

## SEMBILAN POPULASI *Leucaena leucochepala* (Lam.) de Wit. ASAL INDONESIA UNTUK PEMULIAAN KAYU ENERGI VERSUS VAR. TARRAMBA

(Nine Indonesian Populations of *Leucaena leucochepala* (Lam.) de Wit. for Wood-Energy Breeding  
versus var. Tarramba)

**Rina Laksmi Hendrati dan/and Nur Hidayati**

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan  
Jl. Palagan T. Pelajar km 15, Purwobinangun, Pakem, Sleman 55582, Yogyakarta, Indonesia  
Telp: +62-0270-896080, 895954; Fax. +62-0270-896080  
e-mail: rina.l.hendrati@biotifor.or.id

Naskah masuk: 8 Mei 2018; Naskah direvisi: 25 Mei 2018; Naskah diterima: 8 Juni 2018

### ABSTRACT

Renewable energy from fast-growing woody species needs to be initiated rapidly in Indonesia, facilitated with conducive climate for continuous growth. Selecting suitable species and exploring its populations to capture as wide variation as possible for successful screening, is required. *Leucaena leucochepala*, which is the wood has long been used for wood-energy, has been grown widely in Indonesia. Growing for more than 50 generations since its introduction, it should have been very well adapted. This study is to evaluate early performances of its seedlings as genetic materials ready for its breeding. Seeds of ten populations from different regions and habitats have been collected as materials for energy-wood breeding, included var. Tarramba, the best world performer grown in Indonesia. Further, 80 families were selected as genetic materials for progeny test. *L. leucochepala* produce flowers in 4–6 months, therefore evaluation of early growth at 3 months should be appropriate. Results show high variations among populations and families as well as among habitat promising for breeding success. Some Indonesian populations and families grow promisingly due to performing similarly against var. Tarramba, even some families are better. By using 5 best families of 3 different habitats and compared to var. Tarramba, it shows that plants from Bali, collected from saline area, are as good as var. Tarramba's, the world best performers.

**Keywords :** *breeding, energy-wood, genetic materials, Leucaena leucochepala, variation*

### ABSTRAK

Energi terbarukan dari tanaman berkayu cepat tumbuh sangat penting segera direalisasikan di Indonesia, karena iklimnya kondusif bagi kontinuitas pertumbuhan tanaman. Memilih spesies yang sesuai serta mengkoleksi populasi-populasinya untuk mendapatkan variasi selebar mungkin untuk keberhasilan seleksi perlu dilaksanakan. *Leucaena leucochepala* yang tumbuh luas di Indonesia telah digunakan masyarakat untuk kayu energi. Pertumbuhannya diperkirakan telah lebih dari 50 generasi sejak diperkenalkan ke Indonesia, karenanya telah beradaptasi sangat baik pada lingkungannya. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pertumbuhan awal semai siap tanam *Leucaena leucochepala* sebagai materi pemuliaan. Biji-biji 10 populasi dari berbagai daerah dan habitat dikumpulkan untuk materi pemuliaan kayu energi, termasuk var. Tarramba, tampilan terbaik hasil pemuliaan dunia yang ditanam di Indonesia. Sejumlah 80 famili dipilih untuk materi genetik bahan uji keturunan. *L. leucochepala* memproduksi bunga pada umur 4-6 bulan, oleh karenanya evaluasi awal umur 3 bulan dianggap memadai. Potensi variasinya perlu dilihat pada lokasi seragam. Hasil penelitian menunjukkan variasi yang sangat tinggi diantara populasi dan famili, sehingga menjanjikan untuk keberhasilan pemuliaannya. Beberapa populasi dan famili Indonesia sangat prospektif karena tampil seimbang dengan var. Tarramba, dan beberapa famili bahkan lebih baik. Dengan menggunakan 5 famili terbaik dari 3 habitat yang berbeda, hasilnya menunjukkan bahwa tanaman yang berasal dari Bali yang terpapar garam, mampu tampil sebagai var. Tarramba, serta sebagian famili dari Bali tidak berbeda pertumbuhannya dengan hasil seleksi terbaik dunia.

