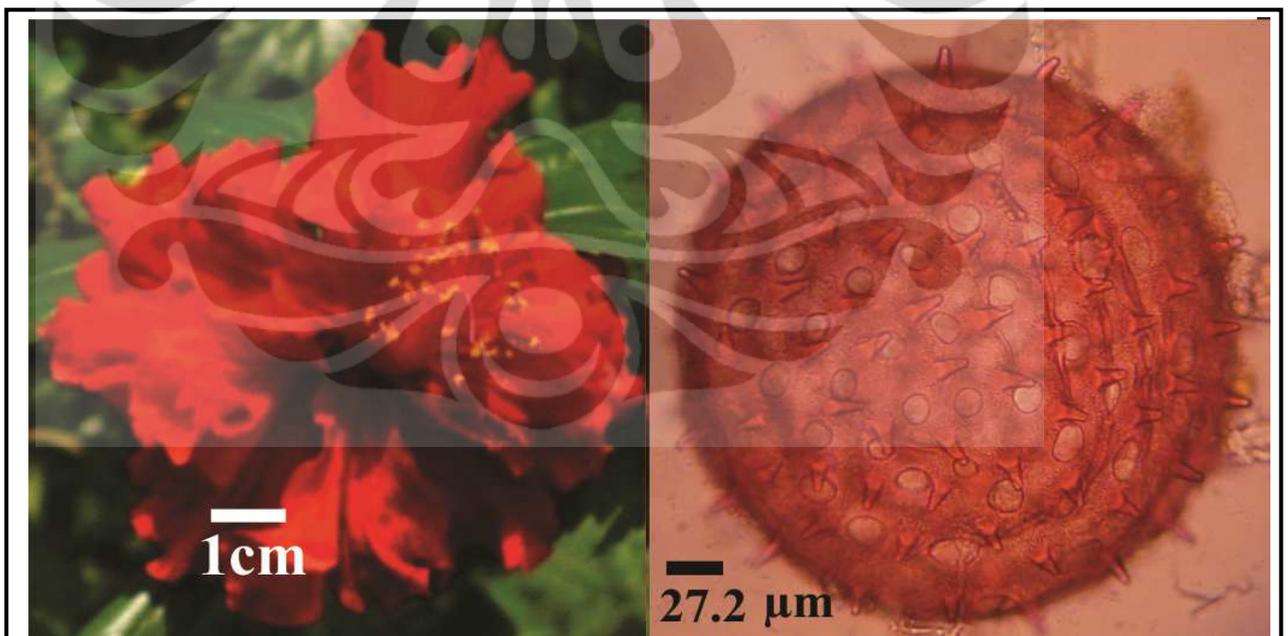
Gambar 4.45 Morfologi polen bunga *single* besar merah *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



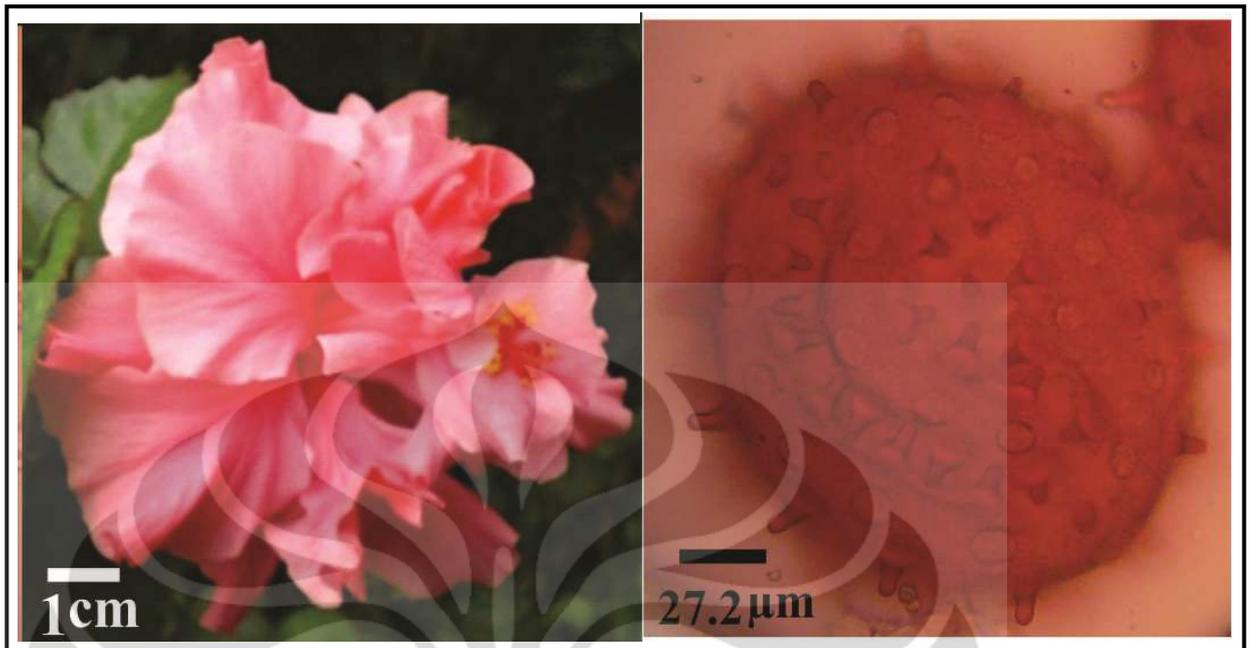
Gambar 4.46 Morfologi polen bunga *single* besar putih *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



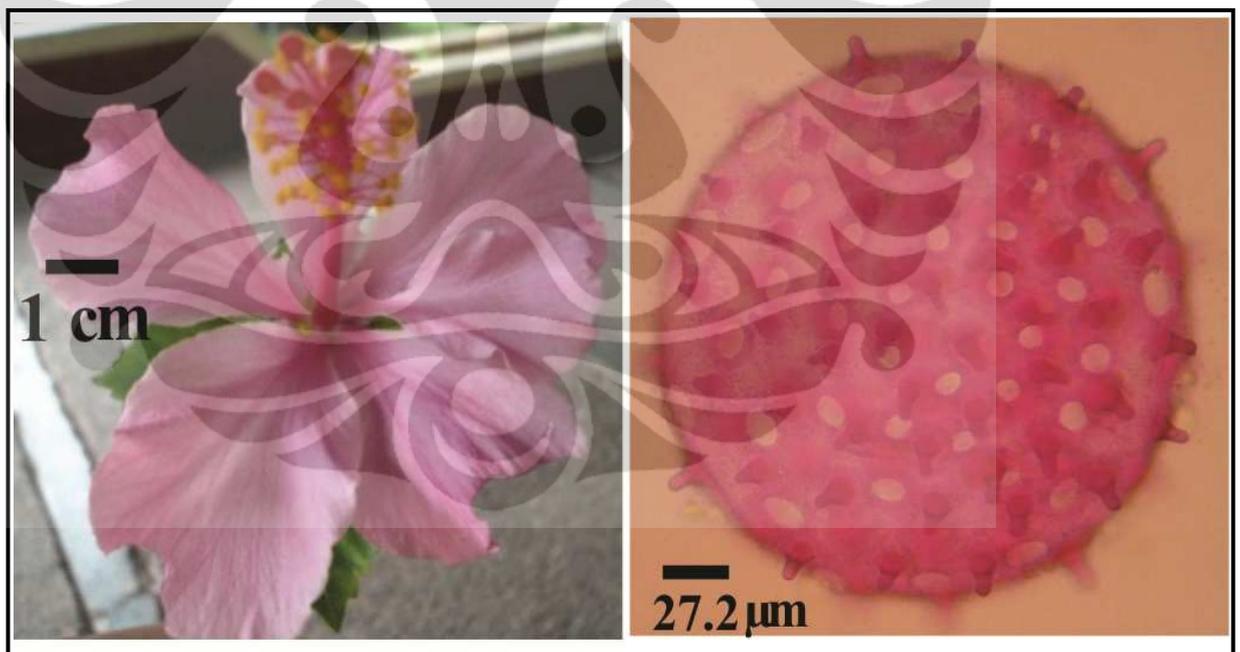
Gambar 4.47 Morfologi polen bunga *single* besar merah *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



Gambar 4.48 Morfologi polen bunga *double* merah *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]



Gambar 4.49 Morfologi polen bunga *double* merah muda *H. rosa-sinensis*  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

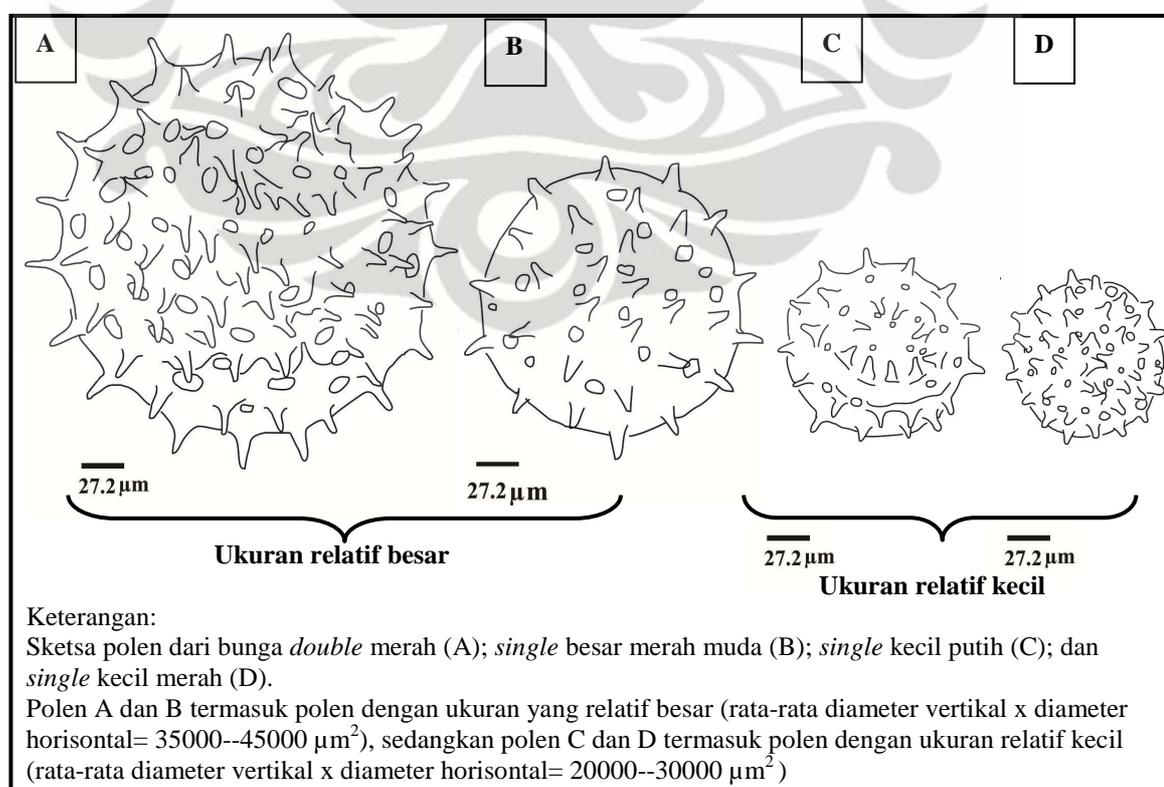


Gambar 4.50 Morfologi polen bunga *single* merah muda *H. rosa-sinensis* (dihasilkan oleh individu yang biasanya menghasilkan bunga *double* merah muda)  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Berdasarkan ukurannya, polen *H. rosa-sinensis* dapat dikelompokkan menjadi polen dengan ukuran yang relatif besar (rata-rata diameter vertikal x horisontal adalah  $35000 \mu\text{m}^2$ -- $45000 \mu\text{m}^2$ , dan kelompok polen dengan ukuran

yang relatif kecil (rata-rata diameter vertikal x horisontal adalah  $20000 \mu\text{m}^2$  --  $30000 \mu\text{m}^2$ ). Ukuran polen rata-rata tersebut diperoleh dengan mengalikan rata-rata diameter vertikal dengan diameter horisontal polen. Sketsa polen dengan ukuran yang relatif besar dan kecil dapat dilihat pada Gambar 4.51. Sedangkan diagram yang menggambarkan pengelompokkan polen berdasarkan ukurannya dapat dilihat pada Gambar 4.52.

