

Ciri Fizikal dan Mikroskopi Anatomi Kayu Malvaceae Subfamili Bombacoideae dan Helicteroideae

(Physical and Microscopic Anatomical Characteristics of Malvaceae Woods Subfamilies Bombacoideae and Helicteroideae)

NORDAHLIA ABDULLAH SIAM*, NORAINI TALIP, RICHARD CHUNG CHENG KONG & LIM SENG CHOON

ABSTRAK

Kajian mengenai ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu telah dijalankan pada 36 spesies Malvaceae subfamili Bombacoideae (genus *Bombax*) dan Helicteroideae (genus *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia*) di Malaysia. Objektif kajian ini ialah untuk menentukan kesesuaian penempatan genus *Bombax* dan *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia* di bawah subfamili berbeza iaitu Bombacoideae and Helicteroideae dengan membandingkan hasil analisis fenetik berangka dan pengelasan berdasarkan molekul DNA; menentukan kesesuaian penempatan kelompok Helicteroideae: Durioneae di bawah subfamili Helicteroideae bersama dengan genus kelompok Helicteroideae s.s.; dan menyemak status *Boschia* sama ada sebagai genus tersendiri atau perlu digabungkan dengan *Durio*. Hasil analisis fenetik berangka menyokong cadangan pengelasan berdasarkan molekul DNA yang mengasingkan *Bombax* (Bombacoideae) daripada subfamili Helicteroideae. Keputusan analisis fenetik berangka juga menunjukkan bahawa kelompok Helicteroideae: Durioneae (*Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia*) perlu dikeluarkan daripada subfamili Helicteroideae dan dicadangkan untuk diletakkan di bawah subfamili baharu iaitu Durionoideae. Sebaliknya, kajian ini menolak cadangan pengelasan yang menaikkan subfamili Bombacoideae kepada famili Bombacaceae, subfamili Helicteroideae s.s. kepada famili Helicteradaceae dan subfamili Helicteroideae: Durioneae kepada famili Durionaceae. Hasil analisis fenetik berangka menunjukkan *Boschia* perlu digabungkan dengan *Durio*.

Kata kunci: Analisis fenetik berangka; anatomi kayu; Bombacoideae; Helicteroideae; Malvaceae

ABSTRACT

Studies on the physical and microscopic anatomical characteristics of woods were carried out on 36 species of Malvaceae subfamilies Bombacoideae (genus *Bombax*) and Helicteroideae (*Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* and *Neesia*) in Malaysia. The objectives of this study were to construct groups using numerical phenetic analysis to compare with the classifications of DNA molecular studies, to investigate either *Bombax* should be separated from *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* and *Neesia*, or should be placed under different subfamilies which are Bombacoideae and Helicteroideae, respectively. In addition to that, to see the suitability of the Helicteroideae: Durioneae group to put under the subfamily Helicteroideae together with the Helicteroideae s.s. group. Moreover, to see the suitability of family concept, proposed by previous study. Besides that, to determine whether *Boschia* should stand as individual genus or it should be combined with *Durio*. Based on numerical phenetic analysis this study supports the concept of classification of molecular DNA that separates *Bombax* from *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* and *Neesia* and placed under different subfamilies. However, this numerical phenetic analysis shows that the Helicteroideae: Durioneae group (*Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* and *Neesia*) should be removed from the subfamily Helicteroideae and proposed to be placed in a new subfamily which is Durionoideae. On the other hand, the present study disagrees with previous classification that upgraded the subfamily Bombacoideae to family Bombacaceae, subfamily Helicteroideae s.s. to family Helicteradaceae and subfamily Helicteroideae: Durioneae to family Durionaceae. Our numerical phenetic analysis suggest the genus *Boschia* to be combined with *Durio*.

Keywords: Bombacoideae; Helicteroideae; Malvaceae; numerical phenetic analysis; wood anatomy

PENGENALAN

Berdasarkan kajian DNA molekul, empat famili utama dalam order Malvales iaitu Bombacaceae s.l., Malvaceae, Sterculiaceae dan Tiliaceae sewajarnya digabungkan dan diletakkan di bawah Malvaceae (Bayer & Kubitzki 2003; Bayer et al. 1999). Famili ini seterusnya dibahagikan kepada sembilan subfamili iaitu Bombacoideae,

Brownlowioideae, Byttnerioideae, Dombeyoideae, Grewioideae, Helicteroideae, Malvoideae, Sterculioideae dan Tilioideae. *Bombax* L., *Coelostegia* Benth., *Durio* Adan., *Kostermansia* Soegeng dan *Neesia* Blume yang pada asalnya diletakkan di bawah satu famili yang sama iaitu Bombacaceae s.l. telah dipecahkan kepada dua subfamili iaitu Bombacoideae dan Helicteroideae. *Bombax*

diletakkan di bawah subfamili Bombacoideae manakala *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia* diletakkan di bawah subfamili Helicteroideae. Menurut Bayer dan Kubitzki (2003) subfamili Helicteroideae terbahagi kepada dua kelompok iaitu Helicteroideae s.s. yang terdiri daripada *Helicteres* L., *Mansonia* A. Chev., *Neoregnellia* Urb., *Reevesia* Lindley, *Triplochiton* Schum. dan *Ungeria* Schott & Endle. dan juga kelompok Helicteroideae: Durioneae yang terdiri daripada *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia*, *Neesia*, *Boschia* Korth. dan *Cullinea* Wight. Cheek (2007, 2006) mencadangkan kelompok Helicteroideae s.s. yang terdiri daripada *Helicteres*, *Mansonia*, *Neoregnellia*, *Reevesia*, *Triplochiton* dan *Ungeria* dinaik taraf kepada famili Helicteraceae. Manakala kelompok Helicteroideae: Durioneae yang terdiri daripada *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia*, *Neesia*, *Boschia* dan *Cullinea* dinaik taraf kepada Durionaceae. *Bombax* daripada subfamili Bombacoideae pula dinaik taraf kepada famili Bombacaceae s.s.

Analisis fenetik berangka ialah kaedah yang digunakan untuk tujuan pengelompokan, pengelasan dan penentuan hubungan antara takson berdasarkan kesamaan fenetik (Johnson 1982). Kaedah ini telah digunakan secara meluas pada tumbuhan tinggi dan telah menunjukkan hasil yang signifikan dalam menyelesaikan masalah taksonomi (Sneath 1976). Berdasarkan kajian lepas oleh Duncan dan Baum (1981), analisis ini telah digunakan pada peringkat spesies malah telah juga digunakan pada peringkat takson yang lebih tinggi dan lebih khusus kepada tumbuhan berbunga. Selain itu, analisis fenetik berangka juga digunakan dalam kajian anatomi kayu bagi tujuan pengelasan (Herenden & Miller 2000; Meeuse 1982).

Objektif kajian ini adalah untuk membentuk kumpulan menggunakan analisis fenetik berangka berdasarkan ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu untuk dibandingkan dengan pengelasan DNA molekul oleh Bayer et al. (1999) dan Bayer dan Kubitzki (2003), untuk melihat sama ada *Bombax* dipisahkan daripada *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia* dengan masing-masing diletakkan di bawah subfamili yang berbeza iaitu Bombacoideae dan Helicteroideae. Selain itu, untuk melihat kesesuaian *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia* diletakkan di bawah subfamili Helicteroideae bersama dengan *Helicteres*, *Mansonia*, *Neoregnellia*, *Reevesia*, *Triplochiton* dan *Ungeria* (Bayer et al. 1999; Bayer & Kubitzki 2003). Kesesuaian cadangan pengelasan Cheek (2007, 2006) juga dikaji. Kajian ini juga bertujuan untuk menentukan status *Boschia* sama ada sebagai genus tersendiri (Bayer & Kubitzki 2003; Bayer et al. 1999) atau patut digabungkan dengan *Durio* (Ashton 1988; Bakhuizen van den Brink 1924; Kochummen 1972; Kostermans 1958; Salma 2011).

BAHAN DAN KAEDAH

Fenogram dibina melalui kaedah analisis UPGMA dengan menggunakan perisian MVSP versi 3.1 oleh Kovach Technology ke atas 36 spesies seperti yang disenaraikan dalam Jadual 1 daripada sepuluh genus iaitu *Bombax*

(subfamili Bombacoideae), *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia*, *Neesia*, *Cullinea*, *Helicteres*, *Mansonia*, *Reevesia* dan *Triplochiton* (subfamili Helicteroideae). *Cullinea*, *Helicteres*, *Mansonia*, *Reevesia* dan *Triplochiton* merupakan genus tambahan yang dimasukkan dalam analisis fenetik sebagai 'out group' bagi tujuan perbandingan dengan genus kajian ini iaitu untuk melihat kesesuaian *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia* diletakkan di bawah subfamili Helicteroideae bersama dengan *Helicteres*, *Mansonia*, *Neoregnellia*, *Reevesia*, *Triplochiton* dan *Ungeria* (Bayer & Kubitzki 2003; Bayer et al. 1999). Data kelima-lima genus ini adalah berdasarkan rujukan terdahulu seperti pada Jadual 3. Ciri yang dipilih untuk analisis fenetik berangka merupakan ciri yang mempunyai nilai taksonomi, tidak dipengaruhi oleh persekitaran, tidak bersifat keplastikan dan tidak terdapat pemberat bagi ciri yang tertentu. Bilangan ciri yang digunakan dalam kajian ini ialah 54 ciri iaitu gabungan ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu.

