

PENGARUH VARIASI UKURAN BIJI TERHADAP PERKECAMBAHAN *Acacia Fautleroyi* (MAIDEN) MAIDEN AND BLAKELY

Mangadas Lumban Gaol,* dan J.E.D. Fox**

* Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknik (FST) UNDANA Kupang NTT,

** Department of Environmental Biology Curtin University of Technology WA Australia.

lumbanbio@yahoo.co.id

ABSTRACT

*The aim of this study was to investigate to what extent are germination of *A. fautleroyi* affected by seed size. Does pre-treatment improve germination? Under what temperature regime does most seed germinate? Three seed size classes (small, medium and large) were chosen. Seeds were pre-treatments either at ambient, 50° C, 75° C or 100° C and incubated at 15° C or 30° C. Then, number of seed that germinate and speed of germination were measure. Five seeds representing each of small, medium and large seed sizes were also selected and the seed coat thickness measured. Seed size, pre-treatment temperature and incubation temperature all affected the number of seed that germinated. Pre-treatment temperature affected germination more than incubation temperature. Incubation temperature affected germination more than seed size. The interaction of seed size and pre-treatment temperature was stronger than that between seed size and incubation temperature. Small seeds produce less germination than medium or large seeds, however small seed germinated sooner. Seed coat thickness varied among seed sizes. Thinner seed coats occur in smaller than larger seeds.*

Key words: *Acacia*; germination; incubation; pre-treatment; seed size

PENGANTAR

Biji spesies legum pada daerah beriklim kering umumnya dicirikan oleh kulit biji yang tebal dan keras. Pembatas utama biji spesies tersebut berkecambah adalah dormansi biji. Banyak biji spesies legum mempunyai periode dormansi yang panjang disebabkan oleh kulit bijinya keras dan tidak tembus air. Hal ini menyebabkan biji dorman, tidak dapat memperoleh air untuk mengaktifasi metabolisme dan tumbuh. Oleh sebab itu, sebelum biji dikecambahkan kulit biji harus dibuat permeabel.

Pada spesies *Acacia*, sejumlah cara telah digunakan untuk membuat biji permeabel. Umumnya, perlakuan yang paling banyak digunakan adalah mendedah biji dalam air panas, mendedah pada panas kering atau melakukan abrasi mekanik (scarifikasi). Umumnya, mendedah biji dalam air panas memberi hasil yang baik pada *Acacia* Australia sedang mendedah biji dalam asam sulfur efektif pada *Acacia* Afrika (Doran *et al.*, 1983; Cox *et al.*, 1993; Danthu *et al.*, 2002). Perlakuan air panas akan merusak kutikula atau bagian dari lapisan palisade kulit biji dan efektif memecahkan dormansi.

Ukuran biji bervariasi antar spesies maupun dalam spesies (Wulff, 1986; Westoby *et al.*, 1992). Beragamnya ukuran biji ini telah dihubungkan dengan kondisi lingkungan tempat tumbuhan akan tumbuh. Spesies yang akan tumbuh pada habitat terbuka cenderung bijinya lebih kecil daripada spesies yang akan tumbuh pada habitat

tertutup (Bonfil, 1998). Spesies yang anaknya akan tumbuh dalam naungan cenderung mempunyai biji lebih berat daripada yang akan tumbuh pada area terbuka. Ada tendensi bahwa berat biji akan meningkat jika anakan akan tumbuh pada area kering, pada kondisi ini pertumbuhan akar yang cepat diperlukan. Variasi ukuran biji juga dapat memengaruhi distribusi biji; kandungan air biji; persistensi biji dalam tanah dan kesehatan tumbuhan (Bonfil, 1998; Seiwa, 2000). Biji berukuran kecil merupakan karakteristik dari spesies yang mempunyai bank biji tanah yang *persistent*. Ukuran biji yang kecil dapat memfasilitasi terkuburnya biji, terhindar dari predasi dan mempermudah penyebaran.

Ukuran biji sering berkorelasi dengan ukuran anakan dan dapat merupakan faktor penting dalam menentukan kemampuan hidup anakan. Salah satu adaptasi tumbuhan untuk menjamin suksesnya pertumbuhan anakan adalah mempunyai biji yang besar. Anakan yang berasal dari biji yang besar dapat mencapai ukuran awal anakan yang lebih besar (Westoby *et al.*, 1992). Selain itu, lebih banyak kandungan nutrisi pada biji yang besar dapat menyebabkan pertumbuhan pra-fotosintesis lebih cepat sehingga pertumbuhan dan kemampuan hidup anakan lebih baik. Oleh sebab itu, biji yang besar dapat menghasilkan anakan yang lebih kompetitif dan toleran terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan (Weller, 1985; Seiwa, 2000; Vaughton dan Ramsey 2001).

Bahwa biji yang besar berkecambah lebih cepat dan lebih banyak berkecambah dibanding dengan biji yang kecil telah ditemukan pada banyak spesies. Misalnya pada *Radiata pine*, *Pinus taeda*, *Viola surinamensis*, *Lithospermum caroliniensis* dan *Lobelia inflata* (Griffin, 1972; Dunlop dan Barnett, 1983; Howe dan Richter, 1982; Weller, 1985; Tripathi dan Khan, 1990; Simons dan Johnston, 2000). Kandungan protein dan karbohidrat pada biji telah dihubungkan dengan perbedaan perkecambahan pada ukuran biji yang berbeda tersebut.

