

Jurnal Ilmu Kehutanan

Journal of Forest Science
<https://jurnal.ugm.ac.id/jikfkt>



Tingkat Kesamaan *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, dan Hibridnya Berdasarkan Sifat Anatomi Akar, Batang, dan Daun *Similarity Index among Acacia mangium, Acacia auriculiformis, and its Hybrid Based on the Anatomical Properties of Root, Stem, and Leaf*

Sri Sunarti^{1*}, Visda Fitriana², & Suharyanto²

¹ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan

Jl. Palagan Tentara Pelajar KM 15 Purwobinangun, Pakem, Sleman Telp. (0274)895954 Fax. (0274)896080

*Email: narti_nirsatmanto@yahoo.com

²Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Jl. Teknika Selatan, Mlati, Sleman, 55281

HASIL PENELITIAN

Riwayat Naskah :

Naskah masuk (*received*): 17 Januari 2018

Diterima (*accepted*): 26 Juni 2018

KEYWORDS

Acacia hybrid
wood anatomy
freehand technique
image raster
leaf clearing

KATA KUNCI

hibrid akasia
anatomi kayu
teknik *free-hand*
image raster
leaf clearing

ABSTRACT

Crossing between Acacia mangium and Acacia auriculiformis will result Acacia hybrid whether naturally or artificially. Acacia hybrid, as its parents, was developed to support pulp and paper industries. Morphological characteristics of leaves among A. mangium, A. auriculiformis, and its hybrid (A. mangium x A. auriculiformis) were easily differentiated on nursery stage. This study was done to observe the anatomy of root, stem, and leaves of A. mangium, A. auriculiformis, and its hybrid for assessing their similarity. The samples of leaves, stems, and roots were made into semi-permanent object using freehand technique then the results were assessed using an image-raster and leaf clearing. The observed parameters were the anatomical structure in the root, stem, and leaves tissues as well as similarity index among A. mangium, A. auriculiformis, and its hybrid. The result showed that the similarity between A. mangium and A. auriculiformis was 55.26% and its hybrid were closer to A. mangium than A. auriculiformis with similarity index of 60.53%-65.78% and 52.63%-63.16%, respectively. Hybrid vigour showed a closer similarity to intermediate hybrid than inferior hybrid with similarity index of 78.95% and 68.42%. It is a great probability to obtain hybrid vigour by selecting good mother-trees due to the similarity index between hybrid and its mother tree.

INTISARI

Persilangan antara *Acacia mangium* dan *Acacia auriculiformis* akan menghasilkan hibrid akasia, baik secara alami maupun buatan. Seperti induknya, jenis hibrid akasia dikembangkan untuk mendukung ketersediaan bahan baku industri pulp dan kertas. Secara morfologi, A.

mangium, *A. auriculiformis*, dan hibridnya (*A. mangium* x *A. auriculiformis*) dapat dengan mudah dibedakan pada tingkat semai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kesamaan antara *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya berdasarkan perbedaan struktur anatomi mikroskopis pada akar, batang/ranting dan daun (filodia). Sampel akar, batang/ranting, dan daun (filodia) dibuat preparat semi permanen menggunakan teknik *free-hand* dan hasilnya diamati dengan *image raster* dan *leaf clearing*. Parameter yang diamati adalah ukuran jaringan penyusun akar, batang/ranting, dan daun (filodia) serta hubungan kekerabatan antara *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antara *A. mangium* dan *A. auriculiformis* mempunyai tingkat kesamaan sebesar 55,26% dan hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* mempunyai tingkat kesamaan dengan induk betina (*A. mangium*) lebih besar dibandingkan dengan induk jantan (*A. auriculiformis*), yaitu berturut-turut sebesar 60,53%-65,78% dan 52,63%-63,16%. Hibrid vigor mempunyai kekerabatan lebih dekat dengan hibrid intermediet dibandingkan dengan hibrid inferior, yaitu berturut-turut sebesar 78,95% dan 68,42%. Kemungkinan untuk mendapatkan hibrid unggul dengan persilangan dapat ditingkatkan dengan memilih pohon induk betina yang lebih unggul.

© Jurnal Ilmu Kehutanan-All rights reserved

Pendahuluan

Hibrid *Acacia mangium* x *Acacia auriculiformis* adalah hasil persilangan (hibridisasi) antara *Acacia mangium* (sebagai pohon induk betina/*pollen receptor*) dan *Acacia auriculiformis* (sebagai pohon induk jantan/*pollen donor*) baik yang terjadi secara alami maupun buatan (Ibrahim 1993). Jenis ini dikembangkan di Indonesia sebagai hutan tanaman industri (HTI) untuk menyediakan bahan baku industri pulp dan kertas karena pertumbuhan dan sifat-sifat kayunya (*basic density*, *pulp yield*, *wood consumption*, kandungan selulosa) yang lebih baik dibandingkan kedua jenis induknya (Kha et al. 2012; Kato et al. 2014). Selain itu, hibrid ini dilaporkan juga lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit (Ibrahim & Awang 1991) serta mampu tumbuh dengan baik pada berbagai tapak dan lahan marginal (Khalid et al. 2010).

Penanda morfologi berupa perkembangan bentuk daun pada tahap semai banyak dilaporkan dan telah digunakan untuk mengidentifikasi hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* dengan tingkat akurasi

sebesar 97% (Sunarti et al. 2013). Penanda ini bermanfaat terutama untuk mengidentifikasi hibrid hasil penyerbukan terbuka, baik di alam maupun di kebun benih hibrid (*hybrid seed orchard*) sehingga dapat digunakan untuk membedakan dengan kedua jenis induknya. Namun demikian, penanda berupa anatomi mikroskopis pada hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* maupun kedua jenis induknya masih sangat terbatas. Anatomi mikroskopis seperti ukuran struktur jaringan penyusun akar, batang, dan daun antar jenis tanaman biasanya unik dan bervariasi antar jenis tumbuhan (Tjitrosoepomo 1996; Fahn 1995), sedangkan struktur anatomi pada tanaman kehutanan khususnya tanaman hibrid belum banyak dilaporkan. Struktur anatomi kayu berupa dimensi serat hibrid *Acacia* dan kedua induknya (*A. mangium* dan *A. auriculiformis*) umur 3 tahun dilaporkan oleh Arif et al. (2017). Berdasarkan dimensi seratnya, *A. mangium* lebih tepat sebagai bahan baku pulp dan kertas dibandingkan dengan *A. auriculiformis* demikian pula hibrid yang dihasilkan, hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* memiliki dimensi serat yang lebih baik dibandingkan dengan hibrid *A. auriculiformis* x *A.*

mangium. Perbandingan struktur anatomi akar, ranting/batang dan daun antara *A. mangium*, *A. auriculiformis* dan kedua hibridnya belum banyak dilaporkan terutama sebagai dasar analisis kekerabatan di antara jenis-jenis tersebut.