Ciri fizikal yang dicerap ialah kehadiran tanda riak, tekstur dan ketumpatan kayu. Kehadiran ciri tanda riak dilihat menggunakan kanta tangan dengan pembesaran 10 x pada permukaan memanjang tangen kayu. Tekstur kayu dicerap menggunakan mata kasar terhadap permukaan kayu yang telah diketam atau dilicinkan. Manakala ketumpatan kayu diukur menggunakan kaedah berat kering relau per isi padu. Slaid mikroskopi disediakan berdasarkan Schweingruber et al. (2006). Proses maserasi pula adalah berdasarkan Wheeler et al. (1989). Pemerhatian mikroskopi dan pengukuran struktur kayu dilakukan menggunakan mikroskop cahaya mengikut huraian dan terminologi oleh Menon (1971) dan Wheeler et al. (1989). Bagi penyediaan sampel untuk tujuan cerapan di bawah mikroskop imbasan elektron, adalah berdasarkan Jansen et al. (1998). Terminologi dan huraian adalah berdasarkan Jansen et al. (2000), Nair (1998), Richter (1981) dan Ter Welle (1976).

HASIL DAN PERBINCANGAN

PENGELOMPOKAN DALAM ANALISIS FENETIK BERANGKA PERINGKAT SUBFAMILI

Fenogram yang terhasil daripada analisis fenetik berangka berdasarkan ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu telah membentuk dua kumpulan (Rajah 1). Kumpulan pertama menunjukkan *Bombax* yang mewakili subfamili Bombacoideae jelas terpisah daripada kumpulan kedua iaitu subfamili Helicteroideae. *Bombax* terpisah daripada *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia* (subfamili Helicteroideae: Durioneae). Mengikut pengelasan tradisi kelima-lima genus ini diletakkan bersama di bawah Bombacaceae s.l. Hasil kajian ini menyamai pengelasan Bayer dan Kubitzki (2003) dan Bayer et al. (1999) yang juga menunjukkan *Bombax* jauh terpisah daripada empat genus subfamili Helicteroideae: Durioneae yang lain. Oleh yang demikian, hasil kajian ini jelas menyokong pengelasan subfamili berdasarkan kepada jujukan DNA molekul oleh Bayer dan Kubitzki (2003) dan Bayer et al. (1999) dengan *Bombax* dipisahkan daripada *Coelostegia*,

JADUAL 1. Senarai 36 spesies kajian ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu Malvaceae

Spesies	Lokaliti	Nombor rujukan	Nombor xylarium	Xylarium
<i>Genus Bombax</i>				
<i>B. anceps</i>	Kedah, Langkawi, Pulau Pasir	FRI 82773	wt10178	KEPw
	Kedah, Langkawi, Bukit Sawak FR	FRI 82776	wt10181	KEPw
<i>B. ceiba</i>	Vietnam, Tongking River	-	TWTw8494	TWTw
	India	-	TWTw10810	TWTw
	Sabah, Sandakan, Sepilok FR	SAN 157284	wt10194	KEPw
<i>B. valetonii</i>	Selangor, Gombak, Ulu Langat FR	KEP 65634	wt7233	KEPw
	Selangor, Gombak, Genting Sempah	KEP 9905	wt176	KEPw
	Perak, Hulu Perak, Grik,	KEP 11598	wt696	KEPw
	Selangor, Gombak, Kepong	KEP 44948	wt4466	KEPw
<i>Genus Coelostegia</i>				
<i>C. borneensis</i>	Sarawak, Bintulu, Similijau FR	S 8631	-	SARFw
	Selangor, Gombak, Bukit Lagong FR	KEP 81089	wt684	KEPw
<i>C. chartacea</i>	Sabah, Lahad Datu, Ulu segama	SAN 157282	wt10187	KEPw
<i>C. griffithii</i>	Negeri Sembilan, Port Dickson, Pasir Panjang	FMS 4222	wt286	KEPw
	Perak, Kuala Kangsar, Bubu FR	KEP 86060	wt8003	KEPw
	Johor, Batu Pahat, Banang FR	KEP 70172	wt8233	KEPw
	Kelantan, Machang, Temangan	KEP 68766	wt9414	KEPw
<i>C. montana</i>	Sabah, Kundasang, Rafflesia FR	SAN 157266	wt10186	KEPw
	Sabah, Kundasang, Rafflesia FR	SAN 157267	wt10187	KEPw
<i>Genus Durio</i>				
<i>D. affinis</i>	Brunei, Bukit Rotan	FMS 34468	wt4222	KEPw
<i>D. carinatus</i>	Pahang, Kuantan, Gedong Rasam	KEP 6653	wt179	KEPw
	Pahang, Kuantan, Pekan Road	KEP 43201	wt3490	KEPw
	Johor, Mersing	KEP 70105	wt6816	KEPw
	Sarawak, Sibul	S 23109	-	SARFw
<i>D. dulcis</i>	Sarawak, Lundu, Gunung Gading	S 15395	-	SARFw
<i>D. excelsus</i>	Sarawak	S 80134	-	SARFw
	Sarawak, Belaga, Ulu Sungai Semawit	S 43565	-	
<i>D. grandiflorus</i>	Sabah, Kinabatangan	SAN 138994	wt4743	SARFw
<i>D. graveolens</i>	Perak, Kuala Kangsar, Kledang Saiong FR	KEP 8832	wt666	KEPw
	Negeri Sembilan, Jempol, Seriting FR	KEP 62973	wt6418	KEPw
	Sarawak, Lundu, Sg Snibong	S 9621	-	SARFw
	Sarawak, Bintulu, Segan FR	S 15129	-	SARFw
<i>D. griffithii</i>	Perak, Sungkai, Plus FR	FMS 39052		KEPw
	Selangor, Gombak, Sungai Buluh FR	FMS 45003		KEPw
	Negeri Sembilan, Senawang	FMS 1978		KEPw
	Sarawak, Tatau, Bukit Mersing	S 22134		SARFw
<i>D. kinabaluensis</i>	Sabah, Ranau, Poring	SAN 157280	wt10188	KEPw
<i>D. kutejensis</i>	Sarawak, Lundu, Gunung Pueh FR	S 15682	-	SARFw
	Sarawak, Marudi, Bukit Mentagai	S 22848	-	SARFw
<i>D. lanceolatus</i>	Sarawak, Lundu, Gunung Gading	S 15373	-	SARFw
	Sarawak, Marudi, Gunung Mulu National Park	S 13630	-	SARFw
<i>D. lowianus</i>	Perak, Hulu Perak, Sumpitan	KEP 10421	wt669	KEPw
	Pahang, Rompin, Mentas FR	KEP 31700	wt4843	KEPw
	Kedah, Kuala Muda, Gunung Jerai FR	KEP 59642	wt8193	KEPw
	Johor, Batu Pahat, Soga FR	KEP 70153	wt8238	KEPw
<i>D. macrophyllus</i>	Perak, Sg Siput	KEP 8836	wt668	KEPw
	Perak, Kuala Kangsar, Senat	KEP 127	wt125	KEPw
<i>D. malaccensis</i>	Selangor, Gombak, FRIM	KEP 16757	wt4433	KEPw
<i>D. oblongus</i>	Sarawak, Bau, Bungo Range	S 28996	-	SARFw