**Kata kunci :** *kayu energi, Leucaena leucochepala, materi genetik, pemuliaan, variasi*

## I. PENDAHULUAN

Dalam rangka mencari alternatif sumber energi terbarukan, pencarian tanaman cepat tumbuh berkayu sangat perlu untuk segera diperoleh. Tanaman yang dimaksud selain diharapkan memberikan volume yang tinggi, kualitas kayu yang bagus untuk tujuan energi, juga perlu dipilih jenis yang mampu untuk membentuk terubusan yang tinggi setelah siap pangkas. Ketiga karakter tersebut dipengaruhi oleh genetik (Mosseler, Major, & Ostaff, 2017; Rae, Street, Robinson, Harris, & Taylor, 2009; Kennedy, Yanchuk, & Jefferson, 2013), sehingga manakala kita mampu memperoleh individu unggul dengan 3 karakter tersebut maka potensinya akan dapat diwariskan ke keturunannya. Dengan demikian populasi produksi dengan volume dan kualitas yang meningkat akan bisa dibangun dengan menggunakan bibit unggul hasil pemuliaannya.

*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit atau lamtoro gung merupakan tanaman legum pengikat nitrogen yang sangat cepat tumbuh dan mempunyai berbagai manfaat yaitu pupuk hijau untuk memperbaiki kesuburan tanah, pakan ternak dan buahnya dapat dikonsumsi serta bunganya untuk pakan lebah dan lain-lain (Abou-Elezz, Sarmiento-Franco, Santos-Ricalde & Solorio-Sanchez, 2011; González-García, Cáceres, Archimède, & Santana, 2009; Jalil, 2014). Tanaman ini telah banyak

digunakan oleh masyarakat dunia termasuk di Indonesia untuk tujuan kayu bakar karena kualitas kayunya yang tinggi dengan nilai kalor bisa mencapai  $4.700 \text{ cal.g}^{-1}$ , kerapatan kayu  $0,67 \text{ g.cm}^{-3}$ , dan ditanam dengan rapat mempunyai kandungan lignin yang tinggi mendekati 33 persen (Mainoo, & Ulzen-Appiah, 1996; Chotchutima, Kangvansaichol, Tudsri, & Sripichitt, 2013). Lamtoro gung juga sangat potensial untuk diproses menjadi arang, briket dan briket arang maupun pelet kayu (Acda & Devera, 2014). Kemampuannya yang tinggi untuk membentuk terubusan sangat menguntungkan, karena panen kayu bakar dapat diperoleh dari pemangkasan cabangnya secara berulang.

Jenis ini dimasukkan ke Indonesia sekitar tahun 1800an yang berasal dari Mexico dan Amerika tengah (CABI, 2017). Oleh karenanya, spesies ini diperkirakan telah mampu tumbuh dan beradaptasi menjadi ras lahan hingga mencapai lebih dari 50 generasi, karena pembungaannya termasuk cepat pada umur kurang dari 1 tahun, serta pembuahannya pada umur satu tahun lebih (Pers. Comm. Debora Nulik, 2016). Jenis lamtoro gung ini menarik untuk dikembangkan karena pertumbuhannya lebih cepat dan pohonnya besar serta lebih tahan dibandingkan lamtoro kecil yang pernah diserang kutu loncat (*psyllid*) atau *Heteropsylla cubana* secara menyeluruh di Indonesia sekitar tahun 1980-an

(Pers.comm. M Na'iem, 2016). Lamtoro gung mampu hidup pada kisaran hidup yang lebar dari daerah kering dengan curah hujan sangat rendah sampai tinggi (500–3.500 mm.th<sup>-1</sup>) serta tahan 6–8 bulan musim kering, tumbuh kurang optimal pada tanah asam namun bisa bertahan sampai basa (pH 7–8) serta pada elevasi hingga 1.500 m.dpl (Pagad, 2010; Foroughbakhch, Parra, Luis, Piñero, Alvarado Vázquez, Estrada, & Cardenas 2012; CABI, 2017), toleran terhadap metal (Shafiq, Iqbal, & Mohammad, 2008) dan akarnya kuat untuk menahan erosi (Normaniza, Faisal, & Barakbah, 2008). Selain itu sebagai tanaman pendamping terbukti mampu meminimalkan kerusakan karena api (Santiago-García, Coló, Sollins, & Bloem, 2008). Saat ini, jenis tersebut telah tumbuh dan tersebar di berbagai tempat di Indonesia, baik di Jawa maupun di luar Jawa, baik pada lokasi kering maupun basah serta pada dataran rendah maupun dataran tinggi sehingga potensi materi genetik yang terbaik berdasarkan lingkungannya perlu diketahui agar memberikan variasi yang berbeda ketika diujikan pada kondisi yang sama.