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan (BBPPBPTH) bekerja sama dengan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada melakukan penelitian pada *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya (*A. mangium* x *A. auriculiformis*) untuk mengetahui struktur anatomi akar, batang/ranting, dan daun. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat kesamaan (*similarity index*) anatomi akar, batang/ranting dan daun *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya (*A. mangium* x *A. auriculiformis*). Berdasarkan tingkat kesamaan tersebut kemudian dilakukan analisis hubungan kekerabatan antara *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya (*A. mangium* x *A. auriculiformis*). Hasil penelitian ini diharapkan akan menambah informasi tentang IPTEK dalam menentukan kekerabatan antara *A. mangium* dan *A. auriculiformis* berdasarkan ciri morfologinya. Informasi tersebut akan melengkapi informasi studi tentang kekerabatan antara jenis tumbuhan yang biasa dilakukan berdasarkan molekuler.

Bahan dan Metode

Bahan dan alat

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman induk *A. mangium*, *A. auriculiformis* umur 4 tahun di kebun persilangan dan hibrid akasia (*A. mangium* x *A. auriculiformis*) umur 6 bulan di persemaian BBPPBPTH. Persemaian merupakan persemaian permanen yang terletak di bagian belakang kantor BBPPBPTH seluas kurang lebih 500m², tinggi tempat 313 m dpl dengan suhu rata-rata bulanan 24-24,9°C dan curah hujan rata-rata tahunan sekitar 2.656 mm. Bedengan berjajar dengan lantai

bagian dalam bedeng merupakan lantai semen, setiap 3 bedeng dilengkapi dengan 1 kran air untuk penyiraman dan tiang-tiang besi sebagai rangka untuk memasang paranet.

Semai hibrid yang digunakan sebagai sampel adalah semai dengan pertumbuhan vigor (21F), intermediet/sedang (21D), dan inferior (2D) yang berasal dari hasil persilangan yang sama yaitu *A. mangium* nomor famili 86 sebagai pohon induk betina dan *A. auriculiformis* sebagai induk jantan nomor famili 107 dari polong/buah yang sama. Sampel yang digunakan adalah akar, batang/ranting, dan daun (filodia). Sampel batang merupakan sampel dari semai hibrid, sampel ranting tidak diambil karena pada semai tidak dijumpai ranting, sedangkan sampel ranting merupakan sampel dari induk *A. mangium* dan *A. auriculiformis* karena secara teknis sulit untuk mendapatkan sampel batang yang baik. Bahan kimia yang diperlukan untuk pembuatan preparat anatomi adalah larutan fiksatif alkohol 70%, pewarna safranin 1%, albumin, koralhidrat yang dilarutkan dalam aquades (5:2) dan bahan lain sebagai penunjang. Peralatan yang digunakan adalah silet (*Gillet Goal*), gelas benda, gelas penutup, mikroskop cahaya molekuler merk CE, kamera digital merk BenQ ser DC C750, dan optilab serta alat bantu lain yang diperlukan.

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel daun (filodia) dilakukan dengan mengambil daun yang tidak terlalu muda dan tidak terlalu tua, yaitu daun ke-5 dari ujung (Haryudin et al. 2002). Pengambilan akar dan batang/ranting dilakukan dengan menggunakan gunting stek yang tajam. Sampel akar, ranting/batang, dan daun diambil masing-masing sebanyak 3 buah pada masing-masing tanaman. Sampel yang diambil semuanya dipotong dengan ukuran panjang kurang lebih 1 cm kemudian dimasukkan dalam botol sampel yang telah diisi dengan alkohol 70%.

Pembuatan preparat anatomi

Preparat anatomi adalah preparat semi permanen dibuat menggunakan metode *free-hand*, yaitu metode dengan menggunakan tangan langsung tanpa alat bantu teknis mesin (Sass 1958). Langkah-langkah pembuatan preparat tersebut adalah sebagai berikut:

Tahap fiksasi

Fiksasi dilakukan dengan merendam sampel dalam alkohol 70% dengan tujuan untuk mempertahankan komponen-komponen sel dari keadaan *post-mortem*, menguatkan bahan, dan memudahkan pewarnaan.

Tahap pengirisan (daun, ranting/batang)

Pengirisan sampel dilakukan menggunakan silet tajam dan steril secara melintang dengan ketebalan setipis mungkin yaitu kurang lebih 20-30 mikrometer. Pengirisan ini dapat dilakukan secara langsung dengan membuat sayatan pada sampel daun, ranting/batang atau apabila kesulitan dapat menggunakan daging buah timun atau lainnya. Sampel daun, ranting/batang diselipkan di tangan daging buah mentimun, kemudian mentimun disayat tipis-tipis sehingga sampel ikut tersayat.

Tahap pewarnaan

Hasil irisan diwarnai dengan merendam irisan ke dalam larutan safranin 1% dalam aquades selama kurang lebih 5 detik. Perendaman tidak boleh dilakukan terlalu lama untuk menghindari pewarnaan yang terlalu tebal.

Tahap penutupan

Hasil irisan diletakkan di atas gelas benda tepat di tengahnya, kemudian ditetesi dengan albumin dan ditutup dengan gelas penutup. Di sekeliling gelas penutup diolesi dengan perekat cutex dan ditunggu sampai kering sehingga gelas penutup melekat sempurna pada gelas benda. Bagian ujung gelas benda kemudian diberi stiker label dan diberi keterangan spesies, organ dan penampang.

Pengamatan parameter

Pengukuran stomata

Pengamatan stomata dilakukan dengan mengukur dan menghitung stomata menggunakan metode *leaf clearing* dengan tahapan sebagai berikut (Herr 1993):

- Filodia dipotong dengan bentuk bujur sangkar dengan ukuran 5 mm x 5 mm kemudian dimasukkan dalam botol flakon yang telah diisi alkohol 70%.
- Potongan filodia direndam dalam alkohol 70% sampai berwarna putih.
- Potongan filodia yang telah berwarna putih kemudian dimasukkan dalam kloralhidrat sampai dengan kondisi filodia menjadi transparan.
- Potongan filodia tersebut kemudian diletakkan di atas gelas benda dan ditutup dengan gelas penutup dan stomata diamati menggunakan obyek mikroskop mikrometer.