<i>D. oxleyanus</i>	Selangor, Batang Padang, Behrang FR	KEP 61148	wt8195	KEPw
	Kedah, Sik	KEP 73842	wt8198	KEPw
	Johor, Batu Pahat	KEP 79409	wt8241	KEPw
<i>D. perakensis</i>	Perak, Kuala Kangsar, Piah FR	FRI 2455	wt5840	KEPw
<i>D. pinangianus</i>	Kedah, Sik, Bukit Enggang FR	KEP 83814	wt8200	KEPw
<i>D. singaporensis</i>	Pahang, Temerloh, Kemasul FR	FMS 10573	wt248	KEPw
	Selangor, Gombak, Genting Sempah	KEP 34258	wt3731	KEPw
	Johor, Panti FR	KEP 93681	wt9978	KEPw
	Terengganu, Dungun	KEP 57405	wt6362	KEPw
<i>D. testudinarum</i>	Sabah, Sandakan, Sepilok FR	SAN 157275	wt10190	KEPw
<i>D. wyatt-smithii</i>	Brunei, Bukit Paka	KEP 37071	wt5340	KEPw
<i>D. zibethinus</i>	Selangor, Hulu Selangor, Batang Kali FR	KEP 64204	wt8221	KEPw
	Perak, Kinta, Chemor	KEP 65944	wt8235	KEPw
	Sabah, Sandakan, Sepilok FR	A 2879	wt6149	KEPw
	Sabah, LungManis	SAN 65612	wt2106	SANw
Genus <i>Kostermansia</i>				
<i>K. malayana</i>	Pahang, Rompin, Sg Anak Endau	KEP 31606	wt2528	KEPw
	Pahang, Rompin, Sepayang Ulu Pontian	KEP 10007	wt4400	KEPw
	Kelantan	KEP 50651	wt5691	KEPw
	Perak, Batang Padang, Bikam FR	KEP 61080	wt8231	KEPw
Genus <i>Neesia</i>				
<i>N. altissima</i>	Perak, Parit	KEP 31699	wt4873	KEPw
	Perak, Sg. Krian Estate	SFN 36737	wt4704	KEPw
<i>N. kostermansiana</i>	Perak, Sg Larut	Wray 2271	wt194	KEPw
	Selangor, Kuala Selangor, Sg Tinggi	SFN 34121	wt3807	KEPw
	Perak, Larut, Tanjong FR	KEP 63466	wt8240	KEPw
	Perak, Sungkai, Changkat Jong FR	FRI 69007	wt9960	KEPw
<i>N. malayana</i>	Johor, Pontian, Sg Benut	KEP 72801	wt6551 wt6704	KEPw
	Johor, Pontian, Ulu Sanglang	KEP 69801	wt8232	KEPw
	Johor, Pontian, Ulu Benut	KEP 69954	-	KEPw
	Sarawak, Kapit, Ulu Balleh	S 28431		SARFw
<i>N. glabra</i>	Sarawak, Kuching, Semengoh FR	S 25450	-	SARFw
<i>N. piluliflora</i>	Sarawak, Kuching, Semengoh FR	S 35031	-	SARFw
<i>N. strigosa</i>	Sarawak, Baram, Batang Tinjar	S 15540	-	SARFw
<i>N. synandra</i>	Sarawak, Serian, Bukit Gaharu	KEP 74801	wt8225	KEPw
		KEP 55734	wt8224	KEPw
		SAN 140478	wt1470	SANw

Durio, *Kostermansia* dan *Neesia*. Antara ciri diagnostik *Bombax* (Jadual 2) yang dapat memisahkannya daripada *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia* ialah bukaan pit belahan, kehadiran pit berbaris, kehadiran ruji dua saiz, struktur bertingkat dan kehadiran selaput ruji (Rajah 3(a)-3(c)). Manakala ciri diagnostik paling utama *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia* (Jadual 2) ialah kehadiran sel jubin (Rajah 3(d)). Menurut Metcalfe dan Chalk (1983, 1950) ciri ini merupakan ciri khas yang hanya hadir pada tribus *Durioneae* dalam *Bombacaceae*.

Hasil kajian ini selari dengan Judd dan Manchester (1997) yang menggunakan analisis Henning86 iaitu gabungan ciri morfologi, palinologi, kimia, anatomi daun dan kayu menunjukkan kumpulan *Durio* juga terpisah daripada kumpulan *Bombax*. Kajian DNA molekul oleh penyelidik terdahulu turut merekodkan *Bombax* terpisah daripada *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia*

(Alverson et al. 1999, 1998; Baum et al. 2004, 1998; Nyffeler & Baum 2001, 2000). Menurut Refaat et al. (2012) kajian fitokimia terhadap *Bombacaceae* menunjukkan *Bombax* mempunyai hubungan yang sangat rapat dengan *Adansonia* L., *Ceiba* Mill., *Chorisia* Hassl., *Ochroma* Sw. dan *Pachira* Aubl. sebaliknya menunjukkan hubungan yang jauh dengan *Durio*.

Kumpulan berikutnya ialah yang memisahkan antara kelompok genus di dalam subfamili *Helicteroideae* (Rajah 1). Berdasarkan fenogram jelas menunjukkan empat genus dalam subfamili *Helicteroideae* iaitu *Helicteres*, *Mansonia*, *Reevesia*, dan *Triplochiton* terpisah daripada lima genus subfamili *Helicteroideae* yang lain iaitu *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia*, *Neesia* dan *Cullinea*. Mengikut pengelasan tradisi empat genus tersebut berada di bawah *Sterculiaceae*, tribus *Helicterae* manakala lima genus lagi adalah di bawah *Bombacaceae*, tribus *Durioneae*

JADUAL 2. Perbandingan ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu subfamili Bombacoideae dan Helicteroideae

Perincian ciri	Bombacoideae (<i>Bombax</i>)	Helicteroideae (<i>Coelostegia</i> , <i>Durio</i> , <i>Kostermansia</i> , <i>Neesia</i>)
<i>Fizikal</i>		
Ketumpatan	Ringan	Ringan ke sederhana berat, sederhana berat ke berat dan berat
Tanda riak	Hadir	Tidak hadir
<i>Mikroskopi anatomi kayu</i>		
Kumpulan sel salur (%)	92% tunggal	55-56% tunggalb
Kepadatan sel salur per mm ²	2b (1-3)	4a (3-5)
Panjang unsur sel salur (µm)	472b(422-523)	703a (479-886)
Bentuk dan bukaan pit antara vaskular	Bentuk pit poligonal dan bukaan pit belahan (slit-like)	Bentuk pit poligonal, elips, bujur dan bukaan pit bulat, elips dan bujur
Kehadiran pit berbirai	Hadir	Tidak hadir
Saiz pit antara vaskular	Besar	Sangat kecil, kecil, sederhana
Saiz, bentuk dan bukaan pit salur-ruji	Sempadan yang kurang, ringkas, bentuk dan bukaan pit melintang bujur (gash-like) dan bulat, saiz besar	Sempadan yang jelas, bentuk dan bukaan pit bulat, bujur dan elips, saiz sangat kecil ke sederhana
Ketebalan sel serabut	Nipis	Nipis ke tebal
Panjang sel serabut (µm)	2276a (2073-2480)	1659b (1342-1966)
Bilangan sel per jalur parenkima	4b (3-5)	7a (6-8)
Kehadiran ruji dua saiz	Hadir, ruji kecil terdiri dari 1-3 sel lebar, rendah, ruji besar terdiri daripada 4-6 sel lebar dan tinggi	Tidak hadir, ruji uniseriat dan multiseriat 3-8 sel
Ketinggian ruji multiseriat (µm)	3270a (2577-3965)	1522b (942-2369)
Kehadiran selaput ruji	Hadir, menyelaputi sebahagian daripada ruji	Tidak hadir
Kehadiran sel jubin	Tidak hadir	Hadir, jenis <i>Durio</i>
Struktur bertingkat	Hadir, ruji rendah bertingkat, ruji tinggi tidak bertingkat, parenkima aksial dan sel serabut bertingkat	Tidak hadir
Hablur rombus	C, NC, R	C, NC, TC
Silika	Tidak hadir	Hadir pada sesetengah spesies kebiasaannya pada parenkima aksial, kadangkala hadir pada sel jubin, sel prokumben dan sel menegak/sel segiempat sama

(Hutchinson 1967). Fenogram hasil kajian ini selari dengan fenogram yang dihasilkan oleh Judd dan Manchester (1997) yang menggunakan gabungan ciri morfologi, palinologi, kimia, anatomi daun dan kayu yang juga menunjukkan *Durio* terpisah daripada *Reevesia* dan *Helicteres*.

Hasil kajian Bayer et al. (1999) menunjukkan *Helicteres*, *Mansonia*, *Reevesia*, *Triplochiton*, *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia*, *Neesia* dan *Cullinea* diletakkan di bawah subfamili yang sama iaitu subfamili Helicteroideae. Bayer dan Kubitzki (2003) juga meletakkan kesemua genus ini di bawah subfamili Helicteroideae tetapi terdapat dua kelompok iaitu kelompok yang dikenali sebagai Helicteroideae s.s. (*Helicteres*, *Mansonia*, *Neoregnellia*, *Reevesia*, *Triplochiton* dan *Ungeria*) dan Helicteroideae: Durioneae (*Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia*, *Neesia*,

Boschia dan *Cullinea*). Pemisahan tidak dilakukan terhadap kedua-dua kelompok ini kerana berdasarkan data DNA molekul, genus dalam kelompok Helicteroideae s.s. adalah berhubung kait dengan genus dalam kelompok Helicteroideae: Durioneae (Bayer & Kubitzki 2003; Bayer et al. 1999). Alverson et al. (1999) dan Nyffeler dan Baum (2000) juga menyatakan genus dalam kelompok Helicteroideae s.s. dan genus dalam kelompok Helicteroideae: Durioneae adalah berkait rapat.