Pada penelitian ini, kemungkinan pengaruh ukuran biji terhadap perkecambahan biji *A. fauntleroyi* diteliti untuk mengetahui mekanisme regenerasi (rekuitmen) spesies tersebut. Pertanyaan yang ingin dijawab adalah sejauhmana perkecambahan biji dipengaruhi oleh ukuran biji? Apakah perlakuan temperatur pendedahan dan inkubasi meningkatkan perkecambahan? Pada kisaran temperatur berapa sebagian besar biji berkecambah? Apakah biji yang berbeda ukurannya mempunyai ketebalan kulit biji yang berbeda dan sejauhmana ketebalan kulit biji tersebut memengaruhi perkecambahan biji?

BAHAN DAN CARA KERJA

Penelitian dilakukan di Laboratorium Environmental Biology Curtin University of Technology W. Australia. Polong matang dikumpulkan dari Sandford Rock Nature Reserve pada bulan Desember 1999. Biji tanaman tersebut dikeluarkan dari polong dan disortir untuk memisahkan biji yang baik dari biji yang aborsi dan terinfeksi. Biji yang baik kemudian ditimbang satu per satu dengan menggunakan timbangan elektronik (AND, ER-180A) dan dikelompokkan menurut ukurannya.

Pengaruh Ukuran Biji, Temperatur Pendedahan, dan Temperatur Inkubasi terhadap Perkecambahan

Eksperimen terdiri atas 3 kelas ukuran biji yaitu biji berukuran kecil (4–5,5 mg) sedang (7–8,5 mg) dan besar (10–11,5 mg); 4 perlakuan temperatur pendedahan (*ambient*, 50° C, 75° C atau 100° C), dan 2 perlakuan temperatur inkubasi (15° C atau 30° C). Setiap perlakuan diwakili oleh 3 ulangan dan setiap ulangan diwakili oleh 20 biji. Kelompok 60 biji pada setiap perlakuan tersebut kemudian direndam dalam 30 ml air dalam *beaker* ukuran 50 ml pada temperatur 50° C, 75° C atau 100° C, kemudian dibiarkan dingin pada suhu *ambient*. Sampel biji juga direndam dalam air pada suhu *ambient* (~20° C) sebagai kontrol. Setelah perlakuan, semua biji disterilisasi dengan *sodium hypochlorite* (3%), kemudian dibersihkan dengan

air steril. Biji tersebut kemudian dibagi dalam 3 cawan petri masing-masing 20 biji/cawan. Biji ditempatkan dalam cawan petri plastik (diameter 11 cm) di atas dua *filter paper* (9 dan 11 cm) Whatman No. 3. Cawan Petri sebagian diisi dengan *vermikulat* (sekitar 0,5 cm). *Vermikulat* dan *filter paper* kemudian diberi fungisida *previcure* untuk mencegah pertumbuhan jamur dan air steril untuk memelihara kelembapan. Untuk setiap perlakuan, masing-masing 3 cawan petri ditempatkan dalam kabinet pada kondisi gelap pada suhu 15° C dan 30° C.

Biji diamati setiap hari dan munculnya radikula (~2 mm) merupakan kriteria bahwa biji telah berkecambah. Setiap anakan dihitung dan pindahkan, perhitungan biji yang berkecambah dilakukan sampai tidak ada lagi biji yang berkecambah selama 14 hari berturut-turut. Parameter yang dihitung adalah jumlah biji berkecambah dan kecepatan biji berkecambah (jumlah hari ke perkecambahan pertama dan ke 50% perkecambahan akhir). Jumlah biji berkecambah dan kecepatan biji berkecambah dianalisis dengan *analisis varians* dan *General Linear Model* (GLM) untuk menguji efek interaksi di antara perlakuan. Uji Tukey digunakan untuk mendeteksi perbedaan di antara perlakuan.

Pengaruh Ukuran Biji terhadap Ketebalan Kulit Biji

Lima biji mewakili biji berukuran kecil, sedang dan besar (5, 8 and 11 mg) dipilih. Biji tersebut kemudian dilapisi dengan 2,5% *glutamate* dalam 0,05 M PO₄, *buffer* pH 6,8 (4 hari). Biji kemudian dibersihkan dalam 0,05 M PO₄, *buffer* pH 6,8 selama 2 jam (2 kali), kemudian didehidrasi dengan 50% *ethanol* (2 jam), *tertiary-butyl alcohol* (TBA) 1, TBA 2, TBA3, TBA 4, TBA 5 (selama 2 jam tiap perlakuan) dan TBA murni (dua kali, masing-masing 1 jam). Pada perlakuan TBA murni kedua, biji dipindahkan ke oven (60° C) sampai tidak ada gelembung muncul dari biji. Kemudian, biji dilapisi dengan *paraffin wax*.

Biji kemudian dilembutkan dengan cara merendam biji dalam “*Bakers softening solution*” (*distilled water*, 95% *ethanol*, *glycerol*) selama 2 jam. Jaringan biji dalam *paraffin block* kemudian dipotong (12 µm) dengan menggunakan mikrotom. Potongan dihilangkan lapisan lilinnya melalui dehidrasi dan rehidrasi alkohol. Potongan kemudian diwarnai dengan *alcoholic safranin* (1% dalam 50% *ethanol*) selama 4 menit dan *fast green* (0,2% dalam 95% *ethanol*) masing-masing 40 detik. Karena ketebalan kulit biji di sekeliling biji berbeda, ketebalan kulit biji diukur 2 kali (menggunakan mikroskop cahaya, pembesaran 1.000 kali). Pengukuran pertama pada area yang paling tebal dan pengukuran kedua pada area yang paling tipis. Ketebalan

kulit biji diukur dari rata-rata pembacaan maksimum dan minimum. Data ketebalan kulit biji dianalisis dengan *analisis varians*. Uji Tukey digunakan untuk mendeteksi perbedaan di antara rata-rata.