Materi genetik *Leucaena leucocephala* var. Tarramba merupakan cultivar hasil penelitian dari Australia yang diperkenalkan di Kupang (Nulik *et al.*, 2013), untuk penggemukan ternak di Amarasi NTT (Pers. Comm. Debora Nulik, 2016), yang lebih tahan terhadap serangan kutu loncat (*psyllid*) (CABI,

2017) serta menunjukkan penampilan lebih menguntungkan untuk memproduksi energi dibandingkan kultivar unggul sebelumnya dari Peru dan Cunningham (Rengsirikul, Kanjanakuha, Ishii, Kangvansaichol, Sripichitt, Punsuvon & Tudsri, 2011). Oleh karenanya, jenis ini dimasukkan sebagai materi genetik dalam kegiatan pemuliaan untuk tujuan kayu energi untuk dapat dijadikan pembanding tentang potensi *L. leucaena* di Indonesia yang dikoleksi dari berbagai tempat yang berbeda.

Pada kegiatan pemuliaan lamtoro gung untuk tujuan kayu energi, biji-biji sejumlah pohon induk (famili) telah dikumpulkan dari seluruh Indonesia untuk pembangunan uji keturunan. Koleksi menyertakan berbagai lingkungan habitat termasuk lokasi kering maupun basah, pada dataran rendah maupun dataran tinggi serta pada daerah mangrove yang terpapar air asin. Evaluasi awal pada umur siap tanam 3 bulan diamati pada lingkungan yang seragam untuk melihat potensi variasi genetiknya dianggap memadai, karena tanaman ini telah dapat mencapai umur matang untuk reproduktif pada umur 4–6 bulan (CABI, 2017; Pers. Comm. Debora Nulik, 2016).

Penelitian ini dimaksudkan melihat potensi perbedaan antar sumber asal atau populasinya, antar familinya, antar lingkungannya habitat dan membandingkannya dengan hasil terbaik pemuliaan level dunia.

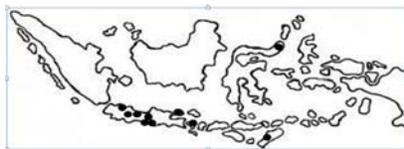
## II. BAHAN DAN METODE

### A. Lokasi Penelitian

Materi genetik yang telah dikoleksi pada kurun waktu 2016– 2017 digunakan untuk penelitian (Tabel 1). Dari kesepuluh (10) lokasi yang digunakan, 9 populasi asli Indonesia dan 1 populasi var. Taramba yang ditanam di Kupang masing-masing lokasi diwakili oleh 8– 15 famili (induk betina) dengan posisi antar famili/induk pada lokasi masing-masing berjarak 50–100 m satu sama lain, untuk menghindari individu yang berkerabat. Biji per famili (induk betina) yang dikumpulkan minimal 500 biji atau dari sekitar minimal 100 polong. Pengumpulan biji dilakukan pada bulan Juli – Agustus tahun 2016 (Jawa) dan 2017 (Luar Jawa). Sejumlah lima puluh hingga enam puluh tanaman dipersiapkan untuk masing-masing famili hasil eksplorasi pada Oktober 2017. Seleksi selanjutnya adalah dengan memilih 80 famili untuk penelitian ini dari seluruh hasil eksplorasi (96 famili) yang diperoleh yang dipilih berdasarkan populasi asalnya, jarak yang lebih jauh satu sama lain dalam lokasi, serta persen jadi tanaman akhir. Untuk melihat

perbedaan populasi asal serta perbedaan famili, sejumlah 20 tanaman per famili yang relatif seragam pada umur siap tanam (3 bulan) digunakan sehingga total tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah 80 famili x 20 tanaman = 1.600 tanaman.

Untuk melihat perbedaan potensi habitat lingkungan asal, maka 5 famili terbaik per lokasi dengan tiap famili 20 tanaman dipilih dari masing-masing lingkungan yang paling berbeda yakni dari 3 daerah : (1) yang mempunyai elevasi terendah (0– 3 m) dan terpapar air agak asin kisaran 17,41 per mil – 22,87 per mil (Susiana, 2015) di daerah mangrove, Bali; (2) yang mempunyai curah hujan rendah 900 mm.tahun<sup>-1</sup> (Madura) dan tanah yang kering; dan (3) pada daerah curah hujan sedang namun tanah berlempung yang pecah-pecah dimusim kemarau dengan kisaran ketinggian yang bervariasi 23–500m di atas permukaan laut (Brebes). Ketiganya dibandingkan juga dengan 5 famili terbaik hasil pemuliaan Internasional atau var. Taramba yang di Kupang ditanam pada lokasi yang mempunyai elevasi paling tinggi (lebih dari 495 m dpl) (Tabel 1).