Analisis fenetik berangka kajian ini (Rajah 1), jelas menunjukkan terdapat pemisahan antara dua kelompok di dalam famili Helicteroideae kerana perbezaan yang signifikan pada ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu (Jadual 3) di antara genus dalam kelompok Helicteroideae s.s. dan juga genus dalam kelompok Helicteroideae: Durioneae. Oleh itu, hasil kajian ini mencadangkan

JADUAL 3. Perbandingan ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu kelompok Helicteroideae s.s dan kelompok Helicteroideae: Durioneae subfamili Helicteroideae

Pencirian ciri	Kelompok Helicteroideae: Durioneae				Kelompok Helicteroideae s.s.				
	<i>Coelostegia</i>	<i>Durio</i>	<i>Kostermansia</i>	<i>Neesia</i>	<i>Culleniac.d</i>	<i>Helicteresc</i>	<i>Mansoniaa,b,c</i>	<i>Reevesiac,e</i>	<i>Triplochitona,b,c,e</i>
<i>Fizikal</i>									
Ketumpatan	Sederhana berat ke berat	Sederhana berat ke berat	Berat	Ringan ke sederhana berat	Sederhana berat ke berat	Ringan ke sederhana berat	Ringan ke sederhana berat	Ringan ke sederhana berat	Ringan ke sederhana berat
Tanda riak	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Mikroskopi Anatomi Kayu</i>									
Keliangan kayu	Berselerak	Berselerak	Berselerak	Berselerak	Berselerak	Separa bergelang	Separa bergelang	Separa bergelang	Separa bergelang
Bentuk pit dan bukaan pit antara vaskular	Bentuk pit poligonal dan bukaan pit elips bulat dan elips	Bentuk dan bukaan pit elips	Bentuk dan bukaan pit elips	Bentuk dan bukaan pit bujur	Bentuk dan bukaan pit bujur	poligonal dan bukaan pit bulat	poligonal dan bukaan pit bulat	poligonal dan bukaan pit bulat	poligonal dan bukaan pit bulat
Saiz pit antara vaskular	Sangat kecil	Kecil	Sederhana	Kecil	Sangat kecil	Sangat kecil	Sangat kecil	Kecil	Kecil
Garis pusat sel salur (μm)	> 200	> 200	> 200	> 200	> 200	≤ 50	≤ 50	51-100	101-200
Kepadatan sel salur per mm ²	3-5	3-5	3-5	1-3	3-5	41-100	41-100	≥ 101	3-5
Panjang unsur sel salur (μm)	501-800	501-800	501-800	501-800	501-800	351-500	351-500	351-500	≤ 350
Ketebalan dinding sel serabut	Nipis ke tebal	Nipis ke tebal	Nipis ke tebal	Nipis ke tebal	Nipis ke tebal	Nipis	Nipis ke tebal	Nipis	Nipis
Panjang sel serabut (μm)	1601-2000	1601-2000	1601-2000	1601-2000	1601-2000	901-1600	901-1600	901-1600	901-1600
Bilangan sel per jalur parenkima	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8	3-4	3-4	3-4	3-4
Lebar ruji	4-5 sel	5-10 sel	4-5 sel	4-5 sel	5-10 sel	5-10 sel	5-10 sel	5-10 sel	5-10
Sel jubin	Jenis Durio	Jenis Durio	Jenis Durio	Jenis Durio	Jenis Durio	-	-	D&P&PD	D&P&PD
Komposisi sel ruji	III	III	III	III	III	II	II	II	II
Struktur bertingkat	Tiada	Tiada	Tiada	Tiada	Tiada	Ruji rendah	Ruji rendah	Ruji rendah	Ruji rendah
Hablur rombus	C	C,NC	C,TC	C,NC	Tiada	C, NC, R	C, NC, R	C, NC, R	C, NC, R
Silika	+	+/-	-	-	-	-	-	-	-

Petunjuk: C = Ruang parenkima aksial, NC = Bukan ruang parenkima aksial, D&P&PD = Jenis Durio, Pterospermum dan Pertengahan Durio dan Pterospermum, II = Heterogenus jenis III, III = Heterogenus jenis III, + = Hadir, - = Tidak Hadir, R = Ruji, TC = Sel jubin.

Rujukan: a = Adeniyi et al. (2009) b = Adeniyi et al. (2013), c = Metcalfe dan Chalk (1979), d = Pearson dan Brown (1932), e = Terada dan Suzuki (1998)

JADUAL 4. Perbandingan ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu genus *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia*

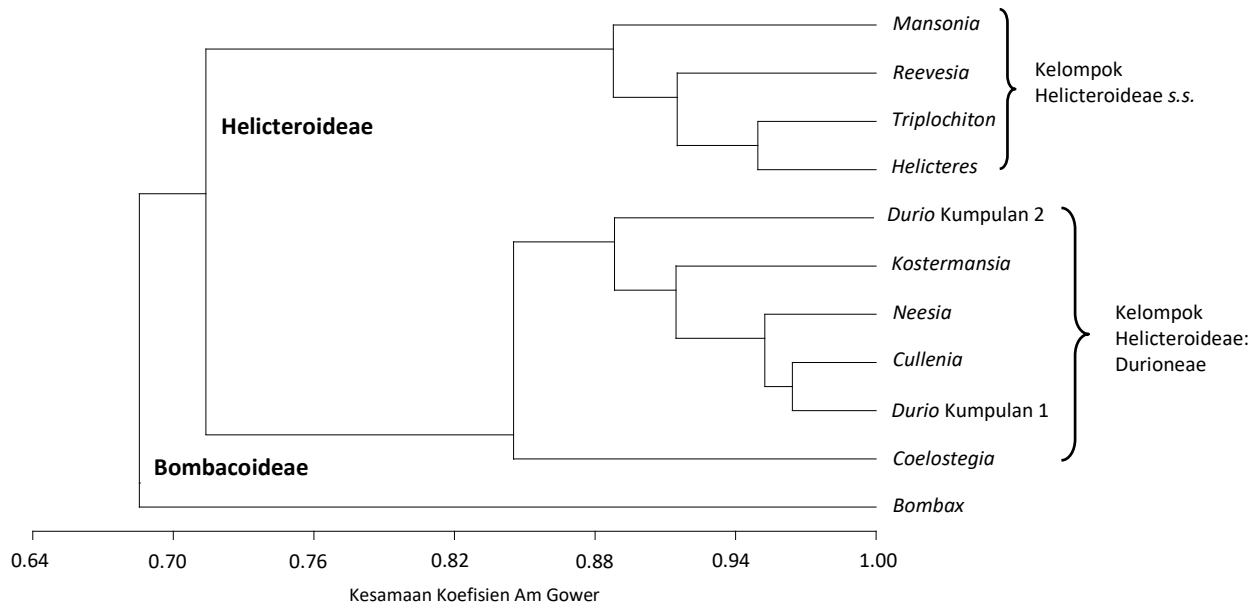
Perincian ciri	<i>Coelostegia</i>	<i>Durio</i>	<i>Kostermansia</i>	<i>Neesia</i>
<i>Fizikal</i>				
Ketumpatan	Sederhana berat ke berat	Sederhana berat ke berat	Berat	Ringan ke sederhana berat
<i>Mikroskopi Anatomi Kayu</i>				
Susunan sel salur	Berjejari	Berjejari	Berjejari dan membujur	Berjejari
Bentuk dan bukaan pit antara vaskular	Bentuk pit poligonal dan bukaan pit bulat dan elips	Bentuk dan bukaan pit elips	Bentuk dan bukaan pit elips	Bentuk dan bukaan pit bujur
Saiz pit antara vaskular	Sangat kecil	Kecil	Sederhana	Kecil
Saiz, bentuk dan bukaan pit salur-ruji	Bentuk dan bukaan bulat, saiz sangat kecil	Bentuk dan bukaan elips, saiz kecil	Bentuk dan bukaan elips, saiz sederhana	Bentuk dan bukaan bujur, saiz kecil
Kepadatan sel salur per mm ²	4a (3–5)	4a (3–5)	4a (3–5)	2 b (1–3)
Ketinggian ruji multiseriat (µm)	1470c (1023–1918)	1808a (1248–2369)	1206d (942–1471)	1602b (1274–1930)
Lebar ruji multiseriat	4b (4–5)	6a (6–8)	4b (4–5)	4b (4–5)
Kehadiran hablur rombus	Hadir pada ruang parenkima aksial	Hadir pada sesetengah spesies pada ruang dan bukan ruang parenkima aksial	Hadir pada ruang parenkima aksial dan sel jubin	Hadir pada ruang dan bukan ruang parenkima aksial
Taburan silika	Hadir pada parenkima aksial sahaja, tetapi bagi <i>C. montana</i> terdapat pada parenkima aksial, sel prokumben, sel menegak/ segiempat sama, kadangkala pada sel jubin	Hadir pada sesetengah spesies, kebiasaannya pada parenkima aksial, kadangkala hadir pada sel jubin dan sel prokumben	Tidak hadir	Tidak hadir
Saiz silika	Saiz kecil, sederhana, besar	Saiz sederhana	Tidak hadir	Tidak hadir
Bentuk silika	Bentuk oblong dan agregat	Bentuk globular	Tidak hadir	Tidak hadir
Jenis permukaan silika	Permukaan granul	Permukaan licin	Tidak hadir	Tidak hadir