Pengamatan parameter anatomi

Parameter anatomi yang diamati adalah sebagai berikut:

- Akar meliputi feloderm, tebal xylem (μm), tebal metaxylem (μm), dan panjang jari-jari empulur (μm).
- Batang meliputi keberadaan kutikula, tebal kutikula (μm), jumlah tonjolan, tebal tonjolan (μm), tebal sel epidermis (μm), bentuk sel epidermis, tebal sklerenkim (μm), tebal sklerenkim (μm) pada tonjolan, tebal floem (μm), penebalan sklerenkim, panjang jari-jari empulur (μm), jaringan dilatasi, diameter metaxylem (μm), kerapatan metaxylem, tebal korteks (μm), dan tebal empulur (μm).
- Daun (filodia) meliputi keberadaan lapisan kutikula, tebal lapisan epidermis (μm), tebal berkas pengangkut (μm) pada lamina, tebal sklerenkim (μm) pada lamina, rasio palisade dengan tebal daun, tebal parenkim dengan tebal daun, tebal lamina (μm), luas palisade bagian atas, luas palisade

bagian bawah mm², kerapatan berkas pengangkut, diameter aksis filodia (µm), bentuk epidermis pada ibu tulang daun, tebal sklerenkim (µm) pada aksis, kerapatan epidermis, tipe stomata, tebal stomata (µm), panjang stomata (µm), kerapatan stomata, dan jumlah sel tetangga.

Parameter diukur menggunakan mikroskop cahaya, obyek yang diamati kemudian diukur menggunakan mikrometer dan *image raster* kemudian difoto menggunakan kamera digital.

Analisis data

Untuk mengetahui variasi struktur anatomi pada *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya dilakukan analisis varians kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan apabila hasil analisis varians menunjukkan perbedaan nyata. Nilai estimasi heritabilitas juga dihitung untuk mengetahui pola pewarisannya.

Untuk mengetahui hubungan kekerabatan *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya, data hasil pengamatan anatomi dibuat skoring dan hasilnya dibuat standarisasi data dalam bentuk Tabel OTU (*Operasional Taxonomi Unit*). Dari Tabel OTU kemudian dicari indeks similaritas menggunakan metode Jaccard dengan rumus sebagai berikut (Barboure et al. 1987):

$$\text{Indeks Jaccard (X,Y)} = |X \cap Y| / |X \cup Y| * 100\%$$

Keterangan: X dan Y adalah jenis yang akan dianalisis persamaan sifat di antara keduanya, $|X \cap Y|$ merupakan parameter yang sama dimiliki oleh kedua jenis dan $|X \cup Y|$ adalah gabungan parameter yang dibandingkan. Dari indeks similiaritas tersebut, kemudian dibuat dendogram untuk melihat hubungan kekerabatan antara *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya (Romesburg 1984; Tjitrosoepomo 1998). Penyusunan Tabel OTU dan analisis kekerabatan dilakukan menggunakan perangkat lunak NTSYS pc 2.1.

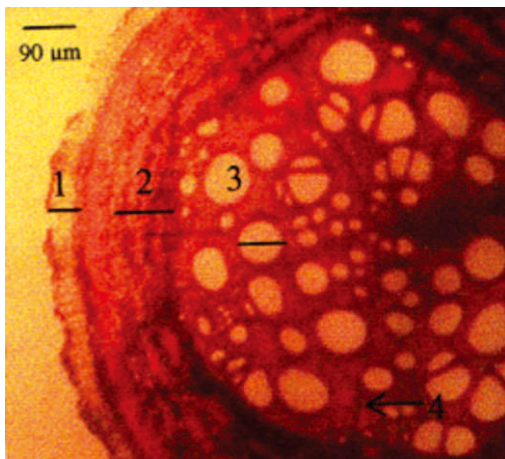
Hasil dan Pembahasan

Hasil

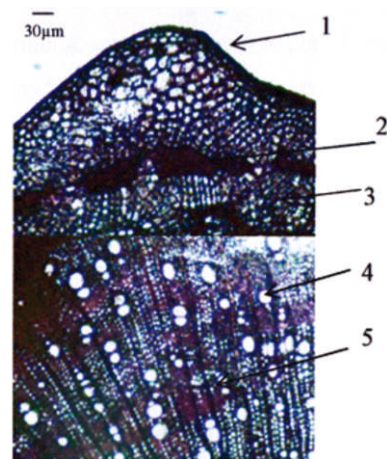
Struktur anatomi akar, batang/ranting, dan daun

Hasil pengamatan dan beberapa contoh gambar struktur anatomi akar, batang/ranting dan daun (filodia) *A. mangium*, *A. auriculiformis* dan hibridnya disajikan dalam Tabel 1 dan Gambar 1-4. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa ukuran jaringan penyusun akar, batang, dan daun (filodia) bervariasi. Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nyata pada ukuran jaringan penyusun akar, batang/ranting dan daun *A. mangium*, *A. auriculiformis* dan hibridnya, dilakukan analisis varians dengan hasil disajikan dalam Tabel 2, 3, 4, dan 5. Dalam tabel tersebut juga disampaikan hasil perhitungan nilai heritabilitas pada karakter anatomi yang diamati.

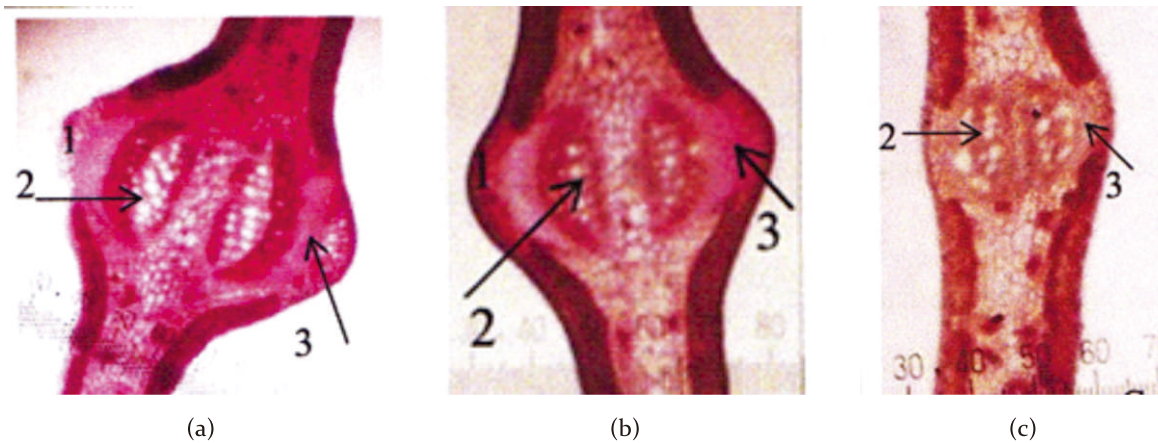
Dari hasil analisis varians diketahui bahwa sebagian besar ukuran jaringan penyusun akar, batang dan daun hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* dan kedua induknya berbeda nyata. Ukuran jaringan yang sama hanya dijumpai pada jaringan feloderm (daun), korteks (batang), dan tebal lamina serta perbandingan tebal palisade dengan tebal daun (daun/filodia). Tipe stomata adalah *paracytic* mengacu pada Carpenter (2005) yaitu tipe stomata dengan ciri-ciri sel penutup didampingi oleh sel tetangga sebanyak satu atau lebih dengan kedudukan sumbu sejajar sel penutup dan lubang stomata (Gambar 4).