Gambar (Figure) 1. Sepuluh (10) lokasi pengumpulan materi genetik *Leucaena leucocephala* di Indonesia yang digunakan untuk bahan pembangunan calon uji keturunan dalam rangka pemuliaannya (Ten (10) locations of genetic material collection of *Leucaena leucocephala* in Indonesia used for potential progeny test establishment for its breeding)

Tabel (Table) 1. Sepuluh (10) lokasi pengumpulan materi genetik *Leucaena leucochepala* di Indonesia yang digunakan untuk bahan pembangunan calon uji keturunan dalam rangka pemuliaannya (*Ten (10) locations of genetic material collection of Leucaena leucochepala in Indonesia used for potential progeny test establishment for its breeding*)

Asal (jumlah famili) (Origin /number of family)	Elevasi (Elevation) (m dpl)	Curah hujan (Rainfall) (mm.tahun <sup>-1</sup> )	Lintang (Latitude)	Bujur (Longitude)
Subang, Jawa Barat (13)	108-143	3049	6.34.365-6.35.013	107.45.146-107.45.625
Majalengka, Jawa Barat (14)	40-66	2871	6.41.091-6.43.438	108.16.725-108.18.115
Brebes, Jawa Tengah (10)	23-500	1961	6.979.792-6.987.242	108.874.513-108.882.163
Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (6)	170-318	2345	07.41.311-07.44.655	110.20.004-110.23.157
Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (4)	65-94	1961	07.49.693-07.52.815	110.19.74-110.20.160
Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta (6)	19-79	1908	07.49.569-07.53.047	110.06.890-110.13.629
Bangkalan, Madura, Jawa Timur (6)	102-142	900	6.968.652-7.005.478	112.892.503-112.943.167
Bali (5)	0-3	1741		
Menado, Sulawesi Utara (8)	17-122	2780	1.26.513-1.32.379	124.51.11,7-124.55.03,6
Fatuleu, Kupang, Nusa Tenggara Timur (8)	495-500	800-900	10.283.979-10.290.988	123.505.710-123.527.68 <sup>2)</sup>

Keterangan (Remark): <sup>1)</sup> Lokasi Mangrove (salinitas 17,41‰ –22,87 ‰) (Susiana, 2015); <sup>2)</sup> var. Tarramba hasil proyek kebun benih kerjasama dengan Australia (<sup>1)</sup> Mangrove location (salinity 17,41‰ –22,87 ‰) (Susiana, 2015); <sup>2)</sup> var. Tarramba which is the result of seed orchad project with Australia)

## B. Prosedur Pelaksanaan

Biji-biji tiap famili (2,5 g) direndam air panas ( $\pm 90$  °C) dan didiamkan semalam, sebelum kemudian ditabur pada pasir steril dengan masing-masing famili terpisah. Biji yang telah berkecambah dipindahkan ke *polybag* berukuran 10 cm x 15 cm yang berisi media campuran tanah dan kompos (2:1 v/v), kemudian diletakkan pada kondisi lingkungan persemaian yang seragam, dalam hal penyinaran dan pemeliharaannya.

Bibit dipelihara di persemaian Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan hingga umur 3 bulan (bibit siap tanam). Pengukuran tinggi dilakukan dengan menggunakan pita ukur dan diameter menggunakan kaliper pada ketinggian 1 cm di atas permukaan media.

Rancangan Acak Lengkap digunakan dalam pengamatan ini dengan masing-masing

dari 80 famili diwakili oleh sejumlah 20 semai dari  $\pm 60$  semai yang dipilih secara acak.

## C. Analisis Data

Analisa ragam digunakan untuk menganalisa data guna mengetahui pengaruh 10 populasi yang terdiri dari 9 populasi asal Indonesia dan 1 populasi var. Tarramba., pengaruh 80 famili yang terdiri dari 72 famili Indonesia dan 8 famili var. Tarramba, serta pengaruh dari 3 habitat paling ekstrim dan tanaman var. Tarramba terhadap pertumbuhannya. Uji lanjutan Duncan digunakan, jika perbedaan nyata diperoleh.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

#### 1. Perbedaan populasi asal

Perbedaan diameter antar populasi yang terlihat sangat nyata (Tabel 2) memberikan potensi variasi yang memuaskan sehingga dengan besarnya variasi tersebut memberikan

manfaat yang optimal. Oleh karenanya, saat pelaksanaan pemuliaan nantinya akan berpotensi untuk mendapatkan perolehan genetik yang tinggi. Dari kesepuluh lokasi asal maka var. Tarramba dari Kupang menduduki tempat terbaik dari segi diameter meskipun beberapa populasi Indonesia lain tidak berbeda nyata dengannya, terutama populasi dari Bantul, Bali, Menado dan Kulon Progo. *Leucaena leucochepala* var. Tarramba ini mampu tumbuh serupa secara statistik dari

segi diameter dengan tanaman dari populasi yang mempunyai curah hujan yang memadai sedang (Bantul, Kulon Progo) dan tinggi (Menado), maupun dari populasi yang terpapar air asin di daerah Mangrove (Bali).