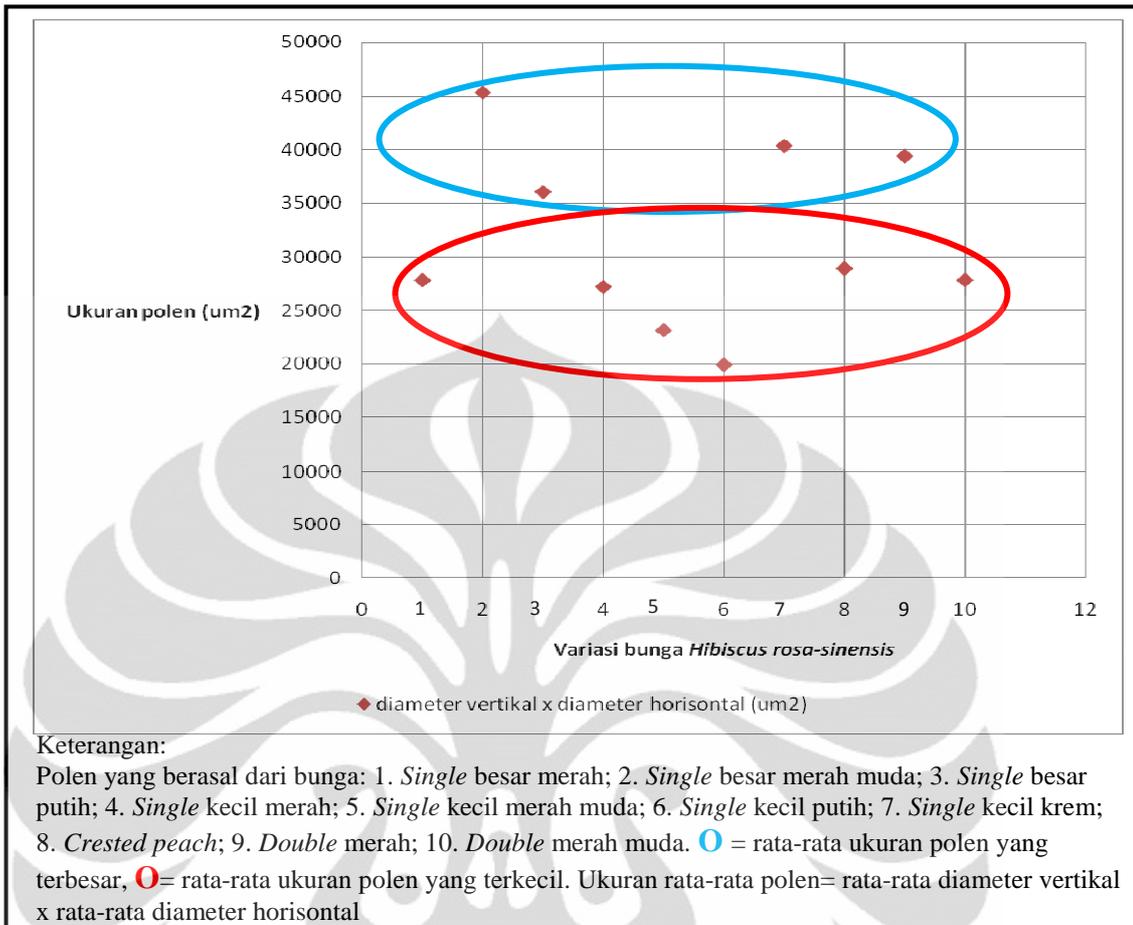
Polen dengan ukuran yang relatif besar dimiliki oleh bunga *single* besar merah muda, *single* besar putih, *single* kecil krem, dan *double* merah. Polen dengan ukuran yang relatif kecil dimiliki oleh bunga *single* besar merah, *single* kecil merah, *single* kecil merah muda, *single* kecil putih, *crested peach*, dan *double* merah muda. Berdasarkan Tabel 4.9, kelompok bunga *single* besar memiliki rata-rata diameter polen terbesar, yaitu dengan ukuran diameter vertikal (dv) =  $174,985 \mu\text{m}$ , dan diameter horisontal (dh) =  $206,023 \mu\text{m}$ . Kelompok bunga *double* memiliki ukuran polen terbesar kedua (dv=  $170,407 \mu\text{m}$ , dh=  $195,885 \mu\text{m}$ ), kemudian diikuti dengan kelompok bunga *crested peach* (dv=  $157,484 \mu\text{m}$ , dh=  $183,6 \mu\text{m}$ ). Bunga *single* kecil memiliki ukuran polen yang terkecil (dv=  $152,156 \mu\text{m}$ , dh=  $178,312 \mu\text{m}$ ).



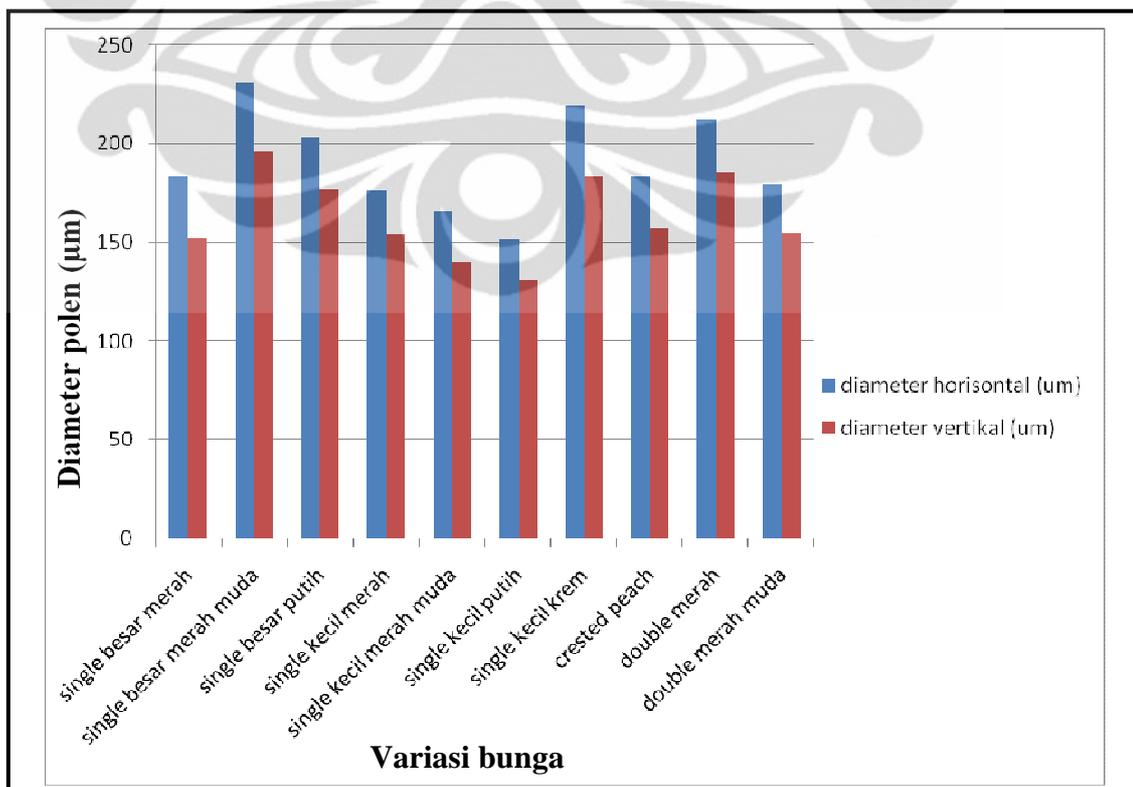
Gambar 4.51 Sketsa polen *H. rosa-sinensis* dengan ukuran yang relatif besar (kelompok 1) dan relatif kecil (kelompok 2) [Sumber: dokumentasi pribadi, 2011.]

Tabel 4.9 Perbandingan morfologi polen dari seluruh variasi bunga *H.rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

No	Variasi bentuk bunga	Variasi warna bunga	Ukuran polen		Bentuk polen	Tipe apertur	Ornamentasi eksin	Apex ekinet (duri)	Duri (spine) pada permukaan eksin	
			Rata-rata dv ( $\mu\text{m}$ )	Rata-rata dh ( $\mu\text{m}$ )					Panjang ( $\mu\text{m}$ )	Lebar ( $\mu\text{m}$ )
1.	<i>Single kecil</i>	Merah	154,314	176,25	<i>Globose</i>	<i>Pantoporate</i>	Ekinet (duri) ( <i>dimorphic</i> )	Tumpul, bercabang dua	23,573	14,144
		Merah muda	139,605	165,71	<i>Globose</i>	<i>Pantoporate</i>	Ekinet (duri) ( <i>dimorphic</i> )	Tumpul, bercabang dua	22,304	11,786
		Putih	130,832	151,86	<i>Globose</i>	<i>Pantoporate</i>	Ekinet (duri) ( <i>dimorphic</i> )	Tumpul, bercabang dua	21,125	11,786
		Krem	183,872	219,41	<i>Globose</i>	<i>Pantoporate</i>	Ekinet (duri) ( <i>monomorphic</i> )	Tumpul	25,9216	15,0506
		<b>X</b>	<b>152,156</b>	<b>178,31</b>						
2.	<i>Single besar</i>	Merah	152,138	182,96	<i>Globose</i>	<i>Pantoporate</i>	Ekinet (duri) ( <i>monomorphic</i> )	Tumpul, membulat	21,488	13,6
		Merah muda	196,2	231,2	<i>Globose</i>	<i>Pantoporate</i>	Ekinet (duri) ( <i>monomorphic</i> )	Tumpul, membulat	22,032	14,234
		Putih	176,618	203,90	<i>Globose</i>	<i>Pantoporate</i>	Ekinet (duri) ( <i>monomorphic</i> )	Membulat, berlekuk	25,84	15,323
		<b>X</b>	<b>174,985</b>	<b>206,02</b>						
3.	<i>Crested</i>	<i>Peach</i>	157,488	183,6	<i>Globose</i>	<i>Pantoporate</i>	Ekinet (duri) ( <i>monomorphic</i> )	Tumpul	24,208	13,69
		<b>X</b>	<b>157,484</b>	<b>183,6</b>						
4.	<i>Double</i>	Merah	185,594	212,34	<i>Globose</i>	<i>Pantoporate</i>	Ekinet (duri) ( <i>monomorphic</i> )	Tumpul, Membulat	23,12	13,056
		Merah muda	155,221	179,42	<i>Globose</i>	<i>Pantoporate</i>	Ekinet (duri) ( <i>monomorphic</i> )	Tumpul, Membulat	21,034	14,597
		<b>X</b>	<b>170,407</b>	<b>195,88</b>						



Gambar 4.52 Diagram pengelompokkan polen berdasarkan ukurannya



Gambar 4.53 Diagram batang perbandingan diameter polen dari seluruh variasi bunga *Hibiscus rosa-sinensis*

Ukuran polen suatu spesies tumbuhan ternyata berkorelasi positif dengan jumlah paket kromosom (ploidi) yang dikandungnya (Gould 1957: 71; Kapadia dan Gould 1964: 66; Altmann *dkk.* 1994: 654; Katsiotis dan Fersberg (2005: 103). Berdasarkan penelitian Gould (1957: 4). Spesies *Andropogon* (rumput-rumputan) dengan jumlah kromosom  $2n=60$  memiliki diameter polen rata-rata  $29\ \mu\text{m}$ , sedangkan *Andropogon* dengan jumlah kromosom  $2n=120$ , memiliki diameter polen  $37, 38, 41, 42\ \mu\text{m}$ , dan *Andropogon* dengan jumlah kromosom  $2n=180$ , memiliki diameter kromosom  $48,5\ \mu\text{m}$ . Menurut Altman *dkk.* (1994: 654), *seedling Arabidopsis thaliana* dengan rata-rata ukuran polen (diameter vertikal x diameter horisontal) kurang dari  $500\ \mu\text{m}^2$  ( $<500\ \mu\text{m}^2$ ) ternyata memiliki kariotipe diploid ( $2n$ ), sedangkan *seedling* dengan ukuran polen lebih dari  $600\ \mu\text{m}^2$  ( $> 600\ \mu\text{m}^2$ ) ternyata memiliki kariotipe tetraploid ( $4n$ ).

Pendapat bahwa ukuran polen berkorelasi dengan jumlah kromosom semakin diperkuat oleh hasil penelitian Katsiotis dan Forsberg (2005: 103). *Avena sativa* dengan panjang polen  $39,3\ \mu\text{m}$  ternyata memiliki kromosom diploid ( $2n$ ), sedangkan polen dengan panjang  $41,3\ \mu\text{m}$  memiliki kromosom tetraploid ( $4n$ ), polen dengan panjang  $47\ \mu\text{m}$  memiliki kromosom heksaploid ( $6n$ ), dan polen dengan panjang  $48,8\ \mu\text{m}$  memiliki kromosom oktoploid ( $8n$ ). Hasil uji yang dilakukan juga menunjukkan adanya korelasi positif antara ukuran polen dengan jumlah paket kromosom (ploidi).

Variasi ukuran polen pada *H. rosa-sinensis* diduga juga mengindikasikan perbedaan jumlah ploidi kromosom yang dikandungnya. Polen *H. rosa-sinensis* dengan ukuran yang relatif besar diduga memiliki kromosom dengan jumlah ploidi kromosom yang lebih tinggi daripada polen dengan ukuran yang relatif kecil. Menurut Kramadibrata *dkk.* (1995: 4), *H. rosa-sinensis* var. *liliflorus* (dalam penelitian ini disebut bunga *single* kecil putih) memiliki jumlah kromosom diploid ( $2n$ ) = 24. Bunga *H. rosa-sinensis* var. *archeri* (dalam penelitian ini disebut bunga *single* kecil merah) memiliki jumlah kromosom diploid ( $2n$ ) = 36 kromosom.