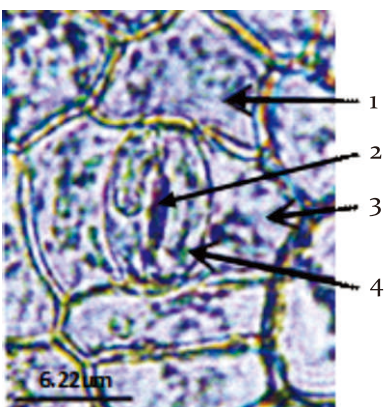
Gambar 1. Penampang melintang akar *A. auriculiformis*: periderm (1), floem (2), metaxylem (3), jari-jari empulur (4).
Figure 1. Root cross-section of *A. auriculiformis*, periderm (1), phloem (2), metaxylem (3), pith rays (4).



Gambar 2. Penampang melintang batang hibrid akasia: tonjolan (1), sklerenkim (2), floem (3), metaxylem (4), dan jari-jari empulur (5).
Figure 2. Stem cross-section of Acacia hybrid: bumps (1), sclerenchyma (2), phloem (3), metaxylem (4) and pith (5).



Gambar 3. Penampang melintang filodia: *A. mangium*(a), hibrid akasia (b), *A. auriculiformis* (c), tonjolan aksis(1), berkas pengangkut (2), jaringan kolenkim(3).
Figure 3. Phyllode cross-section of *A. mangium* (a), hybrid Acacia (b), *A. auriculiformis* (c), bumps (1), vascular bundles (2), collenchyma tissues (3).



Gambar 4. Sel-sel penyusun stomata pada sayatan epidermis daun *A. mangium*: sel epidermis (1), lubang stomata (2), sel-sel tetangga (3), sel penjaga (4).
Figure 4. Stomatal apparatus of *A. mangium* leaf: epidermis cells (1), pore (2), subsidiary cells (3), guard cells (4).

Tabel 1. Hasil pengamatan anatomi akar, batang/ranting dan daun (filodia) pada *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya.**Table 1.** Results of anatomical observation on root, stem, and leaf (phyllodia) of *A. mangium*, *A. auriculiformis*, and its hybrid.

Parameter	<i>A. mangium</i>	<i>A. auriculiformis</i>	Hibrid superior	Hibrid intermediet	Hibrid inferior
Akar					
Tebal feloderm (μm)	57,38a	58,5a	45,5a	43,35a	65,00a
Tebal floem (μm)	575,03a	1.335,25b	45,5d	68,85cd	117,00bc
Diameter metaxylem (μm)	86,7a	65,00ab	38,25bc	28,05c	32,5bc
Panjang jari-jari empulur (μm)	2.067a	403b	217,75b	195,08b	124,95b
Kerapatan metaxylem (per mm^2)	44b	54ab	39b	40b	72a
Batang/Ranting					
Tebal kutikula (μm)	8,13a	-	3,25bc	3,90b	1,95c
Tebal sklerenkim (μm)	42,25ab	47,18a	28,05ab	32,50ab	26,78b
Tebal epidermis (μm)	9,43a	9,43a	5,85bc	5,20c	7,80ab
Tebal korteks (μm)	120,50a	273,00a	104,00a	107,25a	81,25a
Tebal floem (μm)	156,83cb	196,35b	347,75a	182,00cb	126,23c
Panjang jari-jari empulur (μm)	305,50c	890,50a	536,25b	666,25b	546,00b
Diameter metaxylem (μm)	54,83a	48,50a	30,6b	29,33b	52,28a
Tebal empulur (μm)	1.085,5a	533d	793b	669,5c	705,25c
Kerapatan metaxylem (per mm^2)	41b	55ab	64a	63a	40b
Daun (filodia)					
Tebal kutikula (μm)	3,9a	5,63b	6,15b	4,44b	1,95b
Tebal epidermis (μm)	3,43bc	5,65a	34,78a	102,00b	39,53c
Tebal berkas pengangkut (μm)	38,25b	51,35b	34,78b	119,85a	45,9b
Tebal lamina (μm)	291,98a	314,93a	291,97a	286,88a	256,28a
Diameter aksis (μm)	721,65ab	539,90c	698,75ab	646,75b	770,53a
Tebal jaringan pengangkut pd aksis	212b	102,73c	223b	193,25b	225,5a
Tipe tonjolan aksis	menonjol	tidak menonjol	menonjol	menonjol	Menonjol
Luas sel palisade lapisan 1 (m^2)	42,61a	71,24a	42,53a	41,78a	72,91a
Luas sel palisade lapisan 2 (m^2)	44,22a	56,43b	43,82ab	41,78ab	72,91ab
Tebal stomata (μm)	6,22b	8,05a	6,74b	6,60b	6,32b
Panjang stomata (μm)	9,21b	10,69a	8,41bc	7,49c	9,75ab
Kerapatan stomata (per mm^2)	12c	28a	25ab	23b	14c
Jumlah sel tetangga	2b	4a	2b	3b	3b

Tabel 2. Ringkasan hasil analisis varians ukuran jaringan penyusun akar *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya dan nilai heritabilitasnya.**Table 2.** The result summary on analysis of variance of anatomical structure of the root among *A. mangium*, *A. auriculiformis*, and its hybrid and their heritability.

Sumber varians	Rerata kuadrat				
	Feloderm	Floem	Tebal metaxylem	Kerapatan metaxylem	Jari-jari empulur
Jenis	396,09 ^{ns}	192.329,86 ^{**}	2.497,96 ^{**}	760,36 ^{**}	2.726.637,73 ^{**}
Replikasi	191,45	1.091,83	984,54	100,33	47.816,13
Galat	445,24	1.573,96	459,32	163,04	77.825,57
Heritabilitas	0,1	0,1	0,9	0,8	0,9

Keterangan : ns = tidak berbeda nyata ** = berbeda nyata pada taraf uji 1%
 Remark : ns = not significant ** = highly significant at 1% level

Tabel 3. Ringkasan hasil analisis varians ukuran jaringan penyusun batang/ranting *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya dan nilai heritabilitasnya.**Table 3.** The result summary on analysis of variance of anatomical structure of the stem among *A. mangium*, *A. auriculiformis*, and its hybrid and their heritability.