Min diikuti dengan huruf yang sama pada baris yang sama adalah tiada perbezaan signifikan pada $p \leq 0.05$. Nilai pada kurungan adalah julat

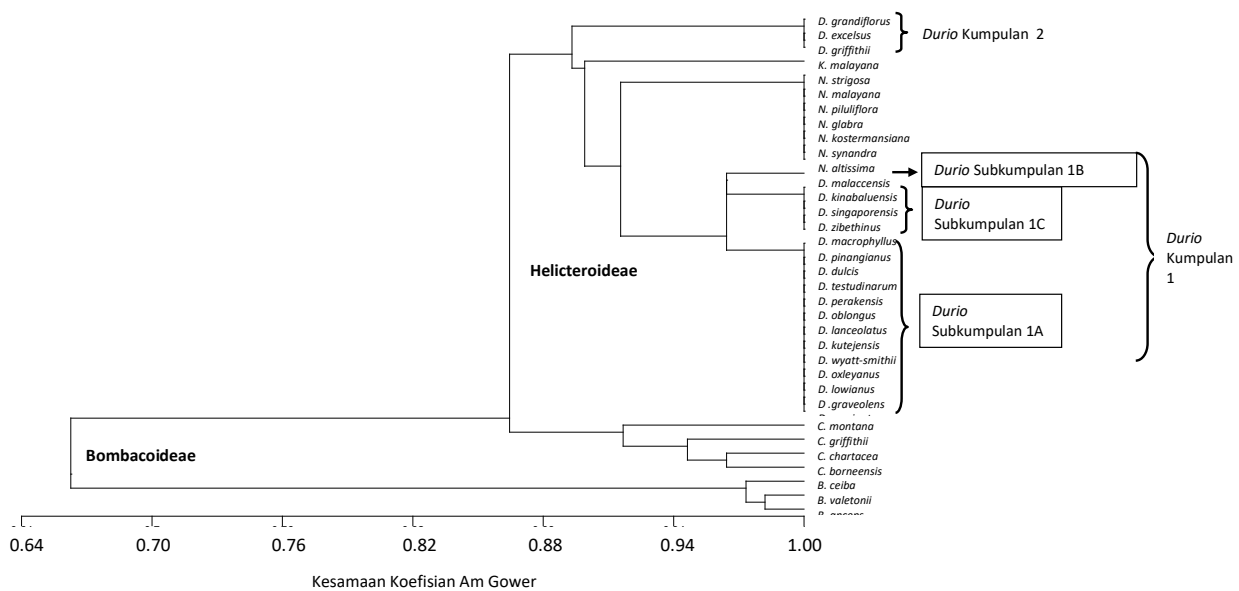
kelompok Helicteroideae: Durioneae dikeluarkan daripada subfamili Helicteroideae dan meletakkannya di dalam subfamili baharu iaitu Durionoideae yang terdiri daripada *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia*, *Neesia* dan *Cullinea*. Kajian ini juga mencadangkan kelompok Helicteroideae s.s. dikekalkan sebagai subfamili Helicteroideae yang terdiri daripada *Helicteres*, *Mansonia*, *Neoregnellia*, *Reevesia*, *Triplochiton* dan *Ungeria*. Cheek (2007, 2006) juga tidak bersetuju untuk meletakkan kelompok Helicteroideae: Durioneae bersama kelompok Helicteroideae s.s. di bawah satu subfamili dan telah menaikkan taraf kelompok Helicteroideae: Durioneae kepada famili Durionaceae.

Hasil kajian ini menyokong cadangan pengelasan pada peringkat subfamili oleh Bayer dan Kubitzki (2003) dan Bayer et al. (1999) yang berasaskan DNA tetapi menolak

cadangan pengelasan Cheek yang menaikkan taraf subfamili Bombacoideae kepada famili Bombacaceae, subfamili Helicteroideae s.s. kepada Helicteradaceae dan subfamili Helicteroideae: Durioneae kepada famili Durionaceae berdasarkan gabungan ciri morfologi, palinologi, anatomi daun dan kayu serta data DNA daripada kajian terdahulu (Cheek 2007, 2006). Berdasarkan analisis fenetik berangka kajian ini (Rajah 1) menunjukkan persamaan ciri adalah tinggi dengan indeks persamaan ciri *Bombax* (subfamili Bombacoideae) dan genus lain dalam subfamili Helicteroideae dengan 68.2%. Manakala indeks persamaan ciri kelompok Helicteroideae s.s. dan kelompok Helicteroideae: Durioneae adalah 71.8% (Rajah 1). Ini menunjukkan indeks persamaan ciri adalah tinggi iaitu melebihi 50% persamaan. Oleh itu, mengukuhkan lagi kajian ini untuk menyokong pengelasan kepada peringkat



RAJAH 1. Fenogram daripada analisis kluster UPGMA terhadap 10 genus kajian dengan menggunakan gabungan ciri fizikal dan mikroskopik anatomi kayu



RAJAH 2. Fenogram daripada analisis kluster UPGMA terhadap tiga spesies subfamili Bombacoideae dan 33 spesies subfamili Helicteroideae dengan menggunakan gabungan ciri fizikal dan mikroskopik anatomi kayu

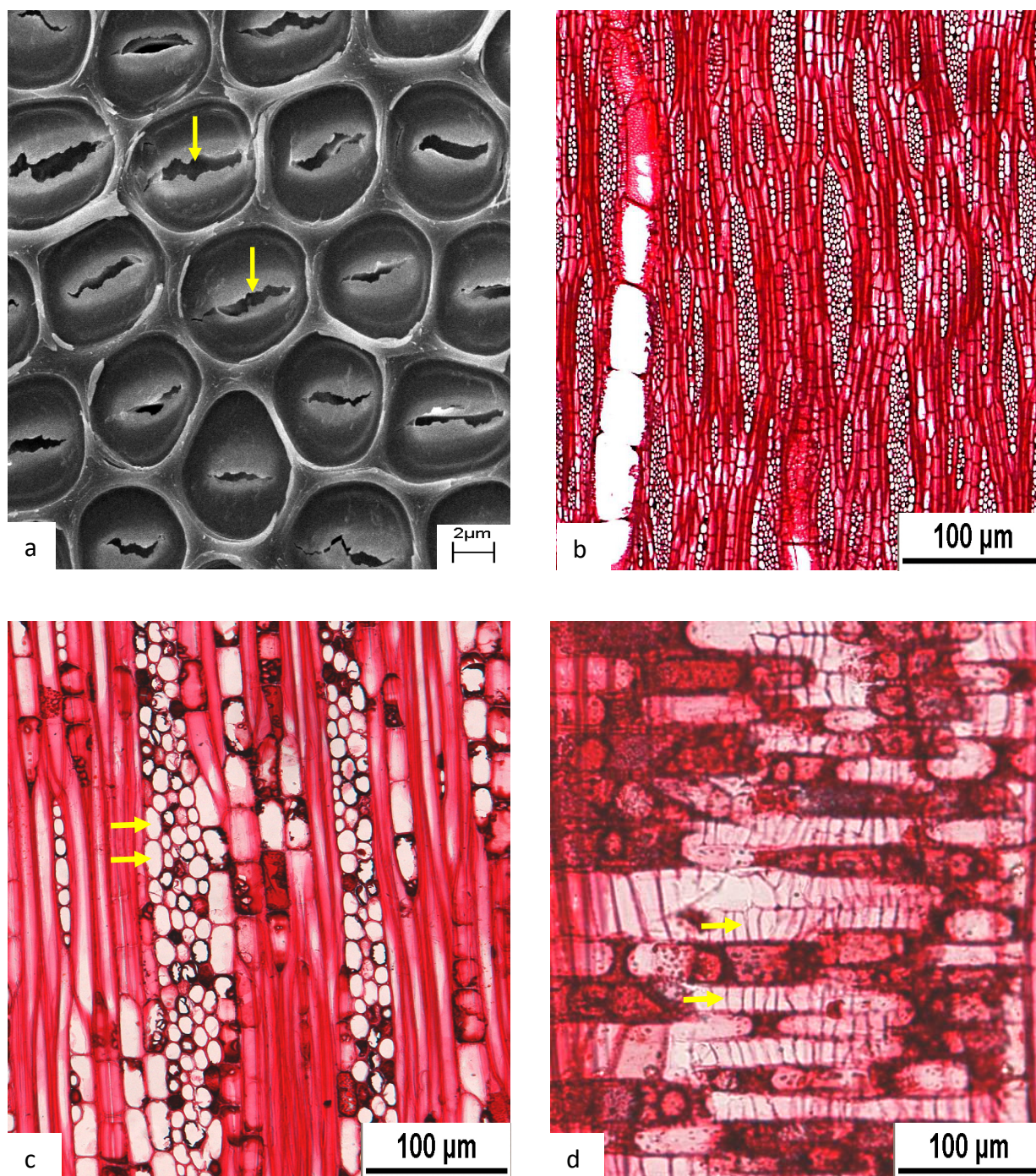
subfamili oleh Bayer dan Kubitzki (2003) dan Bayer et al. (1999) tetapi menolak cadangan pengelasan kepada peringkat famili oleh Cheek (2007, 2006).