Demikian pula dari aspek tinggi tanaman (Tabel 2), var Tarramba juga memberikan penampilan yang terbaik. Diluar dugaan, tanaman yang berasal dari kondisi yang agak asin di daerah Mangrove Bali juga bersama-sama menduduki tempat terbaik.

Tabel (Table) 2. Hasil analisa ragam pertumbuhan (a) diameter dan (b) tinggi antar 10 populasi *L. leucochepala* di Indonesia (*Analyses of variance results for growth (a) diameter and (b)height of ten (10) L. leucochepala populations in Indonesia*)

Sifat (Aspect)	F					
	SV	db	SS	MS	value	Pr > F
(a) Diameter ( <i>Diameter</i> ) (cm)	Populasi	9	0.4306	0.047	9.95	< 0.0001***
(b) Tinggi ( <i>Height</i> ) (cm)	Populasi	9	7967.17	885.24	19.74	< 0.0001***

Menariknya tanaman yang berasal dari Subang, yakni lokasi yang mempunyai curah hujan paling tinggi (>3.000 mm.th<sup>-1</sup>) dibandingkan tempat lain, menunjukkan posisi terendah dan secara nyata pertumbuhan diameter dan tingginya jauh berbeda dari 9 populasi yang lain (Tabel 3). Dengan demikian dimungkinkan besar tanaman asal populasi ini akan memberikan potensi volume yang terendah meskipun hal ini perlu untuk dikonfirmasi nantinya pada pertumbuhan tanaman di lapangan. Perbandingan antar

populasi yang sangat nyata menunjukkan potensi bahwa pemuliaan yang akan dilakukan akan bermanfaat untuk peningkatan genetik untuk karakter diameter maupun tinggi karena seleksi.

## 2. Perbedaan famili

Hasil analisa di tingkat resolusi yang lebih tinggi, yakni level famili, menunjukkan bahwa terdapat potensi variasi yang sangat tinggi pada kedua sifat yang diukur (Tabel 4). Dari 80 famili yang dicobakan, 20 famili terbaik (25 persen) disajikan hasilnya pada Tabel 5.

Tabel (Table) 3. Hasil uji lanjutan Duncan terhadap (a) diameter dan (b) tinggi antar 10 populasi asal *L. leucocephala* di Indonesia dan populasi var. Tarramba (*Further Duncan analyses for growth (a) diameter and (b) height of ten (10) L. leucocephala populations in Indonesia*)

Asal ( <i>Origin</i> )	Diameter ( <i>Diameter</i> )(cm)		Asal ( <i>Origin</i> )	Tinggi ( <i>Height</i> )(cm)	
Kupang (var. Tarramba)	0.310	a	Kupang (var. Tarramba)	35.68	a
Bantul	0.305	a	Bali	35.01	a
Bali	0.299	a b	Majalengka	32.99	b
Menado	0.294	a b	Sleman	32.73	b
Kulon Progo	0.294	a b	Brebes	32.55	b
Sleman	0.281	b c	Bantul	32.48	b
Madura	0.275	c	Menado	32.43	b
Brebes	0.275	c	Madura	31.28	b
Majalengka	0.275	c	Kulon Progo	31.15	b
Subang	0.256	d	Subang	27.85	c

(a) Diameter

(b) Tinggi (*Height*)

Keterangan (*Remarks*) : Huruf yang sama menyatakan tidak ada beda nyata (99%) (*The same letter states there is no real difference (99%)*)

Tabel (Table) 4. Hasil analisa ragam pertumbuhan: (a) diameter dan (b) tinggi antar 80 famili *L. leucocephala* (*Analyses of variance results for growth (a) diameter and (b) height, of eighty (80) L. leucocephala families*)

Sifat ( <i>Aspect</i> )	SV	db	SS	MS	F value	Pr > F
(a) Diameter ( <i>Diameter</i> ) (cm)	Famili	79	1.129	0.014	3.14	< 0.0001 ***
(b) Tinggi ( <i>Height</i> ) (cm)	Famili	79	20167.99	255.29	6.59	< 0.0001 ***