Sumber varians	Rerata kuadrat							
	Kutikula	Epidermis	Sklerenkim	Floem	Jari-jari empulur	Metaxylem	Korteks	Empulur
Jenis	28,55 ^{**}	15,5 ^{**}	322,38 ^{**}	29.472,6 ^{**}	176.068,43 ^{**}	596,28 ^{**}	795,11 ^{ns}	169.718,25 ^{**}
Replikasi	0,11	4,06	116,50	1.192,76	24.840,18	22,11	467,42	842,18
Galat	1,23	2,15	139,66	1.454,11	10.228,73	57,87	739,8	1.349,18
Heritabilitas	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Keterangan : ns = tidak berbeda nyata ** = berbeda nyata pada taraf uji 1%
 Remark : ns = not significant ** = highly significant at 1% level

Tabel 4. Ringkasan hasil analisis varians ukuran jaringan penyusun daun *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya dan nilai heritabilitasnya.**Table 4.** The result summary on analysis of variance of anatomical structure of the leaves among *A. mangium*, *A. auriculiformis*, and its hybrid and their heritability.

Sumber varians	Rerata kuadrat										
	Kutikula	Epidermis	Sklerenkim	Ratio pl/t	Ratio pr/t	Lamina	Palisade atas	Palisade bawah	Aksis	Sklerenkim aksis	Epidermi s aksis
Jenis	3,41 ^{**}	5,85 ^{**}	5.931,84 ^{**}	0,93 ^{ns}	5,65 ^{**}	85,70 ^{ns}	986,23 ^{**}	675,23 ^{**}	30.970,43 ^{**}	104,51 ^{**}	1,18 ^{**}
Replikasi	0,29	0,54	189,49	1,92	1,65	16,85	182,99	148,56	3.290,78	2,14	1,38
Galat	0,61	0,10	419,12	1,89	3,14	68,43	154,52	80,50	3.534,74	23,86	0,68
Heritabilitas	0,8	0,9	0,9	0,3	0,5	0,20	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4

Keterangan : ns = tidak berbeda nyata ** = berbeda nyata pada taraf uji 1%. Rasio pl/t:perbandingan palisade dengan tebal daun, Rasio pr/t: perbandingan parenkim dengan tebal daun
 Remark : ns = not significant ** = highly significant at 1% level. pl/t ratio : ratio of palisade and leaf thickness; pr/t ratio : ratio of parenchyma and leaf thickness

Tabel 5. Ringkasan hasil analisis varians ukuran jaringan penyusun stomata pada daun *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya dan nilai heritabilitasnya.

Table 5. The result summary on analysis of variance of anatomical structure of the stomata among *A. mangium*, *A. auriculiformis*, and its hybrid and their heritability.

Sumber varians	Rerata kuadrat				
	Tebal stomata	Panjang stomata	Kerapatan stomata	Jumlah sel tetangga	Tebal berkas pengangkut
Jenis	1,94**	6,04**	203,07**	0,18**	116,82**
Replikasi	0,32	0,20	13,07	2,70	2,32
Galat	0,16	3,57	8,61	0,27	6,36
Heritabilitas	0,92	0,88	0,96	0,90	0,95

Keterangan : **= berbeda nyata pada taraf uji 1%

Remark : **= highly significant at 1% level

Indeks persamaan/similaritas

Berdasarkan data pengamatan anatomi, dilakukan skoring dan standarisasi menjadi Tabel OTU. Nilai yang terdapat dalam Tabel OTU tersebut kemudian digunakan untuk menghitung indeks similaritas atau tingkat kesamaan. Hasil pengamatan indeks similaritas atau tingkat kesamaan antara *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* disajikan dalam Tabel 6. Hasil indeks similaritas menunjukkan antara *A. mangium* dan *A. auriculiformis* memiliki tingkat kesamaan struktur anatomi akar, batang, dan daun sebesar 55,26%. Tingkat kesamaan hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* dengan pohon induk betina (*A. mangium*) dan jantan (*A. auriculiformis*) berturut-turut sebesar 60,53%-65,78% dan 52,63%-63,16%. Hasil analisis indeks similaritas (Tabel 6) kemudian dibuat klustering dan divisualisasikan dalam bentuk dendogram/fenogram (Gambar 5).

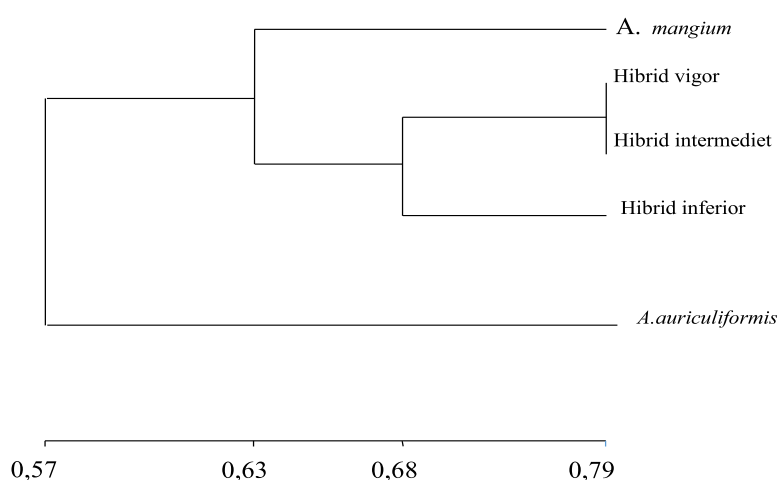
Gambar 5 menunjukkan bahwa antara *A. mangium* dan *A. auriculiformis* mempunyai indeks persamaan sebesar kurang lebih 57%, kesamaan antara dua jenis tersebut terletak pada tebal feloderm (daun), tebal jaringan kortek (batang), dan tebal lamina serta perbandingan tebal palisade dengan tebal daun. Kedua jenis tersebut terpisahkan menjadi 2 kluster berdasarkan karakter struktur anatomi jaringan penyusun akar (floem, kerapatan metaxylem), batang

(lapisan kutikula, sklerenkim, jaringan xylem, jari-jari empuler, korteks), dan daun (kutikula, epidermis, berkas pengangkut, tebal stomata, jumlah sel tetangga). Kluster *A. mangium* dibagi menjadi kluster hibrid (hibrid vigor, intermediet dan inferior). Hubungan *A. mangium* dengan hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* mempunyai tingkat kesamaan sebesar kurang lebih 63%. Persamaan tersebut terletak pada ukuran jaringan penyusun akar (floem, metaxylem, jari-jari empuler), batang (kutikula, sklerenkim, floem, metaxylem, jari-jari empuler), daun (epidermis, kerapatan berkas pengangkut, epidermis, jumlah sel tetangga). Hibrid vigor dan hibrid intermediet mempunyai tingkat kesamaan sebesar 79%, keduanya terpisah menjadi dua kluster berdasarkan jaringan penyusun akar (tebal jaringan floem), batang (tebal sel epidermis, ukuran jaringan berkas pengangkut, tebal jari-jari empuler), daun (kerapatan sel epidermis, jumlah sel tetangga). Tingkat kesamaan antara kedua hibrid tersebut dengan hibrid inferior sebesar 68,5%. Hibrid inferior menjadi kluster tersendiri terpisah dari hibrid vigor dan intermediet berdasarkan struktur anatomi akar (metaxylem), batang (tebal jaringan empuler, kerapatan metaxylem, ukuran floem), daun (epidermis, berkas pengangkut, luas jaringan lapisade, kerapatan sel epidermis, dan jumlah sel tetangga).