PENGELOMPOKAN DALAM ANALISIS FENETIK BERANGKA PERINGKAT GENUS DAN SPESIES

Berdasarkan fenogram yang dihasilkan daripada analisis fenetik berangka (Rajah 1) jelas menunjukkan ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu (Jadual 4) dapat memisahkan keempat-empat genus dalam subfamili Helicteroideae: Durioneae iaitu *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan

Neesia. Fenogram (Rajah 2) yang dihasilkan berdasarkan ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu (Jadual 5) juga dapat memisahkan sehingga ke peringkat spesies pada genus *Bombax*, *Coelostegia* dan satu spesies pada genus *Durio* (*D. malaccensis*) serta terdapat pemisahan yang hanya berlaku pada peringkat kumpulan spesies pada genus *Durio*, tetapi tiada pemisahan peringkat spesies pada genus *Neesia* (Rajah 2).

Fenogram (Rajah 2) menunjukkan terdapat pembentukan dua kumpulan dalam genus *Bombax*. *Bombax ceiba* Burm.f. terpisah daripada spesies yang lain



RAJAH 3. Ciri mikroskopik anatomi kayu di bawah mikroskop imbasan elektron (a), di bawah mikroskop cahaya (b-d). a) Bukkaan pit belahan, pit berbaris (anak panah), b) Ruji dua saiz dan struktur bertingkat, c) selaput ruji (anak panah), d) sel jubin (anak panah). a) *B. anceps*, b&c) *B. valetonii*, d) *D. griffithii*

hanya dengan satu ciri iaitu komposisi sel ruji jenis heterogenus II (sel prokumben dan dua baris sel menegak/ segiempat sama) manakala *B. anceps* Pierre dan *B. valetonii* Hochr. mempunyai komposisi sel ruji jenis heterogenus III (prokumben dan satu baris sel menegak/segiempat sama). *B. anceps* dan *B. valetonii* berkongsi indeks persamaan tetapi masih dapat dipisahkan dengan hanya berbeza berdasarkan kedudukan hablur rombus. *B. anceps* menunjukkan hablur rombus hadir pada sel ruji menegak/ segiempat sama dan parenkima aksial, manakala *B.*

valetonii menunjukkan hablur rombus hanya hadir pada parenkima aksial (Jadual 5).

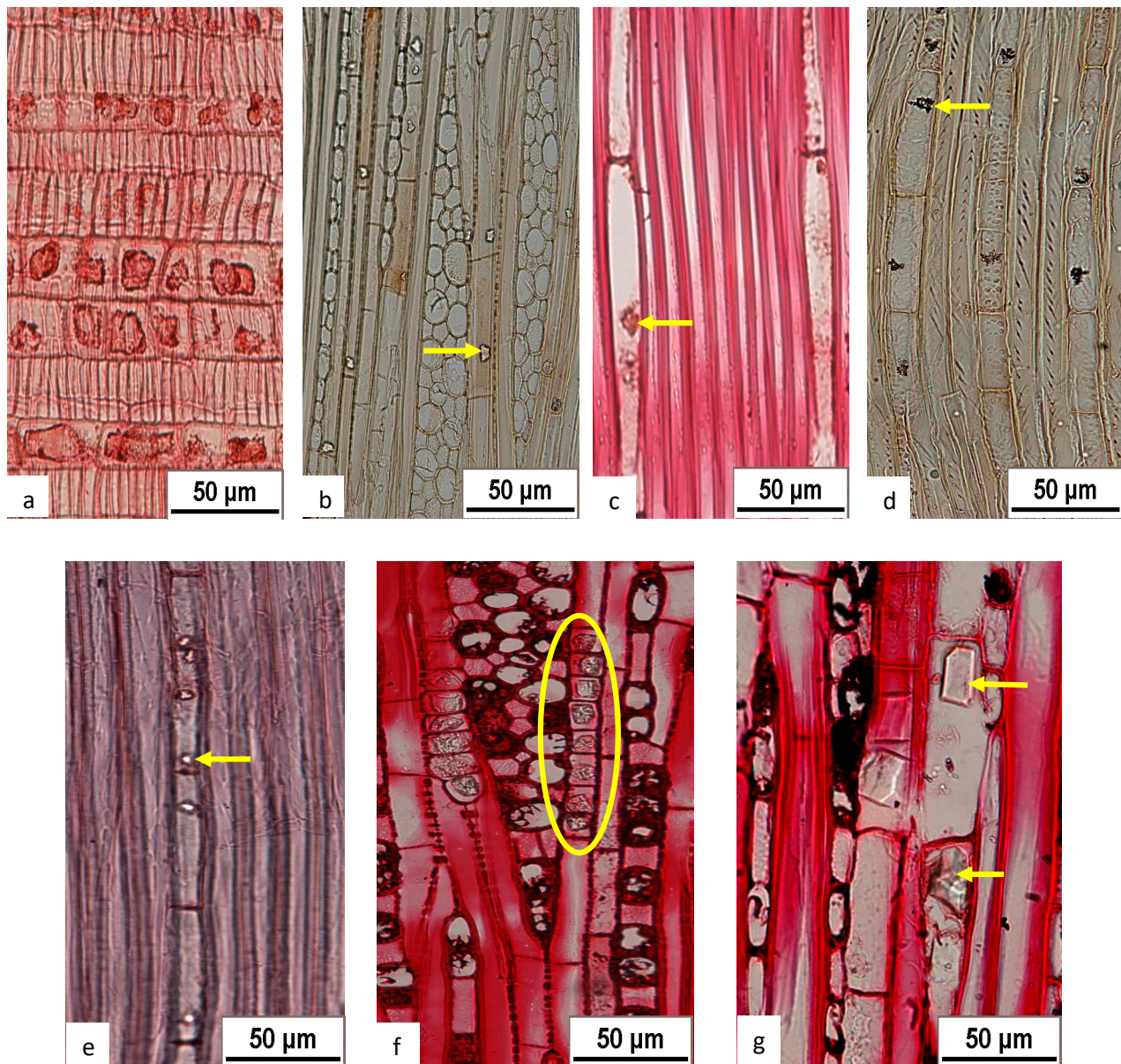
Bagi genus *Coelostegia* terdapat tiga kumpulan terbentuk yang terpisah berdasarkan tiga ciri iaitu kedudukan taburan silika, saiz dan bentuk silika (Jadual 5). Berdasarkan fenogram (Rajah 2), *C. montana* Sidiyasa terpisah jauh daripada tiga spesies *Coelostegia* yang lain kerana mempunyai taburan silika, saiz dan bentuk silika yang berbeza. Taburan silika bagi *C. montana* ialah pada parenkima aksial, sel jubin, sel prokumben dan sel

JADUAL 5. Perbandingan ciri fizikal dan mikroskopik anatomi kayu daripada famili Malvaceae Subfamili Bombacoideae dan Helicteroideae

Taksa	D	Te	G	PL	Komposisi sel ruji	Hablor rombus	Taburan Silika	Saiz Silika	Bentuk silika	PS
<i>B. anceps</i>	L	K	+	Pu	P, III	C, NC, R	-	-	-	-
<i>B. ceiba</i>	L	K	+	Pu	P, II	C, NC	-	-	-	-
<i>B. valetonii</i>	L	K	+	Pu	P, III	C, NC	-	-	-	-
<i>C. griffithii</i>	M	K	-	Pe	P, III	C	A	SD	agregat	granul
<i>C. charitaceae</i>	M	K	-	Pe	P, III	C	A	kecil	oblong	granul
<i>C. boornensis</i>	M	K	-	Pe	P, III	C	A	SD	oblong	granul
<i>C. montana</i>	M	K	-	Pe	P, III	C	A, R, P, TC	besar	oblong	granul
<i>D. oxleyanus</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-	-
<i>D. zibethinus</i>	M	K	-	N	P, III	C, NC	-	-	-	-
<i>D. grandiflorus</i>	M	K	-	N	P, III	-	A, P, TC	SD	globular	licin
<i>D. lanceolatus</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-	-
<i>D. carinatus</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-	-
<i>D. wyatt-smithii</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-	-
<i>D. lowianus</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-	-
<i>D. perakensis</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-	-
<i>D. excelsus</i>	M	K	-	N	P, III	-	A, P, TC	SD	globular	licin
<i>D. testudinatum</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-	-
<i>D. graveolens</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-	-
<i>D. macrophyllus</i>	M	K	-	N	P, III	C, NC	-	-	-	-
<i>D. griffithii</i>	M	K	-	N	P, III	-	A, P, TC	SD	globular	licin
<i>D. malaccensis</i>	M	K	-	N	P, III	NC	-	-	-	-