Hasil perhitungan jumlah kromosom oleh Kramadibrata *dkk.* (1995: 4) ternyata berkorelasi positif dengan ukuran polen yang diperoleh dari hasil penelitian. Berdasarkan hasil penelitian, bunga *single* kecil putih memiliki ukuran

polen yang lebih kecil (130,832  $\mu\text{m}$  x 151,866  $\mu\text{m}$ ) dibandingkan bunga *single* kecil merah (154,  $\mu\text{m}$  314 x 176,256  $\mu\text{m}$ ).

Menurut Kramadibrata *dkk.* (1995: 4), bunga *H. rosa-sinensis* bentuk *double* dan *single* besar merupakan keturunan asli dari *H. rosa-sinensis* yang telah mengalami duplikasi kromosom. Bunga *double* dan *single* besar memiliki jumlah kromosom diploid ( $2n$ )= 48 kromosom. Penggandaan jumlah kromosom pada bunga *double* dan *single* besar *H. rosa-sinensis* merupakan suatu hal yang wajar terjadi pada kebanyakan tanaman budidaya.

Berdasarkan pengukuran polen, bunga *single* besar dan *double* memiliki ukuran polen yang paling besar dibandingkan dengan bunga *single* kecil dan *crested*. Polen dari variasi bunga *crested* dan *single* kecil krem *H. rosa-sinensis* memiliki ukuran yang hampir sama dengan bunga *single* besar merah dan *double* merah muda (Gambar 4.53). Oleh karena itu, diduga jumlah kromosom pada bunga *crested* dan *single* kecil krem sama dengan jumlah kromosom pada bunga *single* besar merah, dan *double* merah muda, yaitu sama-sama memiliki kromosom diploid ( $2n$ )=48 kromosom.

Hasil penelitian Kramadibrata *dkk.* (1995: 4) berbeda dengan Hinsley (2009: 2). Menurut Hinsley, *H. rosa-sinensis* var. *archeri* memiliki 84 kromosom ( $4n$ ). Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Youngman (1972) dan Skovsted (1941). Sedangkan menurut Kachacheba (2010: 428), jumlah kromosom pada *H. rosa-sinensis* dapat mencapai 170 kromosom ( $8n$ ). Oleh karena itu ada dua pendapat mengenai jumlah dasar (haploid) kromosom *H. rosa-sinensis*.

Kramadibrata *dkk.* (1995: 4) berpendapat bahwa jumlah haploid ( $n$ ) kromosom *H. rosa-sinensis* adalah 24 kromosom, sedangkan menurut Kachacheba (2010: 429), *H. rosa-sinensis* memiliki jumlah kromosom haploid sebanyak 21 kromosom.

Kachacheba (2010: 431) menjelaskan bahwa penggandaan jumlah paket kromosom (ploidi) dapat disebabkan oleh fragmentasi dan duplikasi kromosom dasar (kromosom haploid). Pada *Hibiscus cameronii*, jumlah kromosom diploid ( $2n$ ) adalah 42 kromosom. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa jumlah kromosom diploid ( $2n$ ) *H. cameronii* adalah 40 kromosom. Penambahan dua kromosom diduga disebabkan oleh mutasi duplikasi yang terjadi. Kachacheba (2010: 431) dan Altmann *dkk.* (1994: 656) juga menjelaskan bahwa ukuran

morfologi tanaman juga dapat dijadikan dasar dalam memprediksi jumlah ploidi kromosom yang dikandungnya. Tanaman dengan jumlah kromosom poliploid umumnya memiliki ukuran daun, bunga, dan tanaman yang lebih besar dari pada tumbuhan dengan jumlah kromosom diploid.

Pernyataan tersebut sesuai dengan hasil penelitian. Individu *H. rosa-sinensis* dengan ukuran bunga yang relatif besar ternyata memiliki polen dengan ukuran yang juga relatif besar. Individu tersebut diduga memiliki jumlah paket kromosom (ploidi) yang lebih banyak dibandingkan individu yang menghasilkan bunga dengan ukuran yang relatif kecil. Meskipun demikian, menurut Karlsdottir ukuran polen antara variasi tanaman dapat saling tumpang tindih (*overlap*). Tanaman dengan rata-rata ukuran polen yang relatif besar juga dapat menghasilkan polen dengan ukuran yang relatif kecil, meskipun jumlahnya sedikit.

Jumlah kromosom	Diameter polen	Hasil keturunan (jumlah kromosom dan ukuran polen)
<i>Hibiscus schizopetalus</i> 2n= 24 (Kramadibrata dkk 1995: 4.)	124µm (Bibi dkk. 2008: 1563)	
X	→	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> var. <i>archeri</i> (bunga <i>single</i> kecil) 2n= 36 (Kramadibrata dkk. 1995: 4) D polen= 124 µm (Bibi dkk. 2008: 1563) D polen=154,314 µm (hasil penelitian)
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> 2n=24 2n=36 (Kramadibrata dkk. 1995: 4.)	133µm (Bibi dkk. 2008: 1563)	
X	→	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> var. <i>liliflorus</i> (bunga <i>single</i> kecil putih) 2n=24 (Kramadibrata dkk.) D polen = 165 µm (Bibi dkk.) D polen = 130,832µm (hasil penelitian)
<i>Hibiscus liliflorus</i> 2n=24 (diduga)	124µm (diduga)	(bunga <i>double</i> ) 2n= 24, 36, 48 (Kramadibrata dkk.) D polen= 133 µm (Bibi dkk.) D polen= 170,407µm (hasil penelitian)

Keterangan:

>< berarti disilangkan (dikawinkan), → berarti menghasilkan keturunan

Gambar 4.54 Skema persilangan antara genus *Hibiscus*, perbandingan ukuran polen, dan jumlah ploidi kromosom [Sumber: Kramadibrata dkk. 1995: 4, Bibi dkk. 2008:1563.]

Persilangan (hibridisasi) antara genus *Hibiscus* diduga menjadi penyebab bervariasinya jumlah kromosom pada *H. rosa-sinensis* (Gambar 4.54). Gambar 4.54 menjelaskan sebagian kecil persilangan yang terjadi pada genus *Hibiscus*. Seluruh keturunan dari hasil persilangan tersebut diberi nama *Hibiscus rosa-sinensis* dengan nama variasi yang berbeda-beda. Kachacheba (2010: 430) melaporkan bahwa bunga *Hibiscus marmoratus*, *H. punaluuensis*, *H. schizopetalus*, *H. waimae*, dan *H. rosa-sinensis* dapat saling disilangkan satu sama lain. Kramadibrata *dkk.* (1995: 1) menambahkan bahwa sebagian besar tanaman *H. rosa-sinensis* yang dibudidayakan di wilayah Jakarta, Depok, dan Bogor merupakan tanaman hibrid. Penggandaan jumlah kromosom merupakan hal yang wajar terjadi pada tanaman budidaya (hortikultura), seperti *H. rosa-sinensis*.

Keabnormalan kromosom, seperti penggandaan jumlah kromosom menyebabkan bunga *H. rosa-sinensis* hibrid bersifat steril. Oleh karena itu, perbanyakan tanaman tidak lagi dapat dilakukan secara generatif, melalui proses perkawinan (biji). Perbanyakan tanaman *H. rosa-sinensis* umumnya dilakukan secara vegetatif melalui stek batang.

#### **4.5 Perbandingan hasil molekular (ekspresi gen *AGAMOUS*) pada bunga *single*, *crested*, dan *double H. rosa-sinensis***

Pengambilan data molekuler bertujuan untuk mengetahui ekspresi gen *AGAMOUS* (gen homeotik kelas C) pada ketiga variasi bentuk bunga *H. rosa-sinensis* (bunga *single*, *crested*, dan *double*). Pengambilan data molekuler dilakukan melalui beberapa tahapan teknik molekuler yaitu isolasi RNA, transkripsi balik melalui PCR (*reverse transcription PCR*) untuk mendapatkan *complementary DNA* dari RNA yang telah diperoleh, elektroforesis, dan visualisasi hasil elektroforesis menggunakan *gel doc*. Isolasi RNA dilakukan menggunakan prosedur PureLink™ RNA Mini Kit [Invitrogen]. Keuntungan isolasi RNA menggunakan prosedur tersebut adalah lebih praktis dan proses lebih cepat daripada metode isolasi RNA tanpa menggunakan kit. Waktu yang dibutuhkan untuk sekali isolasi RNA adalah 2--3 jam. Kelebihan lain isolasi RNA menggunakan prosedur PureLink™ RNA Mini Kit [Invitrogen] adalah

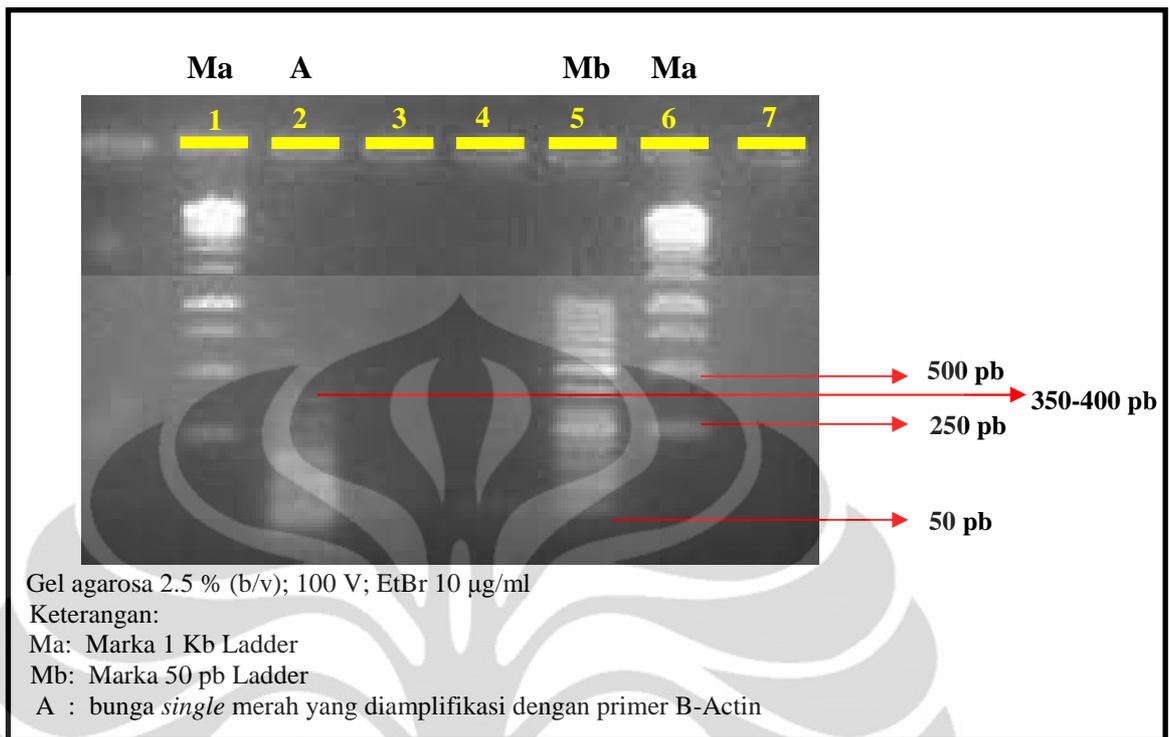
jumlah konsentrasi RNA yang diisolasi lebih banyak, sebab tabung pengumpul (*collection tube*) memiliki membran yang akan berikatan dengan RNA saat isolasi RNA dilakukan. Keuntungan lain adalah lebih aman karena bahan untuk ekstraksi tidak mengandung zat berbahaya seperti fenol/kloroform.

Sampel yang digunakan untuk isolasi RNA adalah bagian alat kelamin bunga, baik *pistillum* maupun *stamen* bunga *H. rosa-sinensis*. *Petal* tambahan hasil modifikasi *stamen* pada bunga *crested* dan *double* juga menjadi sampel dalam isolasi RNA. Pengambilan sampel tersebut didasarkan pada konsep peran gen homeotik dalam perkembangan bunga. Menurut Adam *dkk.* (2006:16), gen *AGAMOUS* yang termasuk kelas gen C dan *APETALA 3* (AP3) yang termasuk kelas gen B, bersama-sama bertanggung jawab dalam pembentukan *stamen*. Kegagalan ekspresi pada kelas gen C (gen *AGAMOUS*) akan mengakibatkan *stamen* gagal terbentuk, dan digantikan dengan struktur yang menyerupai *petal* (*petaloid*). Kegagalan ekspresi kelas gen C juga berakibat pada kegagalan perkembangan ovarium.

Isolasi RNA untuk mengetahui ekspresi gen *AGAMOUS* pada ketiga variasi bentuk bunga diharapkan dapat memberikan informasi yang memperkuat dugaan bahwa pada bunga *crested* dan *double* tidak memiliki ekspresi gen *AGAMOUS*. Akibatnya, *stamen* mengalami modifikasi menjadi struktur yang menyerupai *petal*, dan tereduksinya ovarium.