Tabel (Table) 5. Urutan 20 famili (25 persen) terbaik hasil uji lanjutan Duncan terhadap: (a) diameter dan (b) tinggi antar 80 families *L. leucocephala* di Indonesia termasuk var. Tarramba (*Further Duncan analyses for growth: (a). diameter and (b). height of the best 20 families (25percent) among 80 L. leucocephala families in Indonesia included var. Tarramba*)

No urut terbaik ( <i>The best rank</i> )	Populasi asal ( <i>Population</i> )	Famili (25 persen terbaik) ( <i>Best 25percent family</i> )	Diameter ( <i>Diameter</i> ) (cm)	
1	Bantul	71	0,345	a
2	Menado	50	0,327	a b
3	Kupang (var. Tarramba)	53	0,327	a b
4	Majalengka	19	0,327	a b
5	Bali	40	0,325	a b c
6	Kulon Progo	76	0,325	a b c
7	Bantul	73	0,323	a b c
8	Kupang (var. Tarramba)	58	0,322	a b c d
9	Sleman	69	0,322	a b c d
10	Kupang (var. Tarramba)	57	0,320	a b c d e
11	Kupang (var. Tarramba)	51	0,327	a b c d e f
12	Menado	45	0,316	a b c d e f g
13	Kupang (var. Tarramba)	55	0,315	a b c d e f g
14	Majalengka	20	0,315	a b c d e f g h
15	Madura	61	0,310	a b c d e f g h
16	Menado	49	0,307	a b c d e f g h i
17	Kupang (var. Tarramba)	54	0,302	a b c d e f g h i j
18	Menado	46	0,302	a b c d e f g h i j
19	Brebes	37	0,300	a b c d e f g h i j
20	Sleman	70	0,300	a b c d e f g h i j k

(a) Diameter (*Diameter*)

No urut terbaik ( <i>The best rank</i> )	Populasi asal ( <i>Population</i> )	Famili (25persen terbaik) ( <i>Best 25percent family</i> )	Tinggi ( <i>Height</i> ) (cm)	
1	Majalengka	20	44.9	a
2	Majalengka	27	38.0	b
3	Kupang (var. Tarramba)	53	37.1	b c
4	Kupang (var. Tarramba)	56	36.8	b c d
5	Kupang (var. Tarramba)	55	36.6	b c d e
6	Bali	42	36.6	b c d e
7	Bali	38	36.5	b c d e f
8	Sleman	65	36.5	b c d e f
9	Kupang (var. Tarramba)	57	36.5	b c d e f
10	Bantul	71	36.3	b c d e f
11	Kupang (var. Tarramba)	51	36.1	b c d e f g
12	Menado	45	36.0	b c d e f g
13	Menado	50	35.8	b c d e f g h
14	Majalengka	19	35.7	b c d e f g h i
15	Majalengka	15	35.5	b c d e f g h i j
16	Brebes	28	35.4	b c d e f g h i j
17	Brebes	29	35.3	b c d e f g h i j k
18	Kupang (var. Tarramba)	52	35.2	b c d e f g h i j k
19	Bali	41	35.1	b c d e f g h i j k
20	Bali	40	35.0	b c d e f g h i j k

(b) Tinggi (*Height*)

Keterangan (*Remark*) : Huruf yang sama menyatakan tidak ada beda nyata (99%) (*The same letter states there is no real difference (99%)*)

Seluruh famili var. Tarramba dari Kupang (6) masuk ke dalam 25 persen famili terbaik diameternya. Sementara dari populasi Bantul ada 2 famili yang termasuk, Menado 4 famili, Majalengka 2 famili, sedangkan Bali, Kulon Progo dan Brebes hanya 1 famili (Tabel 5). Secara umum, hal yang cukup menggembirakan dan prospektif adalah beberapa famili yang tumbuh di Indonesia mempunyai potensi untuk melebihi diameternya dari hasil seleksi dunia yakni var. Tarramba.

Seperti juga pada diameter, banyak famili Indonesia yang dari segi tinggi tanaman mampu bersaing dengan var. Tarramba. Potensi lain selain Majalengka, Bantul dan Bali adalah adanya masing-masing 2 famili dari Menado dan Brebes yang tidak beda nyata. Secara umum, rangking 20 famili dari 2 sifat

pertumbuhan secara terpisah telah disajikan (Tabel 5). Namun jika dengan mempertimbangkan kedua sifat tersebut terdapat interseksi 16 famili yang tampilannya terbaik, yakni seluruh var. Tarramba serta famili 19, 20 (Majalengka), 40 (Bali), 45, 50 (Menado), 51, 53, 55, 57 (Kupang var. Tarramba) dan 71 (Bantul). Oleh karenanya, dibandingkan pada level populasi, adanya level famili-famili dari Indonesia yang berpotensi mempunyai volume yang terbaik lebih memberikan harapan dari segi keberhasilan pemuliaan tingkat tinggi, karena perbedaan tidak hanya dari segi populasi asalnya saja.