<i>D. singaporensis</i>	M	K	-	N	P, III	C,NC	-	-	-
<i>D. affinis</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-
<i>D. dulcis</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-
<i>D. pinangianus</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-
<i>D. oblongus</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-
<i>D. kutejensis</i>	M	K	-	N	P, III	C	-	-	-
<i>D. kinabaluensis</i>	M	K	-	N	P, III	C,NC	-	-	-
<i>K. malayana</i>	H	K	-	Pn	P, III	C,TC	-	-	-
<i>N. altissima</i>	E	K	-	Pb	P, III	C,NC	-	-	-
<i>N. kostermansiana</i>	E	K	-	Pb	P, III	C,NC	-	-	-
<i>N. malayana</i>	E	K	-	Pb	P, III	C,NC	-	-	-
<i>N. synandra</i>	E	K	-	Pb	P, III	C,NC	-	-	-
<i>N. pituliflora</i>	E	K	-	Pb	P, III	C,NC	-	-	-
<i>N. strigosa</i>	E	K	-	Pb	P, III	C,NC	-	-	-
<i>N. glabra</i>	E	K	-	Pb	P, III	C,NC	-	-	-

D = Ketumpatan, Ic = Tekstur, G = Tanda riak, PL = Bentuk, bukaan, saiz pit antara vaskular, Pu = Bentuk pit poligonal, bukaan pit belahan, saiz besar, Pe = Bentuk pit poligonal, bukaan pit elips, saiz sangat kecil, Pb = Bentuk dan bukaan pit bujur, saiz kecil, N = Bentuk dan bukaan pit elips, saiz kecil, Pn = Bentuk dan bukaan pit elips, saiz sederhana, PS = Perukaan silika, L = Ringan, M = Sederhana berat ke berat, H = Berat, E = Ringan ke sederhana berat, K = Kasar, + = hadir, - = Tidak hadir, P = Prokumben, II = Heterogenus jenis II, III = Heterogenus jenis III, C = nuang parenkima aksial, NC = Bukan ruang parenkima aksial, A = Parenkima aksial, R = Sel menegak/segiempat sama, TC = Sel jubin, SD = Saiz sederhana



RAJAH 4. Ciri mikroskopi anatomi kayu di bawah mikroskop cahaya (a-g), a) Taburan silika di sel jubin, sel prokumben dan sel menegak/segiempat sama, b-e) Taburan silika di parenkima aksial (anak panah), f) hablur rombus di ruang parenkima aksial (bulatan), g) hablur rombus di bukan ruang parenkima aksial (anak panah). a) *C. montana*, b) *C. borneensis*, c) *C. chartaceae*, d) *C. griffithii*, e) *D. excelsus*, f) *D. lowianus* dan g) *D. malaccensis*

menegak/segiempat sama (Rajah 4(a)), manakala *C. borneensis* Becc., *C. chartaceae* Soegeng dan *C. griffithii* Benth. taburan silikanya ialah pada parenkima aksial (Rajah 4(b)-(d)). *Coelostegia griffithii* pula dapat dibezakan daripada spesies *Coelostegia* yang lain melalui bentuk silikanya jenis agregat. Spesies *Coelostegia* yang lain bentuk silikanya oblong (Jadual 5). Fenogram (Rajah 2) menunjukkan *C. borneensis* dan *C. chartacea* berkongsi indeks persamaan tetapi masih dapat dipisahkan berdasarkan saiz silika dengan *C. borneensis* saiz silikanya sederhana manakala *C. chartaceae* saiz silikanya kecil (Jadual 5). Berdasarkan kajian oleh Noraini et al. (2008) juga telah membuktikan bahawa spesies dalam genus

Coelostegia dapat dibezakan dan dipisahkan berdasarkan ciri anatomi daun.

Bagi *Durio* terdapat dua kumpulan utama yang terpisah berdasarkan kehadiran silika dan hablur rombus (Rajah 2). Bagi Kumpulan 1 kesemua spesies dicirikan dengan kehadiran hablur rombus tetapi tiada kehadiran silika. Kumpulan ini terbahagi kepada tiga subkumpulan iaitu *Durio* Subkumpulan 1A, 1B dan 1C dengan subkumpulan ini terpisah berdasarkan kedudukan hablur rombus. *Durio* Subkumpulan 1A dicirikan dengan hablur rombus hadir pada ruang parenkima aksial sahaja (Rajah 4(f)), *Durio* Subkumpulan 1(B) dicirikan dengan hablur rombus hanya hadir pada bukan ruang parenkima aksial

sahaja (Rajah 4(g)) dan *Durio* Subkumpulan 1C hablur rombus hadir pada kedua-dua ruang dan bukan ruang parenkima aksial (Jadual 5).

Terdapat perbezaan pada *Durio* Kumpulan 2 (Rajah 2) dengan *D. excelsus* Bakh., *D. grandiflorus* Mast. dan *D. griffithii* (Mast.) Bakh. ini dahulunya adalah genus *Boschia* (Master 1874). Kemudian *Boschia* disatukan dengan *Durio* oleh Bakhuzen van den Brink (1924) dan disokong oleh Kostermans (1958). Berdasarkan kajian DNA oleh Bayer et al. (1999) dan Bayer dan Kubitzki (2003) pula telah meletakkan genus *Boschia* sebagai genus tersendiri. *Durio* Kumpulan 2 (*D. excelsus*, *D. grandiflorus* dan *D. griffithii*) dicirikan dengan kehadiran silika bentuk globular pada parenkima aksial (Rajah 4(e)) tetapi tiada kehadiran hablur rombus. Ciri ini telah menyebabkan *Durio* Kumpulan 2 terpisah daripada kumpulan *Durio* yang lain. Namun begitu, walaupun berdasarkan analisis fenetik berangka, terdapat pemisahan antara *D. excelsus*, *D. grandiflorus* dan *D. griffithii* dengan spesies *Durio* yang lain tetapi kajian ini tetap menyokong cadangan penyelidik terdahulu iaitu Ashton (1988), Bakhuizen van den Brink (1924), Kochummen (1972), Kostermans (1958) dan Salma (2011). Mereka mencadangkan *Boschia* disatukan dengan *Durio* kerana dengan ciri tunggal anter dehisen adalah tidak mencukupi untuk genus ini dijadikan sebagai genus tersendiri. Hasil kajian ini juga tidak menyokong pemisahan *D. excelsus*, *D. grandiflorus* dan *D. griffithii* daripada genus *Durio* kerana hanya dengan satu ciri iaitu kehadiran silika adalah tidak mencukupi untuk menaik taraf kepada genus *Boschia* sebaliknya menyokong tiga spesies ini disatukan dengan *Durio*.

Fenogram (Rajah 2) menunjukkan *Cullenia* berkongsi indeks persamaan dengan *Durio* tetapi masih boleh dipisahkan. Pemisahan adalah berdasarkan ciri bentuk pit antara vaskular *Cullenia* yang berbentuk bujur berbanding *Durio* yang bentuk pitnya ialah elips. Saiz pit antara vaskular *Cullenia* yang dikategorikan sebagai sangat kecil berbanding *Durio* yang dikategorikan sebagai kecil. Selain itu, pada *Cullenia* tiada kehadiran hablur direkodkan (Jadual 3). *Kostermansia malayana* (Rajah 2) jelas terpisah daripada spesies yang lain. Ini menunjukkan terdapat perbezaan ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu yang signifikan antara *K. malayana* dengan spesies lain dalam subfamili Helicteroideae: Durioneae (Jadual 5). Manakala tidak berlaku pemisahan antara spesies bagi genus *Neesia* (Rajah 2), ini menunjukkan tiada perbezaan ciri fizikal dan mikroskopi anatomi kayu yang signifikan antara spesies bagi genus *Neesia* (Jadual 5).

KESIMPULAN

Hasil analisis fenetik berangka kajian ini jelas menyokong cadangan pengelasan Bayer dan Kubitzki (2003) dan Bayer et al. (1999) yang memisahkan *Bombax* daripada *Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia* dan diletakkan di bawah subfamili yang berbeza iaitu masing-masing di bawah Bombacoideae and Helicteroideae. Berdasarkan analisis fenetik berangka, kumpulan

Helicteroideae: Durioneae (*Coelostegia*, *Durio*, *Kostermansia* dan *Neesia*) dicadangkan untuk dikeluarkan daripada subfamili Helicteroideae dan diletakkan di bawah subfamili baharu iaitu Durionoideae. Selain itu, kajian ini juga menolak konsep pengelasan Cheek (2007, 2006) yang menaik taraf subfamili kepada peringkat famili sebaliknya menyokong cadangan pengelasan kepada peringkat subfamili oleh Bayer dan Kubitzki (2003) dan Bayer et al. (1999). Berdasarkan kajian ini, menunjukkan genus *Boschia* perlu disatukan dengan *Durio*.