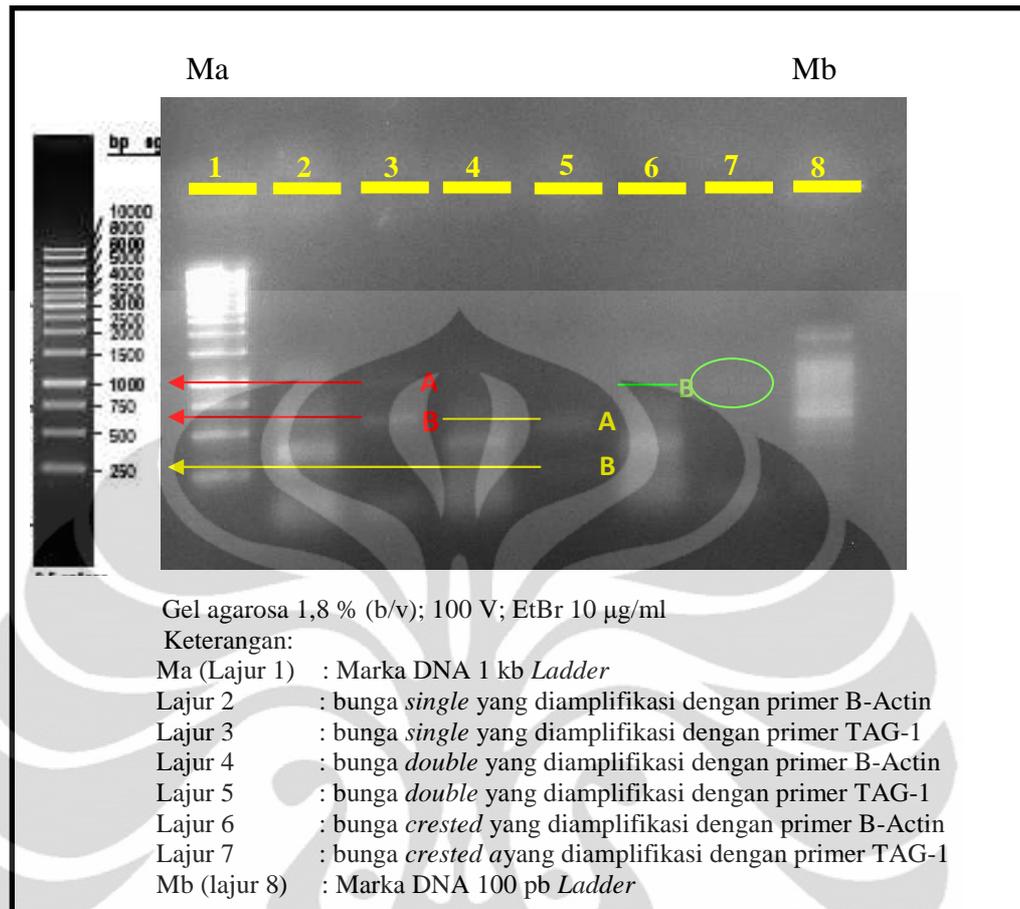
Sampel RNA yang telah berhasil diisolasi selanjutnya digunakan sebagai cetakan (*template*) dalam proses amplifikasi *in vitro* menggunakan teknik PCR. Amplifikasi menggunakan primer beta-actin sebagai kontrol positif, serta 2 jenis primer *AGAMOUS* yaitu TAG-1 dari *Lycopersicon esculentum*, primer TcAg dari *Cocoa* sp., dan primer *AGAMOUS like*, AGL-24, dari *Arabidopsis thaliana*. Penggunaan primer gen *AGAMOUS* dan turunan *AGAMOUS* (*AGAMOUS like*) dari tumbuhan dikotil yang lain disebabkan oleh belum tersedianya *data base* gen *AGAMOUS H. rosa-sinensis* di GeneBank.

Hasil visualisasi pada Gambar 4.55 menunjukkan bahwa pita tunggal fragmen DNA berukuran  $\pm 350$ --400 pb terlihat pada lajur gen kontrol positif, gen beta-actin (lajur 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa RNA berhasil diisolasi dari bunga *single* merah *H. rosa-sinensis*.



Gambar 4.55 Hasil visualisasi DNA produk PCR yang diamplifikasi dengan primer beta-actin  
 [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

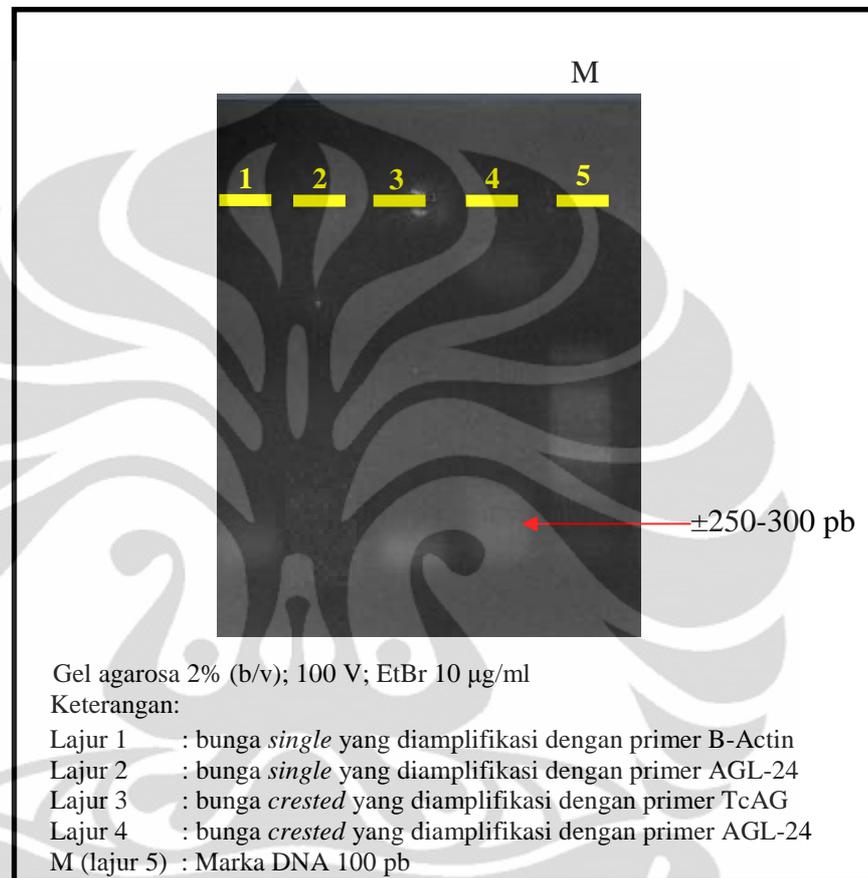
Gambar 4.56 merupakan hasil visualisasi produk PCR yang diamplifikasi menggunakan gen *AGAMOUS* TAG-1. Sampel bunga *single peach* dan *crested peach* yang digunakan dalam isolasi RNA berasal dari individu tanaman *H. rosa-sinensis* yang sama. Gambar hasil visualisasi tersebut memperlihatkan bahwa gen *AGAMOUS* teramplifikasi pada ketiga jenis bunga, yaitu bunga *single* (Lajur 3), *double* (Lajur 5), dan bunga *crested* (lajur 7). Fragmen gen *AGAMOUS* yang terbentuk pada bunga *single* dan *double* belum spesifik, yang diindikasikan dengan terbentuknya lebih dari 1 pita DNA. Pada kedua sampel bunga tersebut terbentuk 2 pita DNA (A dan B).



Gambar 4.56 Hasil visualisasi DNA produk PCR yang diamplifikasi dengan primer beta- actin dan TAG-1  
[Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Gambar 4.56 menunjukkan bahwa pita DNA pada bunga *single* masing-masing berukuran 700--750 pb dan  $\pm 1000$  pb (lajur 3), sedangkan pita DNA bunga *double* berukuran 250--300 pb dan 700--750 pb (lajur 5). Gen *AGAMOUS* juga diduga teramplifikasi pada bunga *crested peach* karena pada lajur 7 terlihat terbentuk pita berukuran  $\pm 1000$  pb, namun masih sangat samar. Pita B dari bunga *single* memiliki ukuran yang sama dengan pita A dari bunga *double*. Kedua pita tersebut terbentuk dengan tebal dan jelas sehingga diduga sebagai fragmen gen *AGAMOUS* yang menjadi target amplifikasi yaitu TAG-1. Sedangkan pita A dari bunga *single* yang memiliki ukuran yang sama dengan pita pada *crested* serta pita B dari *double* merah karena terlihat sangat tipis dan samar maka diduga sebagai fragmen gen turunan *AGAMOUS* (*AGAMOUS like*) atau gen ortolog *AGAMOUS*.

Gambar 4.57 merupakan hasil visualisasi produk PCR yang diamplifikasi menggunakan primer berupa gen turunan *AGAMOUS*, AGL-24 dari *Arabidopsis thaliana*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fragmen gen AGL-24 teramplifikasi pada bunga *crested* dan bunga *single* dengan ukuran  $\pm 250\text{--}300$  pb.



Gambar 4.57 Hasil visualisasi DNA produk PCR yang diamplifikasi dengan primer beta-actin, AGL-24, dan TcAG [Sumber: dokumentasi pribadi, 2010.]

Modifikasi *stamen* menjadi *petal* (*petaloid*) dan *staminodium petaloid* yang ditemukan pada bunga *crested* dan *double H. rosa-sinensis* diduga disebabkan oleh tidak terekspresinya kelas gen C (gen *AGAMOUS*). Sehingga dapat diasumsikan bahwa gen *AGAMOUS* hanya akan terekspresi pada bunga *single*. Namun, berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa gen *AGAMOUS* dan gen *AGAMOUS*-like terekspresi pada ketiga bentuk bunga tersebut meskipun dengan pola yang berbeda.

Gen *AGAMOUS* (TAG-1) muncul pada bunga *single* dan *double*, sedangkan gen turunan *AGAMOUS* (belum diketahui) muncul pada bunga *single*

dan *crested* yang berasal dari satu individu, dan gen turunan *AGAMOUS* (AGL-24) muncul baik pada bunga *single*, *double*, maupun *crested*. Namun hasil tersebut masih perlu dikonfirmasi lebih lanjut karena kondisi optimal untuk amplifikasi (PCR) belum diperoleh. Jika kondisi optimasi optimal untuk amplifikasi fragmen gen *AGAMOUS* telah diperoleh kemudian pita-pita yang terbentuk pada ketiga jenis bunga *H. rosa-sinensis* dalam kondisi amplifikasi optimal tersebut sama dengan hasil di atas, maka dapat disimpulkan bahwa kemungkinan perubahan *stamen* menjadi *petal* pada bunga *H. rosa-sinensis* tidak hanya dikontrol oleh 1 kelas gen (gen *AGAMOUS*). Meskipun demikian, perlu dilakukan penelitian terhadap kelas gen homeotik lain yang terlibat dalam mengontrol perubahan *stamen* menjadi *petal* pada bunga *H. rosa-sinensis double* dan *crested*.

Hasil penelitian menunjukkan adanya ekspresi gen *AGAMOUS* pada ketiga variasi bentuk bunga *H. rosa-sinensis single*, *crested*, dan *double* memperkuat dugaan bahwa terbentuknya struktur yang menyerupai *petal* pada posisi yang secara normal membentuk *stamen* bukan disebabkan oleh mutasi gen *AGAMOUS*. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil penelitian yang menunjukkan munculnya pita DNA gen *AGAMOUS* pada ketiganya. Modifikasi *stamen* menjadi *petal* pada bunga *crested* dan *single* diduga disebabkan oleh ekspresi berlebihan kelas gen A pada lingkaran *stamen* (*stamen*). Lingkaran *stamen* yang harusnya hanya mengekspresikan gen homeotik kelas C juga mengalami pengaruh kelas gen A. Akibatnya, *stamen* mengalami modifikasi menjadi struktur yang menyerupai *petal*.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Variasi bunga *H. rosa-sinensis* yang terdapat di Kampus UI, Depok terdiri atas bunga bentuk *single* berukuran besar (rata-rata panjang *petal* x rata-rata lebar *petal*= 6,293 cm x 4,395 cm), bunga *single* berukuran kecil (5,86 cm x 3,635 cm), bunga *crested*, *double* berukuran besar (5,36 cm x 4,815 cm), dan *double* berukuran kecil (3,864 cm x 2,694 cm).
2. Variasi warna pada bunga *single* besar *H. rosa-sinensis* antara lain merah, merah muda, dan putih. Variasi warna pada bunga *single* kecil adalah merah, merah muda, putih, dan krem. Bunga *crested* hanya ditemukan berwarna *peach*. Bunga *double* memiliki variasi warna merah dan merah muda.
3. Ketiga variasi bentuk bunga *H. rosa-sinensis* (*single*, *crested*, dan *double*) dapat dengan mudah dibedakan melalui karakter *petal* tambahan, jumlah *stamen*, dan struktur *pistillum*.
4. Bunga *single* memiliki *petal pentamerous* tanpa *petal* tambahan, *stamen* berjumlah 46--101 *stamen*.
5. Bunga *crested* memiliki *petal pentamerous*, *petal* tambahan berupa *staminodium petaloid* sebanyak 7--28 ( $x=19,01$ ), dan struktur intermediet *stamen-petal* sebanyak 1--21 ( $x=9,2$ ), serta memiliki *stamen* berjumlah 0--44 ( $x=12$ ).
6. Bunga *double* memiliki *petal pentamerous*, *petal* tambahan berupa *staminodium petaloid* 5--36 ( $x=18,6$ ), dan struktur intermediet *stamen-petal* 0--14 ( $x=5,32$ ), serta *stamen* berjumlah 3--88 ( $x=38$ ).
7. Jumlah *petal* tambahan berkorelasi negatif dengan jumlah *stamen*.
8. Seluruh bagian *pistillum* (*stigma*, *stylus*, dan ovarium) pada bunga *single* terbentuk sempurna. Bunga *crested* dan *double* dapat memiliki *pistillum* yang terbentuk sempurna, namun ditemukan juga bunga *double* dengan *pistillum* yang tereduksi (*stigma* tidak terbentuk, *stylus* yang memipih, berwarna seperti struktur *petal*, ovarium yang memuntir, dan bermodifikasi menjadi *sepal*).