### 3. Perbedaan habitat

Dari hasil uji lanjutan pada level populasi sebelumnya, terlihat bahwa populasi dari Subang, daerah yang mempunyai curah hujan

paling tinggi menunjukkan penampilan pertumbuhan terburuk dan secara nyata jauh berada di bawah populasi lain (Tabel 3). Demikian juga, pada level famili yang disajikan diatas, tidak ada satupun yang berasal dari Subang yang termasuk pada 25 persen famili terbaik pada kedua karakter (Tabel 5). Oleh karenanya perbedaan terhadap kondisi lingkungan, terutama yang dipengaruhi curah hujan serta kondisi yang tak

menguntungkan lainnya (kering dan bergaram) dianggap bermanfaat untuk diketahui. Analisa dengan lingkungan yang berbeda, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat nyata dari segi diameter dan tinggi (Tabel 6), yang dengan uji lanjut menunjukkan bahwa Bali yang asal lokasinya dari daerah bergaram ternyata mempunyai kemampuan pertumbuhan yang sama dengan var. Tarramba (Tabel7).

Tabel (Table) 6. Hasil analisa ragam pertumbuhan (a) diameter dan (b). tinggi antar 5 famili terbaik dari 3 habitat berbeda *L. leucocephala* di Indonesia terhadap pertumbuhan var. Tarramba (*Analyses of variance results for growth (a) diameter and (b. height, of the best 5 families from 3 different habitats of L. leucocephala in Indonesia against var. Tarramba growth)*)

Sifat (Aspect)	SV	Db	SS	MS	F-value	Pr > F
(a) Diameter (Diameter) (cm)	Habitat	3	0.08175	0.02724	5.56	0.001 ***
(b) Tinggi (Height) (cm)	Habitat	3	1426.805	475.602	9.41	<0.0001 ***

Tabel (Table ) 7. Hasil uji lanjutan Duncan terhadap urutan habitat *L. leucocephala* untuk (a) diameter dan (b) tinggi dari 5 famili terbaik pada masing-masing habitat (*Further Duncan analyses for growth (a) diameter and (b) height of the best 5 families among 3 different L. leucocephala habitats)*)

Habitat (Habitat)	Diameter(Diameter) (cm)		Habitat (Habitat)	Tinggi (Height) (cm)	
Kupang (var. Tarramba)	0.316	a	Kupang (var. Tarramba)	36.66	a
Bali	0.299	a b	Bali	35.02	a
Brebes	0.283	b	Brebes	32.91	b
Madura	0.279	b	Madura	31.64	b

Keterangan (Remark) : Huruf yang sama menyatakan tidak ada beda nyata (99%) (*The same letter states there is no real difference (99%)*)

Analisa level famili yang dilakukan pada 4 jenis lingkungan, ternyata menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata di antara famili-famili dari masing-masing

habitat. Namun jika dilihat 50 persennya (10 famili terbaik) maka menjadi jelas beberapa famili asal Indonesia terutama yang dari Bali mempunyai potensial untuk tampil terbaik

menandingi var. Tarramba dari Kupang (Tabel 8).

Tabel (Table) 8. Famili-famili terbaik (50 persen dari 20 famili) untuk sifat (a) diameter dan (b) tinggi antar famili *L. leucocephala* terbaik pada masing-masing habitat (*The best families (50 percent of 20 families) for growth (a) diameter and (b) height among the best families of different L. leucocephala habitats in Indonesia*)

No (No)	Habitat (Habitat)	Famili (Family)	Diameter (Diameter)(cm)	No (No)	Habitat (Habitat)	Famili (Family)	Tinggi (Height)(cm)
1	Kupang (var. Tarramba)	53	0.327	1	Kupang (var. Tarramba)	53	37.2
2	Bali	40	0.325	2	Kupang (var. Tarramba)	56	36.8
3	Kupang (var. Tarramba)	57	0.320	3	Kupang (var. Tarramba)	55	36.6
4	Kupang (var. Tarramba)	51	0.317	4	Bali	42	36.6
5	Kupang (var. Tarramba)	55	0.316	5	Bali	38	36.5
6	Madura	61	0.310	6	Kupang (var. Tarramba)	57	36.5
7	Brebes	37	0.302	7	Kupang (var. Tarramba)	51	36.1
8	Kupang (var. Tarramba)	56	0.300	8	Brebes	29	35.3
9	Bali	39	0.297	9	Bali	41	35.2
10	Bali	42	0.292	10	Bali	40	35.1