HASIL

Pengaruh Ukuran Biji, Temperatur Pendedahan dan Temperatur Inkubasi terhadap Perkecambahan.

Tabel 1. Nilai F dan P pada jumlah biji yang berkecambah

Sumber variasi/hari	20		40		60	
	F	P	F	P	F	P
Ukuran biji (S)	50,58	<0,001	15,03	<0,001	7,52	0,001
Pendedahan (P)	186,11	<0,001	125,76	<0,001	174,39	<0,001
Inkubasi (I)	91,14	<0,001	30,12	<0,001	17,39	<0,001
S X P	34,68	<0,001	19,65	<0,001	30,06	<0,001
S X I	10,46	<0,001	6,79	0,003	13,00	<0,001
P X I	3,93	0,014	8,4	<0,001	11,85	<0,001
S X P X I	7,64	<0,001	7,27	<0,001	6,73	<0,001

Tabel 2. Rata-rata jumlah biji berkecambah menurut ukuran biji (n = 24 ulangan), temperatur pendedahan (n = 18 ulangan) dan temperatur inkubasi (n = 36 ulangan)

Ukuran biji	Hari 20	Hari 40	Hari 60	TP	Hari 20	Hari 40	Hari 60	Inkubasi	Hari 20	Hari 40	Hari 60
Kecil	11,54a	12,67a	13,17	Ambient	3,44c	4,94c	7,00c	15° C	7,75b	11,11b	12,17
Sedang	9,38ab	12,75a	13,91	50° C	5,39c	9,44c	10,83b	30° C	11,42a	13,11a	13,97
Besar	7,83bc	10,92b	12,21	75° C	13,72b	17,78a	18,47a	F	91,14	30,12	1,67
F	50,58	15,03	0,49	100° C	15,78a	16,28b	16,33a	P	<0,001	<0,001	0,200
P	<0,001	<0,001	0,616	F	186,11	125,76	32,48				
				P	<0,001	<0,001	<0,001				

Catatan: Huruf yang berbeda dalam kolom menunjukkan perbedaan yang nyata antarrata-rata dengan uji Tukey. Tidak ada huruf = analisis tidak berbeda nyata. TP = Temperatur pendedahan.

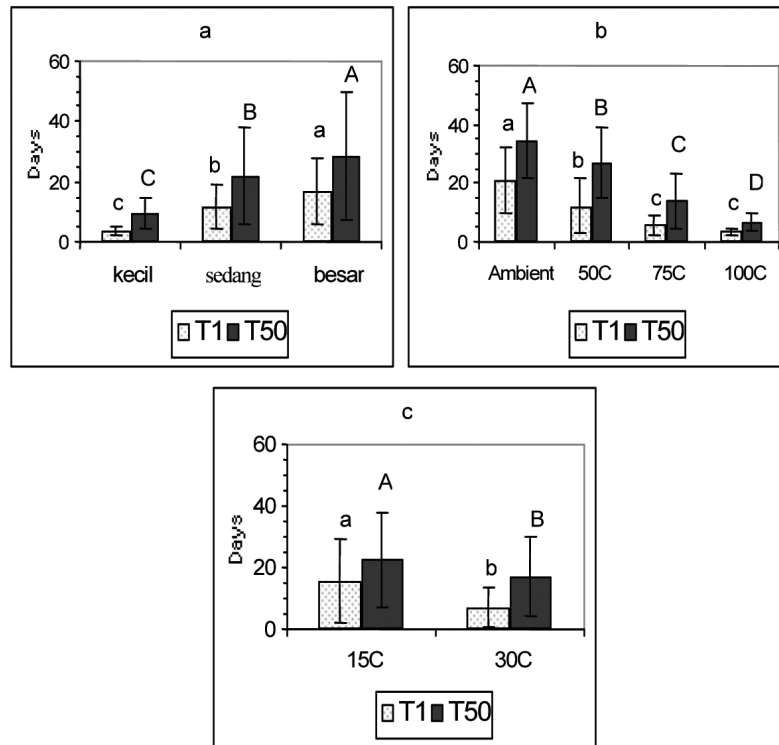
Tabel 3. Rata-rata jumlah biji berkecambah pada hari ke-20, 40 dan 60 menurut ukuran biji dan temperatur pendedahan (n = 6 ulangan)

Ukuran biji	Hari ke 20				Hari ke 40				Hari ke 60			
	AMB	50° C	75° C	100° C	AMB	50° C	75° C	100° C	AMB	50° C	75° C	100° C
Kecil	7,50a	10,67a	17,67	10,33b	8,83a	13,00a	18,00	10,83b	10,17a	13,50a	18,00	11,00b
Sedang	2,33b	3,50b	13,50	18,67a	4,33b	10,17a	18,00	18,50a	7,33ab	12,00a	18,50	18,50a
Besar	0,50b	2,00b	10,00	18,83a	1,67bc	5,17b	17,33	19,50a	3,50b	7,00b	18,83	19,50a
F	11,59	18,42	3,15	49,04	6,23	7,88	0,40	63,56	3,55	7,81	1,28	71,94
P	<0,001	<0,001	0,072	<0,001	0,011	0,005	0,677	<0,001	0,055	0,005	0,306	<0,001