9. Morfologi polen dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* memiliki bentuk yang seragam. Polen *H. rosa-sinensis* merupakan polen soliter, berbentuk *globose, prolate sferoidal* hingga *oblate sferoidal*, apertur polen *polyantoporate*, ornamentasi eksin berupa duri (ekinet) dengan apeks yang tumpul, membulat, bercabang dua, dan berlekuk. Polen dengan ukuran terbesar dimiliki oleh variasi bunga *double* dan *single* besar. Polen dengan ukuran terkecil adalah bunga *single* kecil. Ukuran polen berkorelasi positif dengan ukuran bunga.
10. Gen AGAMOUS terekspresi pada bunga *single, crested, dan double H. rosa-sinensis*.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya pengamatan morfologi polen menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* untuk melihat secara detail perbandingan morfologi polen pada seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis*, sekaligus melengkapi hasil morfologi polen (menggunakan mikroskop cahaya) yang telah diperoleh dalam penelitian.
2. Analisis kromosom dari seluruh variasi bunga *H. rosa-sinensis* penting dilakukan untuk mendukung data morfologi, dan polen yang telah diperoleh.
3. Studi mengenai gen-gen homeotik (kelas gen A, B, C, D, dan E) yang bertanggung jawab dalam perkembangan bunga *H. rosa-sinensis* sebaiknya dilakukan secara intensif.
4. Pengamatan kondisi abiotik dan interaksi dengan organisme lain (biotik) penting dilakukan untuk mengetahui secara jelas kondisi lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan bunga *H. rosa-sinensis*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam, H., S. Jouannic., F. Morcillo., F. Richaud., Y. Duva & J. W. Tregear. 2006. MADS Box Genes in Oil Palm (*Elaeis guineensis*): Patterns in the Evolution of the *SQUAMOSA*, *DEFICIENS*, *GLOBOSA*, *AGAMOUS*, and *SEPALLATA* Subfamilies. *Journal of molecular evolution* **62**: 15--31.
- Adekanmbi, O.H. 2009. Pollen grains of Asteraceae and analogous echinate grains. *International journal of botany* **5**(4): 295--300.
- Altmann, T., B. Damm., W. B. Frommer., T. Martin., P. C. Morris., D. Schweizer., L. Willmitzer & R. Schmidt. 2006. Easy determination of ploidy level in *Arabidopsis thaliana* plants by means of pollen size measurement. *Flower breeding & genetics* **2**: 479--489.
- Aprianty, N. M. D. & E. Kriswiyanti. 2008. Studi variasi ukuran serbuk sari kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*) dengan warna bunga berbeda. *Jurnal biologi* **12**(1): 14--18.
- Barabe, D. & C. R. Lacroix. 1999. Homeosis, morphogenetic gradient and the determination of floral identity in the inflorescences of *Philodendron solimoesense* (Araceae). *Plant syst. evol* **219**: 243--261.
- Becker, J. M., G.A. Caldwell & E. A. Zachgo. 1996. *Biotechnology: a laboratory course*. Academic Press, Inc., California: xx + 261 hlm.
- Beers, C. L. & J. Howie. 1990. Growing *Hibiscus*. 1990: 31 hlm.  
<http://www.hibiscusworld.com/BeersBook/Intro.htm>. 3 Juli 2009, pk. 09.04.
- Benedito, V. A., P. B. Visser., J. M. Tuyl., G. C. Angenent., S. C. deVries & F. A. Krens. 2003. Ectopic expression of LLAG1, an *AGAMOUS* homologue from lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) causes floral homeotic modifications in *Arabidopsis*. *Journal of experimental botany* **55**(401): 1391--1399.
- Bernier, G., A. Havelange., C. Houssa., A. Petitjean & P. Lejeune. 1993. Physiological signals that induce flowering. *The plant cell* **5**: 1147--1155.
- Bhalla, s., J. O. Abdullah., S. Sreeramanan & C. Karuthan. 2009. Shoots Induction from *Hibiscus rosa-sinensis* Nodal Explant Using N6-

- benzylaminopurine (BAP). *Research journal of agriculture and biological sciences* **5**(4): 403--410.
- Bibi, N., M. Hussain & N. Akhtar. 2008. Palynological study of some cultivated species of genus *Hibiscus* from North west frontier province (N.W.F.P) Pakistan. *Pakistan journal botany* **40**(4): 1561--1569.
- Bowman, J. L., D. R. Smyth & E. M. Mayerowitz. 1989. Genes Directing Flower Development in *Arabidopsis*. *The plant cell* **1**: 37--52.
- Bowman, J.L., D.R. Smyth & E.M. Mayerowitz. 1991. Genetic interactions among floral homeotic genes of *Arabidopsis*. *Development* **112**: 1--20.
- Bowman, J. L. 1997. Evolutionary conservation of angiosperm flower development at the molecular and genetic levels. *Journal biosci* **22**(4): 515--527.
- Bowman, J. L. 2010. Plant reproduction chapter 42. 29 hlm. The McGraw-Hills Companies, Inc.
- Boyer, R. F. 1993. *Modern experimental biochemistry*. 2nd ed. The Benjamin Cumming Publishing Company, Inc., California: xix + 555 hlm.
- Brown, T.A. 2002. *Genetics a molecular approach*. 2nd ed. Chapman & Hall, Hongkong: xxii + 467 hlm.
- Campbell, N. A., J. B. Reece & L. G. Mitchell. 2002. Biologi. Terj. Dari Biology, oleh Lestari, R., E. I. M. Adil., N. Anita., Andri, W. F. Wibowo & W. Manalu. Penerbit Erlangga, Jakarta: xxi + 438 hlm.
- Chaidamsari, T., Samanhudi., H. Sugiarti., D. Santoso., G. C. Angenent & R. A. Maagd. Isolation and characterization of an *AGAMOUS* homologue from cocoa. 2006. *Plant science* **170**: 968--975.
- Craene, R. 2009. The evolutionary significance of homeosis in flowers: a morphological perspective. *International Journal of Plant Sciences* **164**: 225--235.
- Decraene, R & E. F. Smets. 2001. Staminodes: Their Morphological and Evolutionary Significance. *Springer* **67**(3): 351--402.
- Ditkeskanling. 2005. Siklus PCR. 7 hlm. <http://www.ditkeskanling.go.id>. 22 April 2010, pk. 09.15.

- El Naggat, S. M. 2004. Pollen morphology of Egyptian Malvaceae: an assessment of taxonomic value. *Turkey journal of botany* **28**: 227-- 240.
- Fairbanks, D. J. & W. Andersen. 1999. *Genetics: the continuity of life*. Brooks/Cole Publishing Company, Pacific Groove: v + 820 hlm.
- Farrel, R.E. 1993. *RNA methodologies: A laboratory guide for isolation and characterization*. Academic Press, San Diego: xiv + 317 hlm.
- Ferrario, S., R. G. Immink & G. C. Angenent. 2004. Conservation and diversity in flower land. *Science direct* **7**: 84--91.
- Flower picture gallery. 2010. Yellow *Hibiscus rosa-sinensis* flower picture. 2010: 1 hlm. <http://www.flowerpicturegallery.com/main.php>. 10 Mei 2011, pk. 11.14.
- Forsling, Y. 2010. *Hibiscus* introduction. 2010: 6 hlm. 11.17. <http://hibiscus-sinensis.com/hibiscus.html>. 6 Mei, pk. 11.47.
- Forest & Kim, J. 2011. Plants of Hawaii. 2011: 1 hlm. <http://www.hear.org/starr/images/species/?q=hibiscus+rosa-sinensis&o=plants>. 10 Mei 2011, pk. 11.14.
- Freifelder, D. 1987. *Molecular Biology*. Jones and Barlett Publisher, Boston: xxiv + 834 hlm.
- Gandham, S. 2009. Kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*) 1 hlm. <http://jamu-herbal.com/kembang-sepatu-hibiscus-rosa-sinensis.html>. 17 Juni 2010.pk.21.28.
- Gilman, E.F. 1999. *Hibiscus rosa-sinensis*. *University of Florida cooperative extension service Institute of Food and Agricultural Sciences* **254**: 1--3.
- Gould, F. W. 1957. Pollen Size as Related to Polyploidy and Speciation in the *Andropogon saccharoides-A.barbinodis* Complex. *Brittonia* **9**(2): 71--75.
- Gotsis, I. 2004. The Queen of the Tropics. 1 hlm. <http://www.mediterraneangardensociety.org/j-art-tropics.html>. 23 September 2010. pk. 23.11.
- Griffiths, A. J. F., Gelbart., M. William., Lewantin., C. Richard, R. Susan., D. Suzuki. 2004. *Introduction to genetic analysis*. 8 th ed. W. H. Free,am & Co., New York: xvi + 782 hlm.

- Guo, Hongwei. 2010. The genetics basis of development. 9hlm. Genes & development: a journal of cellular and molecular biology. Peking University: 1--9.
- Hinsley, S. R. 2009. Malvaceae info. 2009: 1 hlm. <http://www.malvaceae.info/>. 10 Mei 2011, pk. 11.14.
- Hopkins, W. G. 1999. *Introduction to plant physiology*. John Wiley & sons, Inc.: xv+512 hlm.
- Huala, E & I. M. Sussex. 1992. *LEAFY* interacts with floral homeotic genes to regulate *Arabidopsis* floral development. *The plant cell* 5:901--913.
- Hubpages. 2010. Health benefits of *Hibiscus*. 2010: 1hlm. <http://hubpages.com/hub/Health-Benefits-of-Hibiscus>. 3 Mei 2010. pk. 15.00.
- Info Tanaman Hias Indonesia. 2008. Khasiat dibalik tanaman hias. 1 hlm. <http://www.kebonkembang.com/serba-serbi-rubrik-44/164-khasiat-di-balik-tanaman-hias.html>. 17 Juni 2010. pk. 21.12 WIB.
- Innes, R. L., W. R. Remphrey & L. M. Lenz. 1989. An analysis of the development of single and double flowers in *Potentilla fruticosa*. *Canadian journal of botany* 67: 1071--1079.
- Invitrogen. 2009. PureLink™ RNA Mini Kit For purification of total RNA from a large variety of samples. *Ambion by Life Technology Invitrogen*. 71 hlm.
- Invitrogen. 2010. SuperScript® III One-Step RT-PCR System with Platinum® Taq DNA Polymerase. *Invitrogen by Life Technology*. 10 hlm.
- Irish, V. 2000. Variations on a theme: flower development and evolution. *Genome Biology* 1(2): 1015.1--1015.4.
- Jayaram, B. 2010. What is open reading frame (ORF). 1 hlm. <http://www.Supercomputing+Facility+for+Bioinformatics+%26+Computational+Biolog%2C+IIT+Delhi.html>. 17 Juni 2010, pk. 21.12
- Kachacheba, J. L. 2011. The cytotaxonomy of some spesies of *Hibiscus*. *Kew bulletin* 27(3): 425--433.
- Kapadia, Z. J & F. W. Gould. 1964. Biosystematic studies in the *Bouteloua curtipendula* complex. III. pollen size as related to chromosome numbers. *American journal of botany* 51(2): 166--172.