Tabel 6. Indeks similaritas (%) antara *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya berdasarkan struktur anatomi akar, batang, dan daun.

Table 6. Similarity index (%) of *A. mangium*, *A. auriculiformis*, and its hybrid based on anatomical structure of root, stem and leaf.

	<i>A.mangium</i>	<i>A.auriculiformis</i>	Hibrid vigor	Hibrid intermediet	Hibrid inferior
<i>A.mangium</i>	100				
<i>A.auriculiformis</i>	55,26	100			
Hibrid vigor	65,78	63,16	100		
Hibrid intermediet	60,53	57,89	78,95	100	
Hibrid inferior	60,53	52,63	68,42	68,42	100



Gambar 5. Dendrogram/fenogram hubungan tingkat kesamaan antara *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya berdasarkan indeks persamaan struktur anatomi mikroskopis akar, batang dan daun.

Figure 5. Dendrogram/phenogram of *A. mangium*, *A. auriculiformis*, and its hybrid based on similarity index of anatomical structure of root, stem and leaf.

Pembahasan

Struktur anatomi akar

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa struktur anatomi jaringan penyusun akar *A. mangium*, *A. auriculiformis*, dan hibridnya baik vigor, intermediet maupun inferior dan kedua jenis induknya bervariasi (Tabel 1). Perbedaan jaringan penyusun akar antara *A. mangium* dan *A. auriculiformis* terletak pada tebal floem dan panjang jari-jari empulur (jaringan tapis). Ukuran floem pada *A. auriculiformis* lebih tebal dibandingkan *A. mangium*, namun sebaliknya pada

jaringan jari-jari empulur. Jari-jari empulur merupakan jaringan yang terdiri atas sel-sel yang berongga atau berisi cadangan makanan (Fahn 1995). Diduga perbedaan tebal jari-jari empulur ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan perbedaan kecepatan pertumbuhan di antara kedua jenis tersebut. Jari-jari empulur pada *A. mangium* lebih tebal, sehingga kemampuan mengalirkan air dan nutrisi ke seluruh bagian tanaman lebih besar dan menyebabkan pertumbuhannya menjadi lebih baik (Graham et al. 2003).

Ukuran jaringan penyusun akar pada hibrid vigor, intermediet, dan inferior juga bervariasi walaupun semuanya merupakan hasil dari persilangan induk-induk yang sama. Perbedaan nyata terletak pada jaringan floem dan kerapatan metaxylem. Floem pada hibrid inferior mempunyai ukuran paling tebal seperti halnya *A. auriculiformis*. Diduga sifat ini kuat diturunkan dari induk jantan (*A. auriculiformis*), hal ini diperkuat dengan besarnya nilai heritabilitas pada parameter tebal floem yaitu sebesar 0,9. Sehingga, sifatnya yang inferior tersebut kemungkinan disebabkan karena kesamaan ukuran floem ini. Ukuran metaxylem pada hibrid inferior juga mempunyai kerapatan tinggi dibandingkan dengan hibrid lainnya. Sifat ini pun sama dengan *A. auriculiformis* yang mempunyai kerapatan metaxylem lebih tinggi dibandingkan dengan *A. mangium* walaupun secara statistik tidak berbeda nyata. Sifat kerapatan metaxylem ini diduga juga diturunkan secara kuat dari induk jantan, dugaan ini diperkuat dengan besarnya nilai heritabilitas pada parameter ini yaitu sebesar 0,8 (Tabel 2). Ukuran jaringan penyusun akar pada hibrid vigor dan intermediet secara statistik tidak berbeda nyata walaupun bervariasi. Perbedaan menonjol terletak pada ukuran jari-jari empulur, pada hibrid vigor panjang jaringan ini paling panjang diikuti hibrid intermediet dan hibrid inferior. Diduga sifat ini kuat diturunkan dari induk betina (*A. mangium*) ditinjau dari besarnya nilai heritabilitasnya yaitu sebesar 0,9 dan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan pertumbuhannya lebih baik dibanding dua hibrid lainnya.

Struktur anatomi batang/ranting

Dari hasil pengamatan diketahui bahwa jaringan penyusun batang/ranting pada hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* baik vigor, intermediet maupun inferior dan kedua jenis induknya bervariasi (Tabel 1). Perbedaan yang paling menonjol pada jaringan penyusun batang/ranting pada *A. mangium* dan *A. auriculiformis* adalah keberadaan jaringan kutikula. Pada jenis *A. auriculiformis* tidak dijumpai adanya jaringan

kutikula. Perbedaan nyata lainnya terletak pada ukuran panjang dan tebal jari-jari empulur. Pada *A. mangium* jaringan empulurnya mempunyai ukuran lebih pendek dan lebih tebal dibandingkan pada *A. auriculiformis*. Seperti halnya pada jaringan penyusun akar, jaringan empulur ini diduga merupakan penyebab terjadinya perbedaan pertumbuhan antara *A. mangium* dan *A. auriculiformis*. Kemampuan jaringan empulur memindahkan zat-zat penting ke seluruh bagian tanaman memungkinkan jenis ini tumbuh menjadi pohon berukuran besar (Raven et al. 2005).

Jaringan kutikula pada *A. mangium* diturunkan pada seluruh hibridnya dengan ketebalan bervariasi dan seluruhnya lebih kecil dibandingkan induknya. Kutikula pada hibrid vigor dan intermediet mempunyai ukuran yang sama sedangkan pada hibrid inferior lebih tipis atau setengahnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jaringan kutikula kuat diturunkan dari induk betina kepada keturunannya dengan nilai heritabilitas tergolong tinggi yaitu 0,9 (Tabel 3). Jaringan empulur pada batang/akar hibrid vigor juga lebih tebal dibandingkan hibrid lainnya, kemungkinan hal ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan pertumbuhannya lebih baik. Sifat ini lebih diturunkan dari induk betina (*A. mangium*) dengan nilai heritabilitas 0,9. Jaringan lainnya bervariasi dan tidak mempunyai pola yang pasti antara hibrid vigor, intermediet dan inferior, namun demikian memiliki pola lebih cenderung kepada sifat *A. mangium* sebagai induk betina. Hal tersebut sesuai dengan uraian Suryo (2005) yang menyatakan bahwa induk betina lebih mempengaruhi keturunannya dibandingkan dengan induk jantan.