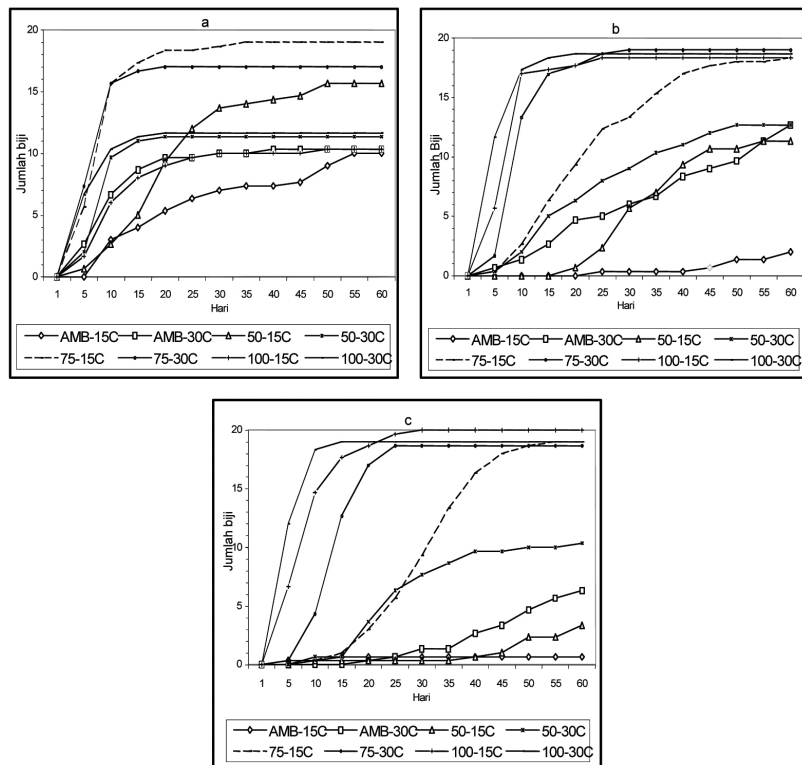
Catatan: Huruf yang berbeda dalam kolom menunjukkan perbedaan yang nyata antarrata-rata dengan uji Tukey Tidak ada huruf = analisis tidak berbeda nyata. AMB = temperatur *ambient*.

Tabel 4. Rata-rata jumlah biji berkecambah pada hari ke-20, 40 dan 60 menurut ukuran biji dan temperatur inkubasi (n = 12 ulangan)

Hari/ Ukuran Biji	20		40		60	
	15° C	30° C	15° C	30° C	15° C	30° C
Kecil	10,67	12,42	12,75	12,58	13,75	12,58
Sedang	6,92	11,83	11,25	14,25	12,42	15,75
Besar	5,67	10,00	9,33	12,50	10,83	13,58
F	1,62	0,44	0,62	0,40	0,50	1,72
P	0,213	0,646	0,542	0,675	0,611	0,194



Gambar 1. Kecepatan biji berkecambah menurut: a. Ukuran biji; b. Temperatur pendedahan; c. Temperatur inkubasi. T1 = hari ke perkecambahan pertama; T50 = hari ke 50% perkecambahan akhir. Nilai diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata antar rata-rata menurut uji Tukey. Tidak ada huruf = analisis tidak berbeda nyata. Bar menunjukkan standart deviasi.



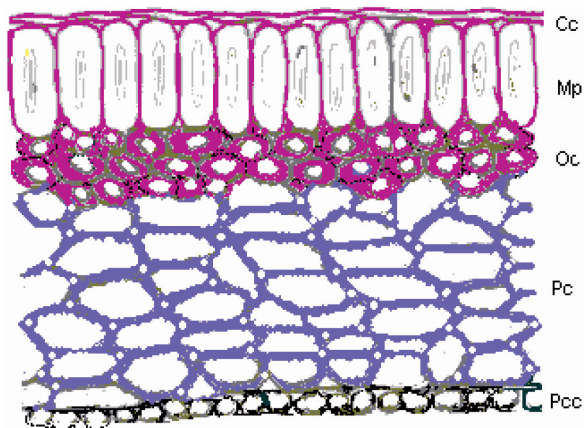
Gambar 2. Pengaruh ukuran biji, temperatur pendedahan dan temperatur inkubasi terhadap jumlah biji berkecambah. a. Biji kecil. b. Biji sedang. c. Biji besar. AMB = temperatur *ambient*. Setiap baris diwakili oleh rata-rata perkecambahan biji dari 3 cawan petri (n =3).

Pengaruh Ukuran Biji terhadap Ketebalan Kulit Biji

Tabel 5. Ketebalan kulit biji lapisan sel malpighian + mesofil (μm) menurut ukuran biji

Ukuran Biji	N	Malpighian	Mesofil	Malpighian + Mesofil
Kecil (5 mg)	44	33,98c	136,14b	170,12b
Sedang (8 mg)	52	38,65b	202,55a	241,20a
Besar (11 mg)	74	47,26a	185,54a	232,80a
F		55,88	35,46	38,76
P		<0,001	<0,001	<0,001

Catatan: Nilai rata-rata pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata antar rata-rata menurut uji Tukey. Tidak ada huruf = analisis tidak berbeda nyata.