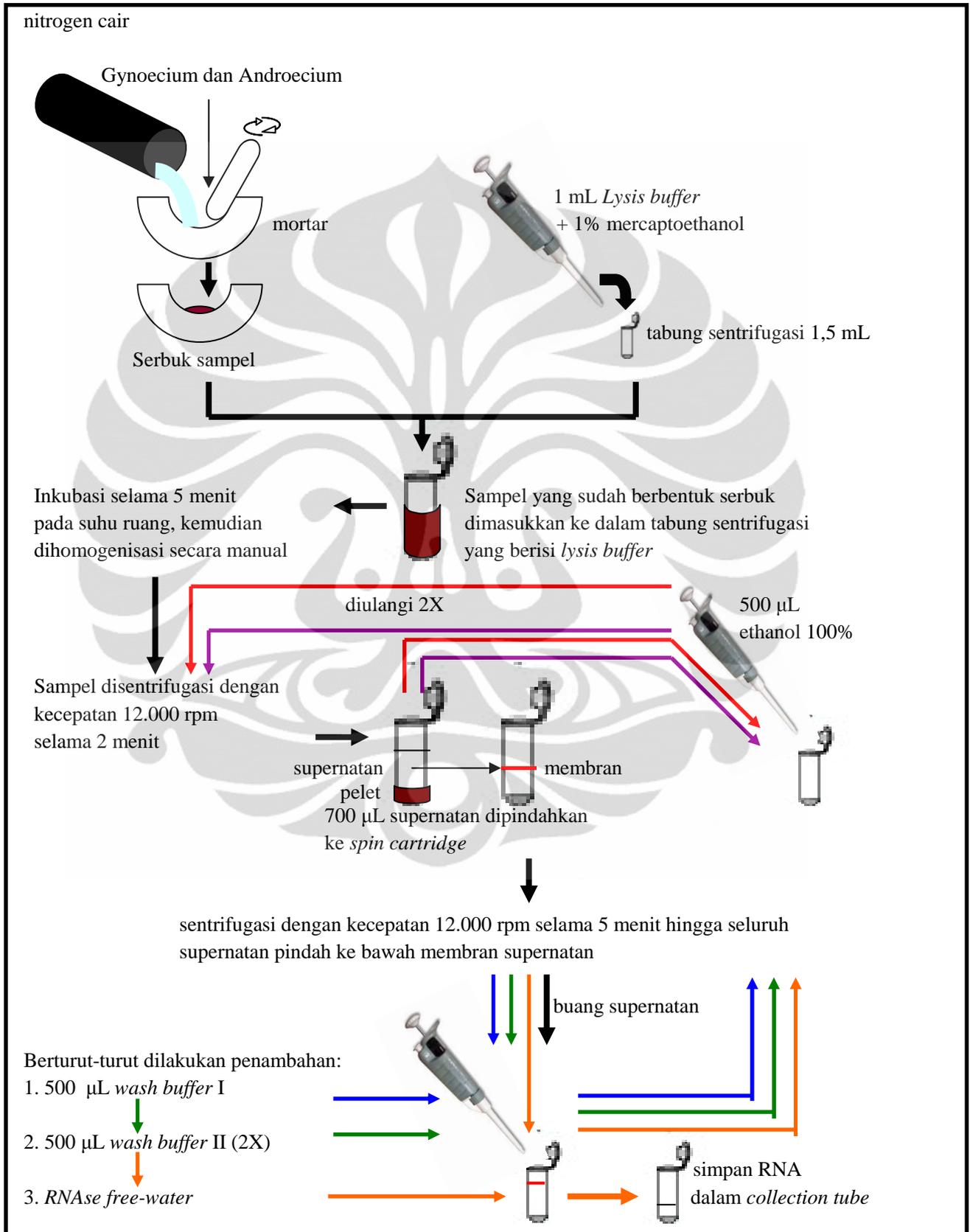
- Karlsdóttir, L., M. Hallsdóttir., A. Sigurgeirsson., P. Eysteinnsson, A. Pór Pórsson & K.A. Jónsson. ?. Size and shape of pollen grains from *Betula pubescens*, *Betula nana* and their hybrids.
- Katsiotis, A & R.A. Forsberg. 2005. Pollen grain size in four ploidy levels of genus *Avena*. *Plant cell reports* **13**(11): 652--656.
- Klug, W. S. & M. R. Cummings. 1994. *Concept of Genetics*. 4th ed. Prentice Hall, Inc., New Jarsey: xvi + 837 hlm.
- Kirchoff, B.K. 1991. Homeosis in the flowers of the zingiberales. *American journal of botany* **78**: 833--837.
- Kramadibrata, P., A. Salamah & A. Djalil. 1995. Hybrids detection on *Hibiscus rosa-sinensis* L. and *H. schizopetalus* (MAST.) Hook F. in gardens around Jakarta, Depok, and Bogor. *Research Institute of Science University of Indonesia*. 22 hlm.
- Lambers, H., F. S. Chapin & T.L. Pons. 1998. *Plant physiological anatomy*. Springer-Verlag New York. xxvi+540 hlm.
- Larcher, Walter. 2003. *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany. xx+513 hlm.
- Lawrence, E. 1989. *Henderson's of biological term*. 10th ed. John Will and sons, New York: ix + 637 hlm.
- Lehmann, N. L. & R. Sattler. 1992. Irregular floral development in *Calla palustris* (Araceae) and the concept of homeosis. *American journal of botany* **79**(10): 1145--1157.
- Li, G.S., Z. Meng., H.Z. Kong., Z.D. Chen., G. Theissen & A.M. Lu. 2005. Characterization of candidate class A, B and E floral homeotic genes from the perianthless basal angiosperm *Chloranthus spicatus* (Chloranthaceae). *Springer-Verlag Journal* **10**: 437--449.
- Llamas, K.A. 2003. *Tropical flowering plants: A guide to identification and cultivation*. Timber Press, Inc, Oregon: 423 hlm.
- Lodish, H., A. Berk., S.L. Zipursky., P. Matsudaria & J. Darnell. 2003. *Molecular cell biology*. 5 th ed. W. H. Freeman & Company, New York: 1052 hlm.
- MacIntyre, J. P. & C. R. Lacroix. 1996. Comparative development of perianth and androecial primordial of the single flower and the homeotic double-

- flowered mutant in *Hibiscus rosa-sinensis* (Malvaceae). *Canada journal of botany* **74**: 1871--1882.
- Manak, M. M. 1993. *Molecular cloning and screening*. Dalam: Keller, G. H. & M. M. Manak. (eds.). 1993. DNA probes: Background, application, procedures. 2nd ed. Stockton Press, New York: 325--376 hlm.
- Martin, R. 1996. *Gel electrophoresis: nucleic acid*. Bios Scientific Publisher, Ltd. Oxford: xii + 175 hlm.
- Meyer, V.G. 1966. Flower abnormalities. *Botanical review* **32**(2): 165--218.
- Modzelevich, M. 2011. *Hibiscus rosa-sinensis*, Chinese *Hibiscus*, shoe flower. 2011: 1 hlm. [http://www.flowersinrael.com/plant\\_list\\_exoticflowers.htm](http://www.flowersinrael.com/plant_list_exoticflowers.htm). 10 Mei 2011, pk. 11.14.
- Monji Plant profile. 2004. Single red *Hibiscus* (brilliant) *Hibiscus rosa-sinensis*. 2004: 1 hlm. <http://www.monjient.com/plants/03-47%20Hibiscus%20rosa-sinensis.pdf>. 10 Mei 2010, pk. 11.14.
- National Tropical Botanical Garden. 2010. *Hibiscus rosa-sinensis* (Malvaceae). 2007: 1 hlm. [http://www.ntbg.org/plants/plant\\_details.php?rid=446&plantid=6229](http://www.ntbg.org/plants/plant_details.php?rid=446&plantid=6229). 4 Mei 2010, pk. 12.04.
- Nayak, S., S. Raju & F. A. Orette. 2007. *Effects of Hibiscus rosa sinensis L (Malvaceae) on Wound Healing Activity: A Preclinical Study in a Sprague Dawley Rat*. SAGE journal **6**(2): 76--81.
- Netstate. 2009. Hawaii state flower. 1 hlm. [http://www.netstate.com/states/symb/flowers/hi\\_yellow\\_hibiscus.htm](http://www.netstate.com/states/symb/flowers/hi_yellow_hibiscus.htm). 24 Juni 2010. pk. 23.30.
- Nobertbermosa. 2009. 50 Amazingly Interesting Facts, Uses and Health Benefits of *Hibiscus*. Maret: 1 hlm. [http://www.bukisa.com/articles/40951\\_50-amazingly-interesting-facts-uses-and-health-benefits-of-hibiscus](http://www.bukisa.com/articles/40951_50-amazingly-interesting-facts-uses-and-health-benefits-of-hibiscus). 3 Mei 2010. pk 12.30.
- Noor, M. J., M. Ahmad., R. Asghar., A. Kanwal & S. Pervaiz. 2004. Palynological studies of cultivated plant species at University of Arid agriculture, Rawalpindi, Pakistan. *Asian journal of plant science* **3**(4): 476-479.

- Old, R.W. & Primrose. 1989. *Prinsip-prinsip manipulasi gen pengantar rekayasa genetika*. Printek, Bilbau: 438 hlm.
- Palumbi, S.R. 1996. *Nucleid Acids II: The polymerase chain reaction*. Dalam: Hillis, D.M., C. Moritz & B.K. Mable (eds.). 1996. Sinauer Association, Inc., Sunderland: xvi + 655 hlm.
- Powledge, T.M. 1995. The polymerase chain reaction. 8 hlm.  
<http://www.feseb.org>. 22 April 2010. pk. 09.15.
- Purseglove, J.W. 1987. *Tropical crops dicotyledons*. Longman Singapore Publishers, Singapura: xv + 719 hlm.
- Raven, P.H. & G.B. Johnson. 2002. *Biology* 6th ed. Mc-Graw Hill Companies, Inc., New York: xxix + 1238 hlm.
- Russell, P. J. 1994. *Fundamental of genetics*. Herper Collins College Publisher, New York: xvi + 540 hlm.
- Sambrook, J. & D.W. Russell. 2001. *Molecular cloning: a laboratory manual*. 3rd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York: xxvii + 1453 hlm.
- Sentra, B.D. 2005. Pengertian PCR. 1hlm.  
<http://www.sentrabd.com/main/info/PCR.html>. 22 April 2010. pk. 09.15.
- Sattler, R. 1988. Homeosis in plants. *American journal of botany* **75**(10): 1606-1617.
- Sawidis, T.H., P. Eleftheriou & I. Tsekos. 1987. The floral nectaries of *Hibiscus rosa-sinensis*. *Annals of botany* **59**(6): 643--652.
- Shaheen, N., M. A. Khan., G. Yasmin., M. Q. Hayat., S. Munsif & K. Ahmad. 2010. Foliar epidermal anatomy and pollen morphology of the genera *Alcea* and *Althaea* (Malvaceae) from Pakistan. *International journal of agriculture & biology* **12**: 329–334.
- Soltis, P., D. Soltis, & C. Edwards. 2005. Angiosperms flowering plants. 2005: 1 hlm. <http://www.tolweb.org/angiosperms>. 10 Mei 2010, pk. 11.14.
- Starr, C. & Taggart. 1992. *Biology the unity and diversity of life*. Wadsworth Publishing Company, Belmont: xxxvii + 921 hlm.
- Swanson, J. D. 2005. Flower development in *Theobroma cacao*: an assessment of morphological and molecular conservation of floral development between

- Arabidopsis thaliana* and *Theobroma cacao*. Thesis University of Pennsylvania State University. Pennsylvania: x+ 191 hlm.
- Tjitrosoepomo, G. 2005. *Morfologi tumbuhan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta: x + 266 hlm.
- Van Huylenbroeck, J. M., J. De Riek & M. De Loose. 1999. Genetic relationships among *Hibiscus syriacus*, *Hibiscus sinosyriacus* and *Hibiscus paramutabilis* revealed by AFLP, morphology and ploidy analysis. *Genetic Resources and Crop Evolution* **47**: 335--343.
- Van Steenis, C. G. G. J. Van., G. den Hoed., S. Bloembergen, & P. J. Eyma. 2006. *Flora*. Terj. dari *Flora*, oleh M. Surjowinoto, S. Hardjosuwarno, S.S. Adisewojo, Wibisono, M. Partodidjojo, & S. Wirjahardja. PT Pradnya Paramita, Jakarta: xii + 486 hlm.
- Vasudeva, R. & S. K. Sharma. 2007. Post-coital antifertility activity of *Hibiscus rosa-sinensis* Linn. roots. *Advance access publication* **5**(1): 91--94.
- Whipple, C.J., P. Ciceri., C. M. Padilla., B.A. Ambrose., S.L. Bandong & R.J. Schmidt. 2004. Conservation of B-class floral homeotic gene function between maize and *Arabidopsis*. *Development reseacrh article* **131**(24): 6083--6081.
- Wong, SK., Y. Y. Lim & E.W.C. Chan. 2009. Antioxidant properties of *Hibiscus*: spesies variation, altitudinal change, coastal influence, and floral color change. *Journal of tropical forest sciences* ? : 1--8.
- Yamaguchi, T., D.Y. Lee., A. Miyao., H. Hirochika & G. An. 2006. Functional diversification of the two C-class MADS box genes OSMADS3 and OSMADS58 in *Oryza sativa*. *The plant cell* **18**: 15--28.
- Yu, Hao., Y. Xu., E.L. Tan & P.P. Kumar. 2002. AGAMOUS-LIKE 24, a dosage-dependent mediator of the flowering signals. *Department of Biological Sciences, Faculty of Science, National University of Singapore* **199** (25): 16336--16341.
- Yan Jing, Zhang Cheng & Wang Zhezhi. 2006. Comparison and improvement of different methods of RNA isolation from *Phaseolus radiates*. *Molecular plant breeding* **4**(5): 731--734.