Struktur anatomi daun

Dari hasil pengamatan diketahui bahwa jaringan penyusun daun pada hibrid akasia baik vigor, intermediet dan inferior serta kedua jenis induknya bervariasi (Tabel 1). Perbedaan yang paling tampak adalah adanya tulang daun (aksis) yang menonjol pada *A. mangium* dan tidak menonjol pada *A. auriculiformis*. Sifat aksis

yang menonjol pada *A. mangium* ini diturunkan pada seluruh hibridnya baik vigor, intermediet maupun inferior dengan nilai heritabilitas 0,8 (Tabel 3). Jaringan penyusun daun lainnya juga berbeda nyata kecuali pada tebal lamina dan tebal berkas pengangkut serta luas sel palisade bagian atas.

Di antara hibrid akasia, variasi ukuran jaringan penyusun filodia terletak pada jaringan epidermis, berkas pengangkut dan stomata, sedangkan jaringan lainnya tidak berbeda nyata (Tabel 1). Tidak dijumpai adanya tren ukuran epidermis dan berkas pengangkut pada hibrid. Ukuran paling tebal dijumpai pada hibrid intermediet. Demikian juga pada ukuran sel stomata, paling panjang dijumpai pada hibrid inferior sedangkan kerapatan stomata tertinggi terdapat pada hibrid vigor. Diduga sifat yang terdapat pada induk jantan (*A. auriculiformis*) diturunkan dengan pola yang tidak menentu pada hibridnya, walaupun nilai heritabilitasnya tergolong tinggi (Tabel 5).

Kepadatan stomata *A. mangium* dan *A. auriculiformis* dalam penelitian ini sebanding dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Combalicer et al. (2012) di Philipina, yaitu kepadatan pada *A. auriculiformis* lebih besar per satuan luas dibandingkan dengan *A. mangium*. Perbedaan kepadatan stomata per satuan luas ini akan menimbulkan perbedaan proses fisiologi yang terjadi dalam tumbuhan tersebut terutama transpirasi dan pertukaran gas antar jaringan daun dan atmosfer (Fahn 1995). Stomata juga bertanggung jawab atas pertukaran udara dan uap air pada permukaan daun melalui mekanisme buka tutup pada sel-sel penjaga yang dipengaruhi oleh suhu dan cahaya (Rost et al. 2006).

Indeks persamaan (Similaritas)

Berdasarkan seluruh karakter anatomi yang diamati pada akar, ranting/batang dan daun yang telah diskoring dan distandarisasi serta dihitung indeks persamaannya, dihasilkan dendogram/fenogram yang disajikan dalam Gambar 6. Dari fenogram tersebut diketahui bahwa *A. mangium* dan *A. auriculiformis*

terpisah menjadi dua kelompok (*cluster*) dengan indeks persamaan sebesar 57%. Hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* tergolong dalam satu kelompok dan termasuk di dalam kelompok *A. mangium* karena memiliki tingkat kesamaan yang lebih besar dengan *A. mangium* dibandingkan dengan *A. auriculiformis* dengan indeks persamaan sebesar 68%. Tingkat persamaan itulah yang diduga menjadi dasar jenis *A. mangium* dan *A. auriculiformis* termasuk ke dalam famili yang sama yaitu *Fabaceae* atau polong-polongan dengan genus *Acacia* (Widyatmoko et al. 2010). Dengan tingkat persamaan lebih dari 50% tersebut diduga jarak genetik di antara *A. mangium* dan *A. auriculiformis* juga tidak terlalu jauh sehingga di antara kedua jenis *Acacia* tersebut dapat saling berkawin silang dan menghasilkan benih/keturunan yang baik (*viable*) karena salah satu syarat persilangan antar spesies dalam satu genus adalah mempunyai jarak genetiknya tidak terlalu jauh (Ibrahim 1993).

Dari dendogram juga diketahui bahwa tingkat kekerabatan hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* lebih dekat dengan jenis *A. mangium* mengacu kepada pendapat Loveless (1989) yang menyatakan bahwa semakin tinggi nilai indeks similaritas, maka hubungan kekerabatannya semakin dekat. Lebih lanjut disampaikan bahwa kekerabatan antara 2 jenis tumbuhan dikategorikan lebih dekat apabila tingkat persamaan pada sejumlah karakter lebih besar. Pendapat serupa disampaikan oleh Rideng (1989), bahwa semakin banyak persamaan karakter antara dua tumbuhan, maka semakin dekat hubungan kekerabatannya dan sebaliknya. Tingkat kedekatan hibrid dengan induk betinanya diduga juga terkait dengan adanya pola pewarisan sitogenik (*sitogenic heritage*) (Suryo 2005). Pola pewarisan sitogenik menyebutkan bahwa sifat-sifat induk betina lebih banyak diturunkan kepada keturunannya dibandingkan dengan sifat-sifat yang dimiliki oleh induk jantan karena gen pembawa sifat pada induk betina tidak hanya dalam inti sel namun juga dari organel yang ada dalam sitoplasma yaitu mitokondria.

Hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* yang diamati dalam penelitian ini terbagi dalam 3 kategori berdasarkan pertumbuhannya di persemaian, yaitu hibrid vigor (terbaik), intermediet (sedang), dan inferior (kurang baik). Hibrid yang diamati merupakan hibrid yang dihasilkan dari persilangan buatan dengan induk sama dan berasal dari satu polong (buah). Namun demikian, hasil pengamatan menunjukkan bahwa di antara ketiga hibrid tersebut terdapat variasi. Hibrid intermediet lebih dekat tingkat persamaannya dengan hibrid vigor dibandingkan dengan hibrid inferior, yaitu berturut-turut sebesar 78,95% dan 68,42%. Hal tersebut menunjukkan bahwa gen pembawa sifat pada masing-masing butir serbuk sari (*pollen grain*) pada pollen majemuk (*polyad*) bervariasi. Informasi ini sangat bermanfaat dalam strategi pemuliaan hibrid akasia, bahwa kemungkinan untuk mendapatkan hibrid unggul dapat ditingkatkan dengan menggunakan induk betina yang unggul karena pengaruh gen dari induk betina (*maternal effect*). Hal serupa banyak terjadi pada komoditas pertanian seperti pada tanaman buncis yang dilaporkan oleh Oktarisna et al. (2013), bahwa keturunan pertama hasil persilangan resiprok antara varietas lokal dan varietas introduksi menghasilkan buncis dengan warna polong dominan sama dengan induk betinanya. Hasil penelitian pada komoditas yang sama juga dilaporkan oleh Singh et al. (2017), bahwa gen pembawa sifat pada induk betina berpengaruh dominan terhadap ukuran biji dan pertumbuhan serta bentuk morfologi perakaran tanaman. Dalam strategi pemuliaan hibrid akasia berupa *co-improvement method* (Sunarti 2013) diduga juga terjadi pengaruh *maternal effect*, karena kemungkinan diperolehnya keturunan hibrid akasia unggul akan meningkat sejalan dengan tingkat keunggulan induk betinanya.