Gambar 3. Diagram potongan melintang kulit biji *A. fauntleroyi* diamati di bawah mikroskop (pembesaran 100 \times). a. Kutikula (Cc); b. Lapisan palisade/sel malpighian (Mp); c. Osteoscleroids collenchyma (Oc); d. Sel parenchyma (Pc). d. Satu lapis sel parenchyma dekat kotiledon (Pcc).

PEMBAHASAN

Pengaruh Ukuran Biji, Temperatur Pendedahan dan Temperatur Inkubasi terhadap Perkecambahan

Dari 1.440 biji dikecambahkan, 1.014 berkecambah (70,42%); yaitu biji kecil 318 (66%), sedang 361 (75%) dan biji besar 335 (70%). Secara umum, biji berukuran kecil lebih sedikit berkecambah dibanding dengan biji sedang dan besar. Hasil analisis GLM terhadap jumlah biji berkecambah menunjukkan bahwa ukuran biji, temperatur pendedahan dan temperatur inkubasi serta interaksinya semuanya memengaruhi jumlah biji berkecambah (Tabel 1).

Pada hari ke-60, semua kelas ukuran biji menghasilkan level perkecambahan yang hampir sama. Namun, biji kecil berkecambah lebih cepat (Tabel 2). Dari perlakuan

temperatur pendedahan diperoleh bahwa temperatur optimum pada perkecambahan biji adalah 75° C, yaitu lebih dari 90% biji berkecambah. Pada temperatur *ambient* dan 50° C, perkecambahan relatif rendah dan pada temperatur 100° C perkecambahan sedikit berkurang. Dari perlakuan temperatur inkubasi diperoleh bahwa temperatur 30° C menghasilkan perkecambahan lebih tinggi dan lebih cepat dibanding dengan temperatur 15° C.

Dari interaksi antara ukuran biji dengan temperatur pendedahan (Tabel 3) diperoleh bahwa pada perlakuan temperatur *ambient*, biji kecil lebih banyak berkecambah dibanding dengan biji besar. Proporsi biji lembut (*soft seed*) nampaknya berkaitan dengan ukuran biji. Pada perlakuan temperatur 50° C, pada hari ke-20 lebih banyak perkecambahan pada biji kecil. Namun, setelah 40 hari, biji kecil dan sedang memperoleh level perkecambahan yang hampir sama, lebih tinggi daripada biji besar. Jadi, pendedahan pada temperatur 50° C ditambah dengan lamanya biji dalam kondisi lembap menyebabkan perkecambahan biji berukuran sedang meningkat. Pada pendedahan 75° C, semua biji berkecambah lebih banyak. Salah satu yang menarik adalah bahwa biji kecil mencapai puncak lebih cepat, yaitu sebagian besar berkecambah kurang dari 20 hari. Pada hari ke-20, lebih dari 65% biji sedang berkecambah sedangkan biji besar persis 50%. Setelah 40 hari, biji kecil dan sedang mencapai level perkecambahan yang sama, sedikit lebih tinggi daripada biji besar sehingga dapat disimpulkan semakin besar ukuran biji semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk berkecambah. Pada perlakuan 100° C, lebih banyak biji besar dan sedang berkecambah dibanding dengan biji kecil. Perlakuan 100° C kemungkinan bersifat letal terhadap ~50% biji kecil. Hal ini merupakan kebalikan dari perlakuan *ambient* di mana ~50% biji berkecambah tanpa perlakuan panas.

Pada biji kecil, perlakuan terbaik adalah didedah pada 75° C yaitu biji lembut dan keras berkecambah sama baik. Pada biji sedang dan besar, di mana sebagian besar biji adalah biji keras, perlakuan terbaik adalah didedah pada 75° C dan 100° C. Pada biji berukuran sedang dan besar, biji berkecambah lebih cepat pada perlakuan 100° C dibanding 75° C. Pada perlakuan 100° C, sekitar 95% biji sedang berkecambah pada hari ke-20. Level ini diperoleh pada hari ke-45 pada perlakuan 75° C. Pada perlakuan 100° C, sekitar 94% biji besar berkecambah pada hari ke-20 dan 50 hari dibutuhkan untuk level yang sama pada perlakuan 75° C. Jadi, diperlukan inkubasi lebih lama jika temperatur pendedahan kurang tinggi.

Dari interaksi antara ukuran biji dengan temperatur inkubasi diperoleh bahwa pada biji berukuran kecil

perlakuan inkubasi 30° C menghasilkan perkecambahan akhir sedikit lebih rendah dibanding dengan perlakuan 15° C sedang untuk biji sedang dan besar lebih banyak perkecambahan pada inkubasi 30° C dibanding dengan 15° C (Tabel 4). Namun demikian, pada semua kelas ukuran biji, perkecambahan lebih cepat pada inkubasi 30° C dibanding dengan 15° C. Pada inkubasi 15° C, setelah 60 hari perkecambahan, walau tidak nyata berbeda, biji kecil sedikit lebih banyak berkecambah dibanding dengan biji sedang dan besar. Sedang pada inkubasi 30° C, perkecambahan sedikit lebih tinggi pada biji besar dan sedang dibanding dengan biji kecil. Biji besar nampaknya membutuhkan waktu lebih lama untuk berkecambah dan membutuhkan temperatur inkubasi lebih tinggi.