Lampiran 1  
Skema tahapan isolasi RNA dengan protokol PureLink™RNA Mini Kit [Invitrogen]

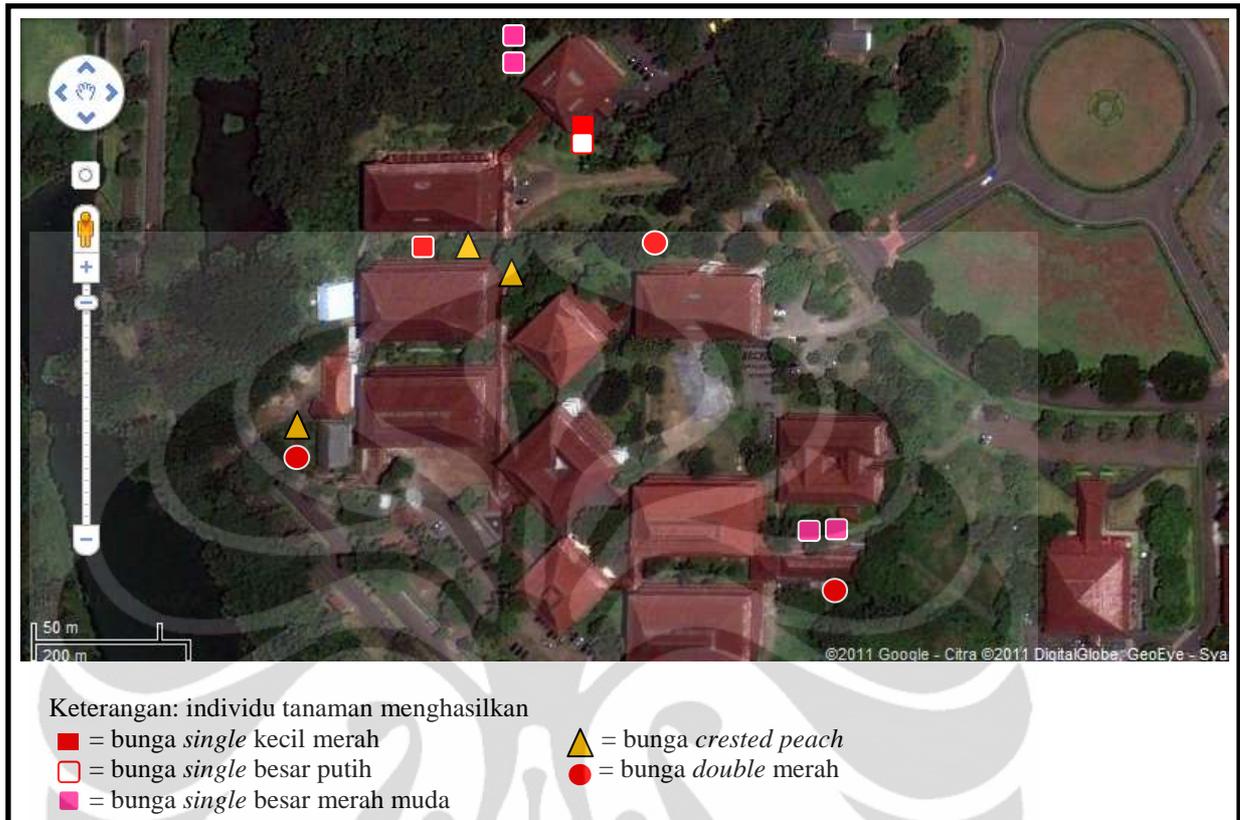


Lampiran 2  
Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok

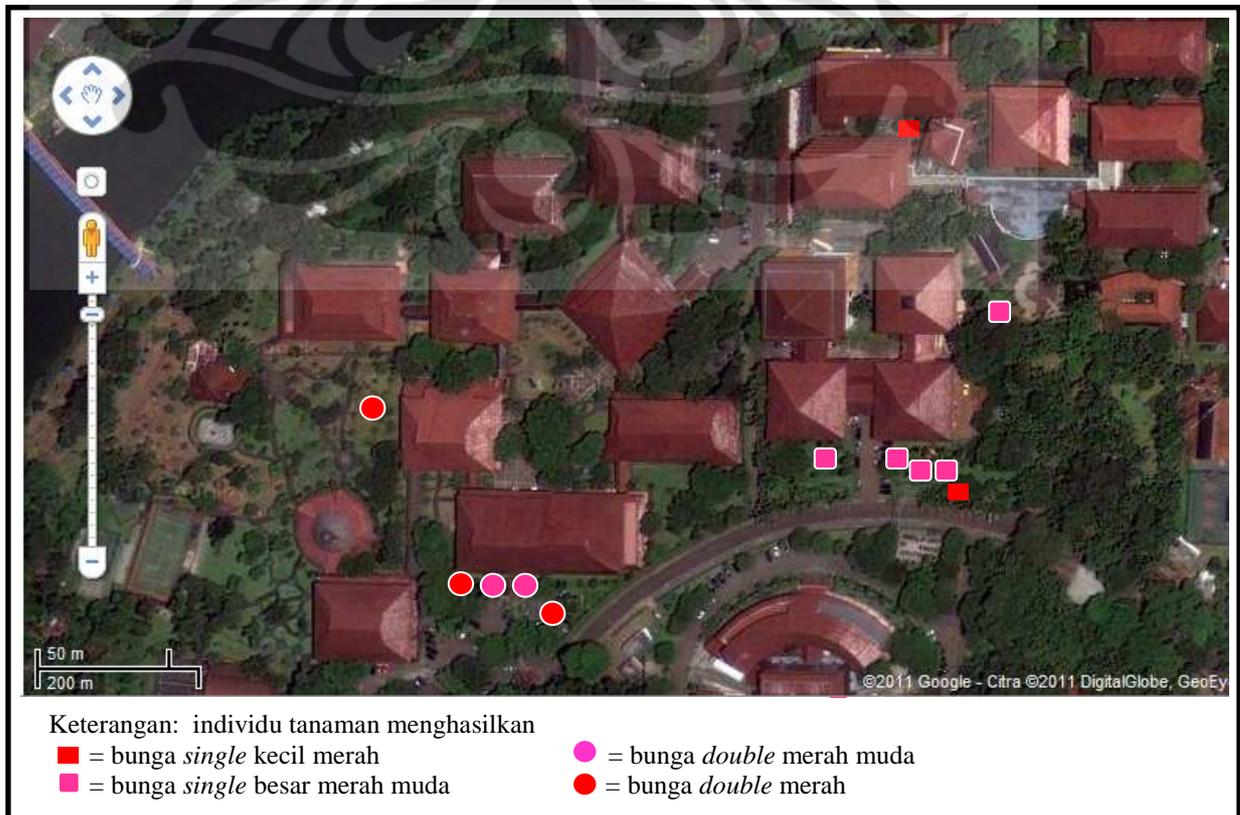
NO	LOKASI	POSISI	DESKRIPSI BUNGA	JUMLAH INDIVIDU
1	FKM	Depan gedung B	<i>Single</i> kecil putih	1
2	FT	Bunderan taman	<i>Double</i> merah muda	2
3	FISIP	Sekitar kantin	<i>Single</i> besar merah muda	3
		Samping musholla	<i>Single</i> kecil merah	1
4	Pusat Antar Universitas	Halaman depan	<i>Single</i> kecil merah	1
			<i>Single</i> besar merah muda	7
5	Rektorat	Sebelah kanan gedung rektorat	<i>Single</i> kecil merah	3
			<i>Single</i> kecil putih	5
			<i>Single</i> besar merah muda	2
		Parkiran	<i>Single</i> kecil merah	>7
6	FH	Depan parkiran	<i>Single</i> kecil merah	1
		Depan aula utama FH	<i>Double</i> kecil merah	2
		Sekitar Kantin	<i>Double</i> kecil merah	2
7	Fasilkom	Sekitar Kantin	<i>Single</i> kecil merah	1
			<i>Double</i> kecil merah	1
8	Psikologi	Samping Indomart	<i>Single</i> besar merah muda	1
		Sekitar kantin	<i>Single</i> besar merah muda	1
		Cafe cinta	<i>Single</i> besar merah muda	1
		Depan parkiran	<i>Double</i> kecil merah	2
9	FE	Parkiran	<i>Double</i> merah	1
		Sepanjang jalan menuju FE	<i>Single</i> besar merah muda	3
		Samping dept Akuntansi	<i>Double</i> merah	1
		Antara FE dan engineering center	<i>Single</i> besar merah muda	2
10	FMIPA	Sebelah kiri gedung biologi	<i>Single</i> besar merah	1
			<i>Crested peach, single peach</i>	1
		Taman depan dept Biologi	<i>Crested peach, single peach</i>	1
		Kebun rumah kaca	<i>Crested peach</i>	3

			<i>Double</i> merah, <i>single</i> besar merah	1
		Taman antara MII dan UPP-IPD	<i>Single</i> besar merah muda	2
		Halaman bagian kanan MII	<i>Double</i> kecil merah	1
		Depan dekanat	<i>Single</i> besar putih dengan pangkal petal merah tua	2
			<i>Single</i> kecil merah	1
		Belakang dekanat	<i>Single</i> besar merah muda	2
11	FIB	Depan Gedung IX	<i>Double</i> merah	2
			<i>Double</i> merah muda	2
		Taman antara musholla dan kantin	<i>Double</i> merah	1
11	MUI	Depan masjid	<i>Single</i> besar merah	2
		Selasar selatan MUI	<i>Single</i> kecil merah muda	1
			<i>Single</i> kecil putih	1
		Taman Utara Masjid	<i>Double</i> kecil merah	1
12	Wiramakara	Depan gedung	<i>Single</i> kecil merah	3
			<i>Single</i> kecil krem	2
13	Stasiun UI	Depan pagar kuning	<i>Single</i> kecil merah	2
			<i>Single</i> kecil krem	2
14	Stasiun Pondok Cina	Gang Senggol	<i>Single</i> kecil merah muda	1
15	Wisma makara	Halaman depan musholla	<i>Single</i> kecil merah muda	3

Lampiran 3  
Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di FMIPA

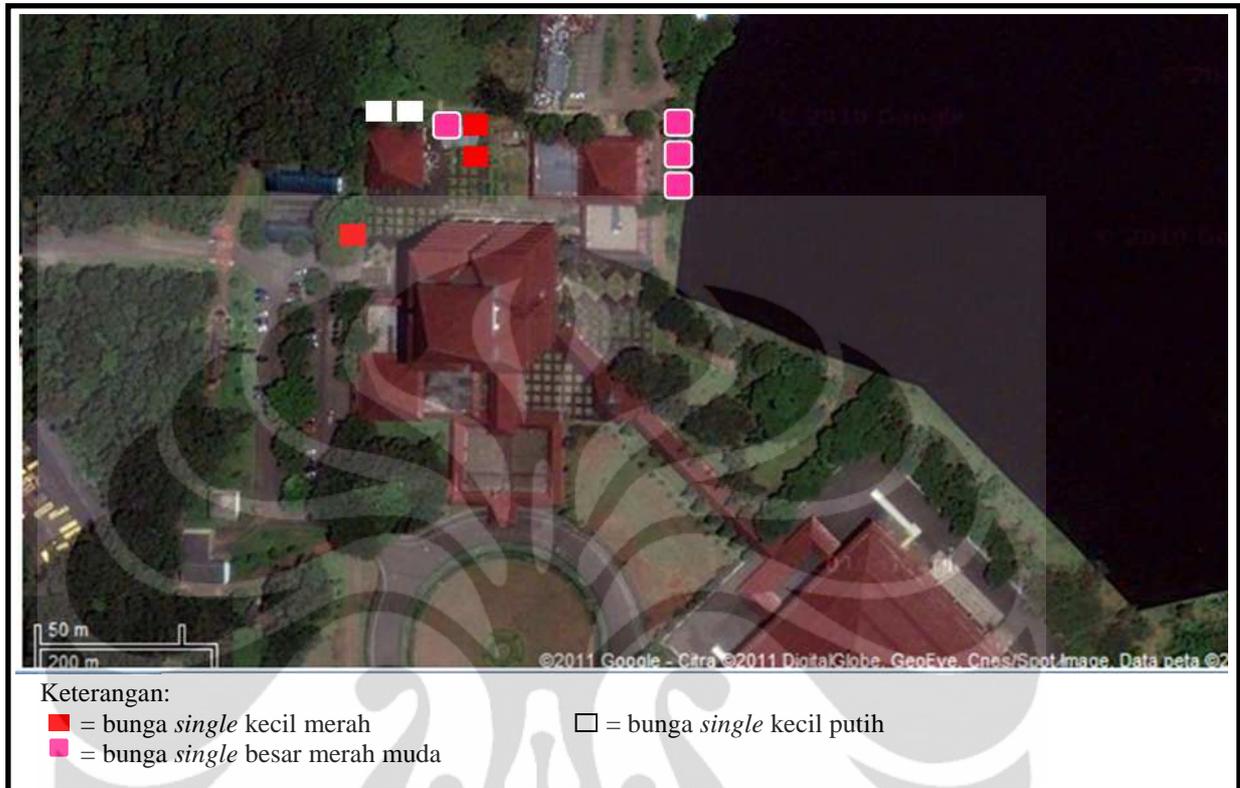


Lampiran 4  
Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di FIB, Pusat Antar Universitas, dan FISIP



## Lampiran 5

Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di Pusat Administrasi Universitas Indonesia (Rektorat)