RUJUKAN

- Adeniyi, I.M., Adebagbo, C.A., Oladapo, F.M. & Ayetan, G. 2013. Utilisation of some selected wood species in relation to their anatomical features. *Global Journal of Science Frontier Research Agriculture and Veterinary* 13(9): 2249-4626.
- Adeniyi, A.K., Aworinde, D.O. & Folorunso, A.E. 2009. Use of wood characters in the identification of selected timber species in Nigeria. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* 37(2): 28-32.
- Alverson, W.S., Whitlock, B.A., Nyffeler, R., Bayer, C. & Baum, D.A. 1999. Phylogeny of the core Malvales: Evidence from *ndhF* sequence data. *American Journal of Botany* 86(10): 1474-1486.
- Alverson, W.S., Karol, K.G., Baum, D.A., Chase, M.W., Swensen, S.M., McCourt, R. & Systema, K.J. 1998. Circumscription of the Malvales and relationships to other Rosidae: Evidence from *rbcL* sequence data. *American Journal of Botany* 85(6): 876-887.
- Ashton, P.S. 1988. *Manual of the Non-Dipterocarp Trees of Sarawak*. Jil. 2. Kuching: Dewan Bahasa dan Pustaka, Sarawak Branch.
- Bakhuizen van den Brink, R.C. 1924. Revisio Bombacacearum. *Bulletin Jardin Botanique de Buitenzorg* 6(2): 161-240.
- Baum, D.A., Smith, S.D., Yen, A., Alverson, W.S., Nyffeler, R., Barbara, A.W. & Rebecca, L.O. 2004. Phylogenetic relationship of Malvatheca (Bombacoideae and Malvoideae: Malvaceae (*sensu lato*) as inferred from plastid DNA sequences. *American Journal of Botany* 91(11): 1863-1871.
- Baum, D.A., Alverson, W.S. & Nyffeler, R. 1998. A durian by any other name: Taxonomy and nomenclature of the core Malvales. *Harvard Papers of Botany* 3(2): 315-330.
- Bayer, C. & Kubitzki, K. 2003. Malvaceae. Dlm. *The Families and Genera of Vascular Plants. Flowering Plants Dicotyledons: Malvales, Capparales and Non-betalain Caryophyllales*, Jilid. 5, disunting oleh Kubitzki, K. & Bayer, C. New York: Springer-Verlag. hlm. 225-311.
- Bayer, C., Michael, F.F., De Bruijn, A.Y., Vincent, S., Cynthia, M.M., Kubitzki, K., William, S.A. & Mark, W.C. 1999. Support for an expanded family concept of Malvaceae within recircumscribed order Malvales: A combined analysis of plastid *atpB* and *rbcL* DNA sequences. *The Botanical Journal of Linnean Society* 129(4): 267-303.
- Cheek, M. 2006. The validation of two new family names in Malvales: Durionaceae and Browlowiaceae. *Kew Bulletin* 61: 443.
- Cheek, M. 2007. Bombacaceae. Dlm. *Flowering Plant Families of the World*, disunting oleh Heywood, V.H., Moore, D.M., Richardson, I.B.K. & Stearn, W.T. New York: Springer-Verlag. hlm. 89-95.

- Duncan, T. & Baum, B.R. 1981. Numerical phenetics: Its uses in botanical systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12: 387-404.
- Herendeen, P.S. & Miller, R.B. 2000. Utility of wood anatomy characters in cladistic analyses. *IAWA Journal* (21)3: 247-276.
- Hutchinson, J. 1967. *The Genera of Flowering Plants: Dicotyledons*. Edisi ke-2. Oxford: Clarendon Press. hlm. 468-523.
- Jansen, S., Piesschaert, F. & Smets, E. 2000. Wood anatomy of Elaeagnaceae, with comments on vestured pits, helical thickenings, and systematics relationship. *American Journal of Botany* 87(1): 20-28.
- Jansen, S., Kitin, P., De Pauw, H., Idris, M., Beekman, H. & Smets, E. 1998. Preparation of wood specimens for transmitted light microscopy and scanning electron microscopy. *Belgium Journal of Botany* 131(1): 41-49.
- Johnson, R.W. 1982. Effect of weighting and the size of the attribute set in numerical classification. *Australian Journal of Botany* 30(2): 161-174.
- Judd, W.S. & Manchester, S.R. 1997. Circumscription of Malvaceae (Malvales) as determined by a preliminary cladistic analysis of morphological, anatomical, palynological and chemical characters. *Brittonia* 49(3): 384-405.
- Kochummen, K.M. 1972. Bombacaceae. Dlm. *Tree Flora of Malaya: A Manual for Foresters*, edited by Whitmore, T.C. Jil. 1. Malayan Forest Records No 26. Kepong: Forest Research Institute Malaysia. hlm. 100-120.
- Kostermans, A.J.G.H. 1958. *A Monograph of the Genus Durio Adans. (Bombacaceae)-Part II: Species of Burma, Malaya and Sumatra, Additional note on Cullenia ceylanica* K. Schum. Communication Forest Research Institute Indonesia No 62. hlm. 1-36.
- Masters, M.T. 1874. *Durio*. Dlm. *Flora of British India*, disunting Hooker, J.D. Jilid.1. London: L. Reeve. hlm. 348-353.
- Meeuse, A.D.J. 1982. Cladistics, wood anatomy and angiosperm phylogeny-A challenge. *Acta Botany* 31(5/6): 345-354.
- Menon, P.K.B. 1971. *The Anatomy and Identification of Malaysian Hardwoods*. Malayan Forest Records No 27. Kepong: Forest Research Institute Malaysia.
- Metcalfe, C.R. & Chalk, L. 1983. *Anatomy of the Dicotyledons: Wood Structure and Conclusion of the General Introduction*. Jilid. 2. London: Oxford University Press.
- Metcalfe, C.R. & Chalk, L. 1979. *Anatomy of the Dicotyledons: Leaves, Stem and Wood in Relation to Taxonomy with Notes on Economic Uses*. Jilid 2. London: Oxford University Press.
- Metcalfe, C.R. & Chalk, L. 1950. *Anatomy of the Dicotyledons: Leaves, Stem and Wood in Relation to Taxonomy with Notes on Economic Uses*. Jilid 1. London: Oxford University Press.
- Nair, M.N.B. 1998. *Wood Anatomy and Major Uses of Wood*. Serdang: Fakulti Perhutanan, Universiti Putra Malaysia.
- Noraini, T., Solihani, N.S., Khatijah, H. & Chung, R.C.K. 2008. Comparative petiole and midrib anatomical characters in selected species of *Coelostegia* (Bombacaceae) in Malaysia. *Proceeding of the 3rd Regional Symposium on Environment and Natural Resources*. hlm.712-716.
- Nyffeler, R. & Baum, D.A. 2001. Systematics and character evolution in *Durio s.lat.* (Malvaceae/Helicterioideae/Durioneae or Bombacaceae-Durioneae). *Organisms Diversity & Evolution* 1(3): 165-178.
- Nyffeler, R. & Baum, D.A. 2000. Phylogenetic relationships of the durians (Bombacaceae-Durionae or Malvaceae-Helicterioideae-Durionae) based on chloroplast and nuclear ribosomal DNA sequence. *Plant Systematics and Evolution* 224(1-2): 55-82.
- Pearson, S.R. & Brown, H.P. 1932. *Commercial Timbers of India: Their Distribution, Supplies, Anatomical Structure, Physical and Mechanical Properties and Uses*. Calcutta: Government of India, Central Publication Branch.
- Refaat, J., Desoky, S.Y., Ramadan, M.A. & Kamel, M.S. 2012. Bombacaceae: A phytochemical review. *Pharmaceutical Biology* 51(1): 100-130.
- Richter, V.H.G. 1981. *Anatomie Des Sekundaren Xylems Und Der Rinde Der Lauraceae*. Hamburg: Verlag Paul Parey.
- Salma, I. 2011. *Durio of Malaysia*. Kuala Lumpur: Malaysian Agricultural Research and Development Institute.
- Schweingruber, F.H., Borner, A. & Schulze, E.D. 2006. *Atlas of Woody Plant Stems: Evolution, Structure and Environmental Modifications*. New York: Springer Berlin Heidelberg.
- Sneath, P.H.A. 1976. Phenetic taxonomy at the species level and above. *Taxon* 25(4): 437-450.
- Ter Welle, B.J.H. 1976. Silica grains in woody plants of the Neotropics, especially Surinam. Dlm. *Wood Structure in Biological and Technological Research*, disunting oleh Baas, P., Bolton, A.J. & Catling, D.M. Siri ke-3. Leiden: Leiden University Press, Leiden Botanical. hlm. 107-142.
- Terada, K. & Suzuki, M. 1998. Revision of the so-called 'Reevesia' fossil woods from the Tertiary in Japan-A proposal of the genus *Wataria* (Sterculiaceae). *Review of Paleobotany and Palynology* 103: 235-251.
- Wheeler, E.A., Baas, P. & Gasson, P.E. 1989. IAWA List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin* 10(3): 219-332.
- Nordahlia Abdullah Siam*, Richard Chung Cheng Kong & Lim Seng Choon
Institut Penyelidikan Perhutanan Malaysia
52109 Kepong, Selangor Darul Ehsan
Malaysia
- Noraini Talip
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan
Malaysia
- *Pengarang untuk surat-menyurat; email: nordahlia@frim.gov.my
- Diserahkan: 19 Disember 2018
Diterima: 7 November 2019