Dari interaksi antara temperatur pendedahan dan temperatur inkubasi diperoleh bahwa biji yang didedah pada temperatur tinggi (75° C dan 100° C) tidak membutuhkan temperatur inkubasi tinggi untuk meningkatkan perkecambahan. Biji yang didedah pada temperatur rendah (*ambient* dan 50° C) memerlukan temperatur inkubasi tinggi untuk meningkatkan perkecambahan. Kecepatan biji berkecambah (hari ke perkecambahan pertama dan ke-50% perkecambahan) menurut ukuran biji (Gambar 1a), temperatur pendedahan (Gambar 1b) dan temperatur inkubasi (Gambar 1c) berbeda (semua $P < 0,001$).

Dari interaksi antara ukuran biji, temperatur pendedahan dan inkubasi terhadap jumlah biji berkecambah diperoleh bahwa perlakuan terbaik untuk biji kecil adalah didedah pada 75° C-inkubasi 15° C (Gambar 2a), yaitu lebih dari 90% biji berkecambah. Pada biji sedang dan besar, kombinasi terbaik adalah didedah pada 75° C-inkubasi 30° C atau didedah pada 100° C-inkubasi 15 atau 30° C. Pada semua kombinasi ini, lebih dari 90% biji berkecambah (Gambar 2b dan c). Untuk biji berukuran sedang dan besar, berhubung kulit bijinya diduga lebih tebal, pendedahan atau inkubasi pada temperatur yang lebih tinggi diperlukan. Untuk biji sedang dan besar, pendedahan pada 75° C-inkubasi 15° C juga menghasilkan perkecambahan yang tinggi (> 90%), namun memerlukan waktu lebih lama untuk berkecambah.

Perkecambahan biji merupakan peristiwa penting dalam siklus hidup tumbuhan. Dua ciri biji yang penting adalah ukuran biji dan waktu yang diperlukan untuk berkecambah. Pada *A. fauntleroyi*, biji besar umumnya lebih banyak berkecambah dibanding dengan biji kecil. Diduga beberapa biji kecil (~5%) tidak berkembang penuh sehingga lebih sedikit berkecambah. Namun demikian, biji besar lebih lambat berkecambah dibanding dengan biji kecil. Biji kecil berkecambah sekitar dua kali lebih cepat daripada biji sedang dan biji sedang sekitar dua kali lebih cepat daripada

biji besar. Diduga, pada spesies *Acacia*, banyaknya biji berkecambah berkaitan dengan kandungan makanan dalam biji namun kecepatan biji berkecambah berkaitan dengan ketebalan kulit biji. Biji yang besar dengan kulit biji yang lebih tebal membutuhkan waktu lebih lama mengimbibisi air dan berkecambah dibanding dengan biji kecil. Fenomena ini juga ditemukan pada spesies gulma *Alliaria petiolata*, *Brassicaceae* (Susko dan Lavett-Doust, 2000).

Secara umum, peningkatan temperatur pendedahan dari *ambient* sampai dengan 100° C meningkatkan perkecambahan biji *A. fauntleroyi*. Namun, pada biji kecil, perlakuan 100° C mengurangi perkecambahan. Diduga, pada biji kecil dengan kulit biji yang lebih tipis, temperatur 100° C dapat mengakses embrio sehingga mengakibatkan kematian. Pada beberapa spesies *Acacia*, pendedahan pada temperatur 120° C selama 5 menit menyebabkan kematian biji (Auld dan O'Connell 1991). Pendedahan pada temperatur 70° C umumnya efektif untuk sebagian besar *Acacia* Australia (Herranz *et al.*, 1998).

Peningkatan temperatur pendedahan mendorong perkecambahan biji spesies legume telah luas dilaporkan (Doran *et al.*, 1983; Cox *et al.*, 1993; Danthu *et al.*, 2002). Pendedahan biji dalam air panas meningkatkan perkecambahan juga ditemukan pada banyak spesies *Acacia* (Preece, 1971; Shea *et al.*, 1979; Glossop, 1980). Perlunya perlakuan panas sebelum biji legum berkecambah diduga merupakan sifat adaptasi tumbuhan tersebut terhadap terjadinya kebakaran (Gill, 1975). Temperatur yang tinggi akibat kebakaran menstimulasi perkecambahan akibat pecahnya kulit biji. Itu sebabnya, umum ditemukan cukup banyak *Acacia* berkecambah setelah terjadi kebakaran.

Biji yang berbeda ukurannya mempunyai respons yang berbeda terhadap temperatur inkubasi. Pada temperatur 15° C, perkecambahan lebih banyak dan lebih cepat pada biji kecil dibanding dengan biji besar. Namun, pada temperatur 30° C, perkecambahan lebih banyak pada biji besar. Biji besar nampaknya memberi respons yang lebih baik pada temperatur inkubasi yang tinggi. Namun, temperatur inkubasi yang tinggi sedikit bersifat detrimental terhadap biji kecil. Perbedaan kebutuhan temperatur untuk berkecambah di antara biji yang berbeda ukurannya tersebut menunjukkan bahwa biji yang berbeda ukurannya dapat menghasilkan anakan pada waktu atau musim yang berbeda, tergantung pada temperatur lingkungan saat itu dan karakteristik ini dapat dianggap sebagai suatu strategi adaptasi.