## Lampiran 6

Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di Fakultas Teknik



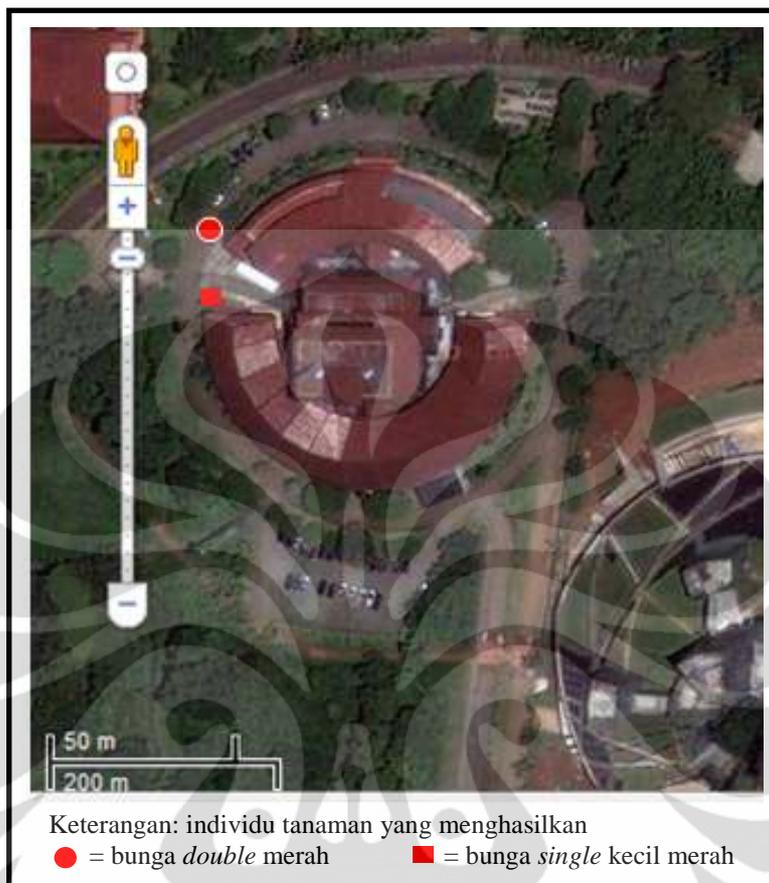
Lampiran 7  
Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di Fakultas Ekonomi



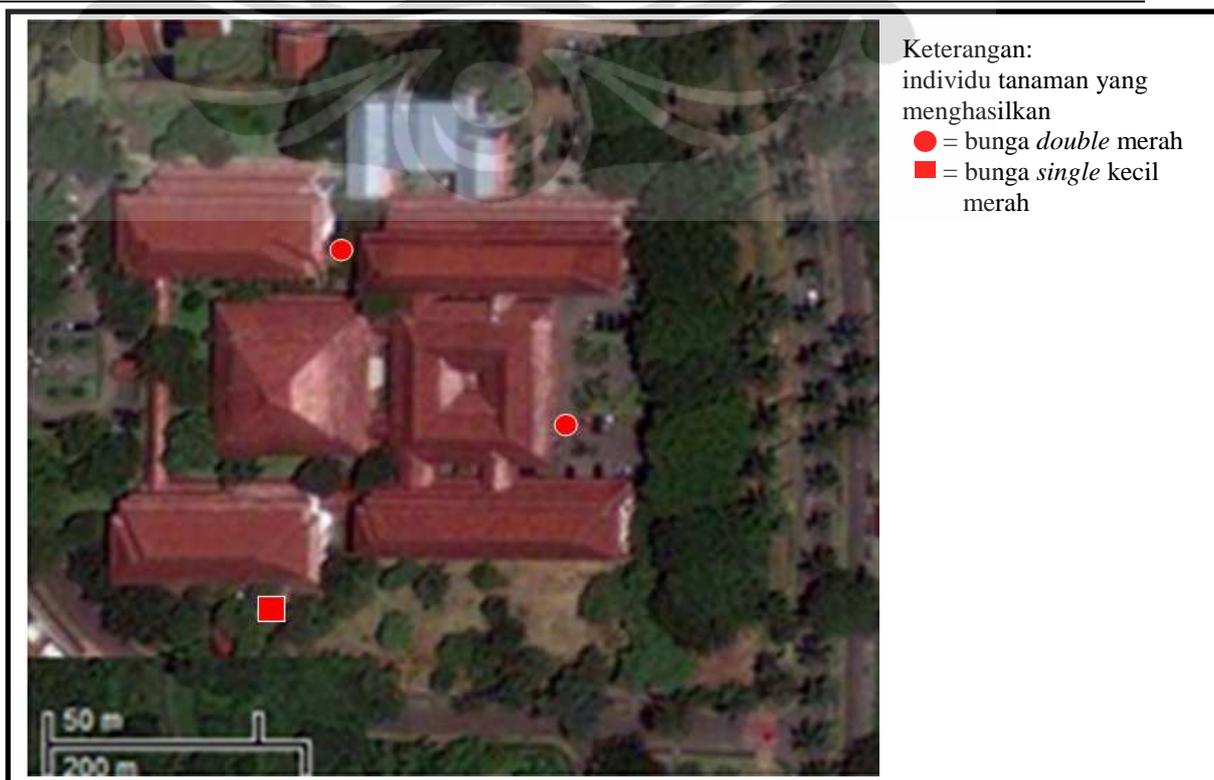
Lampiran 8  
Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di sekitar Masjid Ukhuwah Islamiyah (MUI)



## Lampiran 9

Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di Fakultas Ilmu Komputer

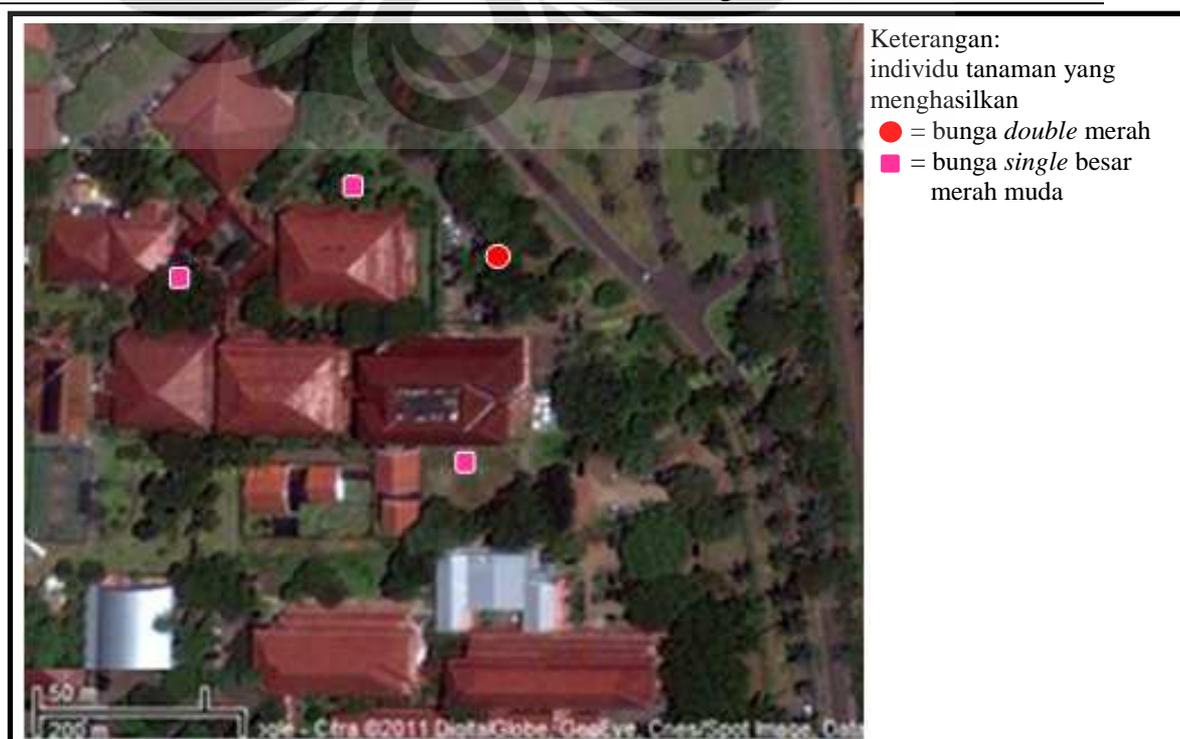
## Lampiran 10

Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di Fakultas Hukum

## Lampiran 11

Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM)

## Lampiran 12

Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di Fakultas Psikologi

## Lampiran 13

Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di depan Markas Komando Wira Makara

## Lampiran 14

Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di depan pagar kuning (depan stasiun Universitas Indonesia)

## Lampiran 15

Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di lingkungan Wisma Makara Universitas Indonesia



## Lampiran 16

Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di sekitar stasiun Pondok Cina (Gang Senggol)



Lampiran 17  
Lokasi tanaman *H. rosa-sinensis* di Kampus UI, Depok



Keterangan:

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| ▲ Bunga <i>crested peach</i>      | ● Bunga <i>single</i> besar merah      |
| ▲ Bunga <i>double</i> merah muda  | ● Bunga <i>single</i> kecil merah      |
| ▲ Bunga <i>double</i> merah       | ● Bunga <i>single</i> besar merah muda |
| ○ Bunga <i>single</i> kecil putih | ● Bunga <i>single</i> kecil merah muda |
| ● Bunga <i>single</i> besar putih | ● Bunga <i>single</i> kecil krem       |

Lampiran 18  
Peta warna

EEEEEE	FFFFFF	00FFFF	33CCFF	6699FF	9966FF	CC33FF	FF00FF	0000FF	000066
DDDDDD	FFFFCC	00FFCC	33CCCC	6699CC	9966CC	CC33CC	FF00CC	0000CC	000055
CCCCCC	FFFF99	00FF99	33CC99	669999	996699	CC3399	FF0099	000099	000044
BBBBBB	FFFF66	00FF66	33CC66	669966	996666	CC3366	FF0066	000066	000033
AAAAAA	FFFF33	00FF33	33CC33	669933	996633	CC3333	FF0033	000033	000022
999999	FFFF00	00FF00	33CC00	669900	996600	CC3300	FF0000	000000	000011
888888	CCFFFF	FFCCFF	00CCFF	3399FF	6666FF	9933FF	CC00FF	00FF00	WHEAT
777777	CCFFCC	FFCCCC	00CCCC	3399CC	6666CC	9933CC	CC00CC	00EE00	TAN
666666	CCFF99	FFCC99	00CC99	339999	666699	993399	CC0099	00DD00	FLORALWHI
555555	CCFF66	FFCC66	00CC66	339966	666666	993366	CC0066	00CC00	GAINSBORO
444444	CCFF33	FFCC33	00CC33	339933	666633	993333	CC0033	00BB00	GHOSTWHI
333333	CCFF00	FFCC00	00CC00	339900	666600	993300	CC0000	00AA00	LINEN
222222	99FFFF	CCCCFF	FF99FF	0099FF	3366FF	6633FF	9900FF	009900	MINTCREAM
111111	99FFCC	CCCCC	FF99CC	0099CC	3366CC	6633CC	9900CC	008800	MOCCASIN
000000	99FF99	CCCC99	FF9999	009999	336699	663399	990099	007700	MISTYROSE
FF0000	99FF66	CCCC66	FF9966	009966	336666	663366	990066	006600	SNOW
EE0000	99FF33	CCCC33	FF9933	009933	336633	663333	990033	005500	NAVAJOWHI
DD0000	99FF00	CCCC00	FF9900	009900	336600	663300	990000	004400	WHISMOKE
CC0000	66FFFF	99CCFF	CC99FF	FF66FF	0066FF	3333FF	6600FF	003300	THISTLE
BB0000	66FFCC	99CCCC	CC99CC	FF66CC	0066CC	3333CC	6600CC	002200	DARKVIOLET
AA0000	66FF99	99CC99	CC9999	FF6699	006699	333399	660099	001100	ANTIQUEWHI
990000	66FF66	99CC66	CC9966	FF6666	006666	333366	660066	0000FF	AZURE
880000	66FF33	99CC33	CC9933	FF6633	006633	333333	660033	0000EE	CORNSILK
770000	66FF00	99CC00	CC9900	FF6600	006600	333300	660000	0000DD	LAVENDER
660000	33FFFF	66CCFF	9999FF	CC66FF	FF33FF	0033FF	3300FF	0000CC	LAVBLUSH
550000	33FFCC	66CCCC	9999CC	CC66CC	FF33CC	0033CC	3300CC	0000BB	LIGHTYEL
440000	33FF99	66CC99	999999	CC6699	FF3399	003399	330099	0000AA	ALICEBLUE
330000	33FF66	66CC66	999966	CC6666	FF3366	003366	330066	000099	IVORY
220000	33FF33	66CC33	999933	CC6633	FF3333	003333	330033	000088	GOLD
110000	33FF00	66CC00	999900	CC6600	FF3300	003300	330000	000077	HONEYDEW
									FIREBRICK
									SEASHELL
									PINK
									OLDLACE
									#543210
									BLANCHEALMOND
									GOLDENROD
									LIGORODYEL
									ORANGERED
									PALEGOROD
									PAPAIAWHIP
									ROYALBLUE
									BISQUE
									SADDLEBROWN
									PEACHPUFF
									KHAKI
									ORANGE
									BEIGE

[Sumber: Jacobson 2008: 1.]