Kesimpulan

Jenis *A. mangium* dan *A. auriculiformis* merupakan kluster yang terpisah dengan tingkat kesamaan

sebesar 55,26%, sedangkan hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* termasuk ke dalam kluster *A. mangium* dengan tingkat kesamaan sebesar 60,53%-65,78%. Berdasarkan struktur anatomi akar, batang/akar dan daun, hibrid *A. mangium* x *A. auriculiformis* mewarisi sifat-sifat lebih banyak dari induk betinanya (*A. mangium*) dibandingkan induk jantannya (*A. auriculiformis*). Informasi tersebut sangat bermanfaat dalam pengembangan strategi pemuliaan hibrid akasia terutama untuk meningkatkan probabilitas diperolehnya hibrid akasia unggul.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada teknisi dan laboran Laboratorium Anatomi Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada atas bantuan dan kerjasamanya selama pembuatan sampel dan pengamatan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Tim Pemuliaan *Acacia* dan *Eucalyptus* Balai Besar Litbang Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan yang telah berperan aktif dalam kegiatan pengembangan hibrid *Acacia*.

Daftar Pustaka

- Arif N, Sunarti S, Praptoyo H. 2017. Wood anatomical structure of tropical Acacias and its implication to the tree breeding. *International Journal of Horticultura* 3(3):9-16.
- Carpenter KJ. 2005. Stomatal architecture and evolution in basal angiospermae. *American Journal of Botany* 92(10):1595-1615.
- Combalicer MS, Lee DK, Woo SY, Hyun JO, Park YD, Lee YK, Combalicer EA, Tolentino EL. 2012. Physiological characteristic of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth, *Acacia mangium* Willd. and *Pterocarpus indicus* Willd. In the La Mess watershed and Mt. Makiling, Philippines. *Journal of Environmental Science and Management, Special Issue No. 1*,14-28.
- Fahn A. 1995. Plant anatomy. Soediartha A, Koesoemaningrat T, Matasaputra M, Akmal H, penerjemah. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Graham LE, Graham JM, Wilcox LW. 2003. Plant biology. Hlm. 191. Pearson Education Linch, New Jersey.
- Herr JM Jr. 1993. Clearing technique for the study of vascular plant tissues in whole structures and thick section. Hlm. 63-84. Dalam Goldman CA, Hauta PL, O'Donnell, Adrew SE, Heiden R, editor. Tested studies for laboratory teaching. Columbia.
- Haryudin W, Syukur C, Nuryani Y. 2002. Tingkat kesamaan tanaman nilam hasil fusi protoplas berdasarkan morfologi dan anatomi daun. Jurnal Biologi Indonesia 3(4):332-339.
- Ibrahim Z, Awang K. 1991. Flowering and fruiting phenology of *Acacia mangium* and *Acacia auriculiformis* in Peninsular Malaysia. Dalam Carron LT, Aken KM, editor. Breeding technologies for tropical Acacias. Proceedings of an international workshop, Malaysia.
- Ibrahim Z. 1993. Reproductive biology. Dalam Awang K, Taylor D, editor. *Acacia mangium* growing and utilization. Winrock International and the Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok.
- Kato K, Yamaguchi S, Chigira O, Hanaoka S. 2014. Comparative study of reciprocal crossing for establishment of *Acacia* hybrid. Journal of Tropical Forest Science 24(2):469-483.
- Kha LD, Harwood CE, Kien ND. 2012. Growth and wood basic density of *Acacia* hybrid clones at three locations in Vietnam. New Forest 43:13-29.
- Khalid I, Wahap R, Sulaiman O, Mohamed A, Tabet T, Alamjuri RH. 2010. Enhancing colour appearances of 15 cultivated 15 year old *Acacia* hybrids through heat treatment process. International Journal of Biology 2(2):199-209.
- Loveless K. 1989. Principles of plant biology for tropical region. Kartawinata K, Danimiharja S, Soetisna U, penerjemah. Gramedia, Jakarta.
- Oktarisna FA, Soegianto A, Sugiharto AN. 2013. Pola pewarisan sifat warna polong pada hasil persilangan tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) varietas introduksi dengan varietas lokas. Jurnal Produksi Tanaman 1(2):81-89.
- Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE. 2005. Biology of plant. WH Freeman & Company Publisier, US.
- Rideng MI. 1986. Taksonomi tumbuhan biji. Departemen Pendidikan dan Budaya, Direktorat Jenderal Dikti Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, Jakarta.
- Romesburg HC. 1984. Cluster analysis for researchers. Lifetime Learning Publication Belmont, California.
- Rost TL, Barbour MG, Stocking CR, Murphy TM. 2006. Plant biology. Hlm. 52. Thomson Brooks/Cole, US.
- Sass JE. 1958. Botanical Microtechnique. Hlm. 91-98. The Iowa State University Press, Iowa.
- Singh J, Michelangeli JAC, Gezan SA, Lee H, Vallejos E. 2017. Maternal effects on seed and seedling phenotypes in reciprocal F1 hybrids of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Frontier Plant Science 8:42.
- Sunarti S, Na'iem M, Hardiyanto EB, Indrioko S. 2013. Breeding strategy of *Acacia* hybrid (*A. mangium* x *A. auriculiformis*) to increase forest production in Indonesia. Journal of Tropical Forest Management 9(2):128-137.
- Sunarti S. 2013. Strategi pemuliaan hibrid *Acacia* (*A. mangium* x *A. auriculiformis*). Disertasi (tidak dipublikasikan). Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada.
- Suryo. 2005. Sitogenetika. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tjitrosoepomo G. 1996. Morfologi tumbuhan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tjitrosoepomo G. 1998. Taksonomi umum: Dasar-dasar taksonomi tumbuhan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Widyatmoko AYPBC, Watanabe A, Shiraishi S. 2010. Study on genetic variation and relationships among *Acacia* species using RAPD and SSCP. Journal of Forestry Research 7(2):125-143.