Pengaruh temperatur pendedahan terhadap perkecambahan lebih besar daripada pengaruh temperatur inkubasi. Pengaruh interaksi antara ukuran biji dengan temperatur pendedahan lebih kuat daripada pengaruh ukuran

biji dengan temperatur inkubasi. Hal ini menunjukkan bahwa penghalang utama biji *A. fauntleroyi* berkecambah adalah dormansi biji. Kulit biji *A. fauntleroyi* yang keras menghalangi biji berkecambah. Pada biji yang kecil, pengaruh interaksi antara temperatur pendedahan dengan temperatur inkubasi terhadap perkecambahan lebih rendah daripada yang terjadi pada biji sedang dan besar. Hal ini terutama disebabkan biji kecil kulit bijinya lebih tipis, lebih mudah rusak dan berkecambah. Kulit biji yang tebal pada biji sedang dan besar membutuhkan temperatur pendedahan dan inkubasi yang lebih tinggi untuk dapat berkecambah.

Ukuran biji dapat dihubungkan dengan kualitas biji. Biji yang besar dapat mempunyai identitas genetik yang lebih baik dibanding dengan biji kecil. Hadirnya kebakaran untuk *recruitment A. fauntleroyi* penting untuk memberi kemungkinan yang lebih besar pada biji besar untuk berkecambah. Jika api tidak hadir untuk jangka waktu yang panjang, *recruitment* dapat lebih banyak tergantung pada biji yang kecil. Perbedaan kebutuhan temperatur untuk berkecambah di antara biji yang berbeda ukurannya akan menyebabkan bervariasinya pola perkecambahan dan cenderung mengurangi kompetisi di antara anakan sebab menyebabkan pola pertumbuhan anakan berbeda. Jika kebutuhan temperatur seragam dapat menyebabkan perkecambahan biji simultan dan menyebabkan kompetisi di antara anakan.

Variasi proporsi biji yang keras di antara biji yang berbeda ukurannya kemungkinan merefleksikan strategi *Acacia* untuk berkecambah. Beberapa biji akan distimulasi siap berkecambah, khususnya biji yang lembut dan kecil namun kemudian dapat gagal akibat hujan tidak cukup. Biji lainnya, yaitu biji yang besar dan keras akan berkecambah dalam waktu yang panjang saat kelembapan dan penetrasi oksigen ke dalam testa biji cukup. Biji yang keras akan cenderung tetap dorman untuk beberapa waktu sampai skarifikasi untuk memecahkan kulit biji cukup. Sifat kulit biji yang keras ini menyebabkan spesies *Acacia* dapat menggunakan sejumlah kesempatan untuk menumbuhkan anakan dan meyakinkan hadirnya bank biji yang *persistent* (Letnic *et al.*, 2000).

Pengaruh Ukuran Biji terhadap Ketebalan Kulit Biji

Tidak ada perbedaan yang nyata bentuk sel penyusun lapisan kulit biji pada biji yang berbeda ukurannya. Namun, ketebalan kulit biji berbeda pada biji yang berbeda ukurannya. Kulit biji lebih tipis pada biji kecil dibanding dengan biji besar (Tabel 5).

Bagian terluar dari kulit biji *A. fauntleroyi* adalah kutikula. Lapisan kutikula ini hilang saat biji dipanasi

selama dehidrasi waktu penyiapan potongan kulit biji. Tiga lapisan kulit biji di bawah kutikula yang dapat dibedakan berdasarkan struktur selnya dan diduga memberi kontribusi pada dormansi biji adalah lapisan *palisade sclereids* atau *macrosclereids* (sel *Malpighian*) dengan dinding tebal; lapisan sub-epidermal (*osteosclereids*) collenkim dengan dinding sel sangat tebal dan mengalami suberisasi dan lapisan *parenchym* dimana dinding selnya juga mengalami suberisasi tebal. Lapisan paling dalam terdiri atas satu lapisan sel kecil parenkim dekat dengan kotiledon (Gambar 3).

Dari penelitian ini diperoleh bahwa biji yang berbeda ukurannya berbeda ketebalan kulit bijinya. Perbedaan ketebalan kulit biji ini diduga memengaruhi permeabilitas kulit biji dan kecepatan serta probabilitas biji untuk berkecambah dan hal ini dapat menerangkan perbedaan kuantitas dan kecepatan biji berkecambah di antara biji yang berbeda ukurannya yang diperoleh pada penelitian terdahulu.

Pada *A. fauntleroyi*, sel parenkim juga nampaknya memberi kontribusi pada dormansi biji sebab dinding selnya juga mengalami suberisasi tebal. Oleh sebab itu, diduga semua lapisan sel yang membangun kulit biji memberi kontribusi pada dormansi biji. Biji perlu dilubangi sampai di bawah lapisan *Malpighian* agar imbibisi terjadi. Pada *A. fauntleroyi*, sel pada bagian luar dinding sel lebih tebal dibanding dengan bagian dalam. Oleh sebab itu, pembatas utama penetrasi air adalah sel palisade atau sel *Malpighian*. Doran *et al.* (1983) mengatakan bahwa sekitar 36% dari total ketebalan kulit biji (testa) adalah sel *Malpighian* sedang pada *A. fauntleroyi* adalah sekitar 20%. Mereka juga mengatakan bahwa zone *Malpighian* berbeda ketebalannya dalam spesies maupun antarspesies. Penghalang kedua adalah sel *osteosclereid* di bawah sel *Malpighian* dan pembatas ketiga adalah sel parenkim yang dinding selnya lebih tipis.

Kulit biji spesies legum yang keras telah dinyatakan mempunyai banyak manfaat yaitu memberi kontribusi pada akumulasi bank biji tanah *persistent* dan memelihara biji *viable* dalam tanah pada periode waktu yang panjang. Bank biji yang *persistent* menyebarkan perkecambahan dalam waktu yang panjang, meningkatkan kemungkinan beberapa biji akan berkecambah, tumbuh dan menyelesaikan siklus hidup dengan baik (Bewley dan Black, 1994). Kerasnya kulit biji ini dapat juga dipandang sebagai adaptasi menyebabkan tumbuhan dapat bertahan pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan seperti panas yang disebabkan kebakaran, gigi keras dari hewan penyebar biji, kekeringan dan kerusakan mekanik. Pada kondisi lingkungan yang sulit diprediksi seperti pada daerah beriklim kering, perkecambahan sering merupakan peristiwa yang berisiko

tinggi dan mempunyai kulit biji yang keras akan mengurangi risiko perkecambahan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Christina Cox (Mulga Research Centre Curtin University) atas sarannya selama penelitian dilakukan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Peter Mioduszewski, Ian Ambercombe dan Lydia Kupsy (teknisi Lab Environmental Biology Curtin University of Technology W. Australia) atas bantuannya dalam mempersiapkan alat dan bahan selama penelitian dilakukan.

KEPUSTAKAAN

- Auld TD, and O'Connell MA, 1991. Predicting patterns of post-fire germination in 35 eastern Australian Fabaceae. *Australian Journal of Ecology* 16: 53–70.
- Bewley JD, and Black M, 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. New York: Plenum Press.
- Bonfil C, 1998. The effect of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 85: 79–87.
- Cox JR, Alba-Avila A, Rice RW, and Cox JN, 1993. Biological and physical factors influencing *Acacia constricta* and *Prosopis volutina* establishment in the Sonoran Dessert. *Journal Range Management* 46: 43–8.
- Danthu P, Ndongo M, Diaou M, Thiam O, Sarr A, Dedhiou B, and Vall AOM, 2002. Impact of bush fire on germination of some West African acacias. *Forest Ecology and Management* 5862: 1–10.
- Doran JC, Turnbull JW, Boland DJ, and Gun BV, 1983. *Hand book on seeds of dry-zone acacias*. FAO. Rome.
- Dunlop JR, and Barnett JP, 1983. Influence of seed size on germination and early development of loblolly pine (*Pinus taeda* L) germination. *Canadian Journal of Forest Research* 13: 40–4.
- Gill AM, 1975. Fire and the Australian flora: A Review. *Australian Forestry* 38: 4–25.
- Glossop BL, 1980. Germination responses of thirteen legume species to boiling. *Alcoa of Australia Limited Environmental Research Bulletin*. No. 5: 1–8.
- Griffin AR, 1972. The effect of seed size, germination time and growing density on seedling development in radiata pine. *Australian Forest Research* 5: 25–60.
- Herranz JM, Ferrandis P, and Martinez-Sanchez JJ, 1998. Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean Leguminosae species. *Plant Ecology* 136: 95–103.
- Howe HF, and Richter WM, 1982. Effect of seed size on seedling size in *Virola surinamensis*: a within and between tree analysis. *Ecologia* 53: 347–51.
- Letnic M, Dickman CR, and McNaught G, 2000. Bet-hedging and germination in the Australian arid zone shrub *Acacia ligulata*. *Austral Ecology* 25: 368–74.
- Preece PB, 1971. Contributions to the biology of Mulga. II. Germination. *Australian Journal of Botany* 19: 39–49.
- Seiwa K, 2000. Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of development constraints. *Oecologia* 123: 208–15.
- Shea SR, McCormick J, and Portlock CC, 1979. The effect of fires on regeneration of leguminous species in the Northern Jarrah (*Eucalyptus marginata* Sm.) forest of Western Australia. *Australian Journal of Ecology* 4: 195–205.
- Simons AM, and Johnston MO, 2000. Variation in seed traits of *Lobelia inflata* (Campanulaceae): Sources and fitness consequences. *American Journal of Botany* 87: 124–32.
- Susko DJ, and Lavett-Doust LL, 2000. Pattern of seed mass variation and their effects on seedling traits in *Alliaria petiolata* (Brassicaceae). *The American Journal of Botany* 87: 56–66.
- Tripathi RS, and Khan MC, 1990. Effect of seed weight and microcyte characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in subtropical wet hill forest. *Oikos* 57: 289–96.
- Vaughton G, and Ramsey M, 2001. Relationship between seed mass, seed nutrients, and seedling growth in *Banksia cunninghamii* (Proteaceae). *International Journal of Plant Science* 162: 599–606.
- Weller SG, 1985. Establishment of *Lithospermum caroliniensis* on sand dunes: The role of nutlets mass. *Ecology* 66: 1893–901.
- Westoby M, Jurado E, and Leisman M, 1992. Comparative evolutionary ecology of seed size. *Trends in Ecology and Evolution* 7: 368–72.
- Wulff RD, 1986. Seed size variation in *Desmodium paniculatum*. 1. Factors affecting seed size. *Journal of Ecology* 74: 87–91.

Reviewer: **Drs. H. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D.**