(a)

(b)

#### 4. Pembahasan

##### 1. Perbedaan populasi asal

Tanaman dari populasi Bali dari daerah bergaram, menunjukkan kemampuan pertumbuhan bagus yang serupa dengan hasil seleksi dunia var. Tarramba serta melebihi juga tampilan tanaman dari tempat asal lain. Secara umum, spesies tanaman yang tetap mampu hidup, meskipun terpapar pada kondisi tertekan termasuk asin, disebabkan karena tanaman tersebut mampu merespon dengan menunjukkan kemampuan adaptasi. Pada kondisi asin (bergaram) meskipun air tersedia banyak, namun kemampuan tanaman untuk memperoleh air berkurang, sehingga akan seperti berada pada kondisi kekeringan atau kurang air (Munns, 2002). Respon tanaman terhadap kondisi tertekan dapat berupa adaptasi fisiologi maupun anatomi (Acosta-Motos, Ortuño, Bernal-Vicente, Diaz-Vivancos, Sanchez-Blanco & Hernandez, 2017). *L. leucocephala* asal Bali, yang mampu

tumbuh hingga besar dan mampu berbuah pada daerah di antara tanaman mangrove, diperkirakan telah mengembangkan kemampuan adaptasi pada kondisi yang lebih asin. Mekanisme adaptasi yang telah berkembang untuk mempertahankan daya hidup ini diperkirakan menjadi kelebihan serta kekuatan untuk melakukan pertumbuhan dibandingkan populasi lain yang hidup pada kondisi relatif normal atau kurang ekstrim.

Sementara itu, dibandingkan kultivar lain pada level dunia, penampilan *L. leucocephala* var. Tarramba telah terbukti lebih baik. Hal ini ditunjukkan dengan produksi biomasa kering terbaik, dibandingkan 26 aksesi lamtoro gung lainnya (Mullen & Gutteridge, 2002). Demikian juga penggunaan var. Tarramba yang telah dimulai tahun 2001 di NTT telah terbukti lebih baik termasuk dibandingkan lamtoro lokal, dengan memberikan produksi daun dan kayu yang lebih tinggi, serta ketahanan terhadap *psyllid* yang lebih baik

(Nulik *et al.*, 2013). Kondisi pertanaman var. Tarramba di Kupang ini pada kondisi daerah dengan bulan tanpa hujan 8–9 bulan serta mempunyai curah hujan 800–900 mm.tahun<sup>-1</sup> (Pers. Comm Debora Nulik, 2017). Biji-biji pada penelitian ini di kumpulkan dari 2 sumber benih var. Tarramba pada lokasi seperti itu. Namun demikian, tetap menunjukkan tampilan yang terbaik. Demikian pula halnya yang berasal dari Bali, yang dipastikan telah tumbuh lama pada kondisi yang bergaram karena dilihat dari induknya yang telah tinggi serta telah berbuah berulang-ulang, juga menunjukkan pertumbuhan yang setara. Kedua populasi terbaik itu sangat berpotensi untuk penanaman pada daerah kering dan daerah bergaram.

Kedua sumber lamtoro, yakni dari Kupang (var. Tarramba) dan Bali merupakan populasi terbaik tidak hanya dari segi diameter namun juga dari segi tinggi tanamannya. Secara nyata keduanya jauh melebihi tinggi tanaman dari sumber asal yang lain. Berdasarkan karakter diameter dan tinggi yang terbaik, maka keduanya juga akan berpotensi untuk memberikan volume kayu yang terbaik. Pada penelitian ini, pertumbuhan diujikan pada kondisi terkontrol sehingga lebih meminimalkan bias lingkungan serta memaksimalkan efek genetiknya. Namun demikian, perbedaan pertumbuhan masing-masing populasi tersebut di lapangan perlu untuk di evaluasi kembali karena

dimungkinkan akan mempunyai interaksi dengan faktor lingkungan. Sementara itu, tanaman dari Subang menunjukkan mempunyai pertumbuhan yang terburuk. Hal ini memberikan informasi penting bahwa sumber genetik jenis lamtoro gung yang berasal dari curah hujan terlalu tinggi yakni lebih dari 3.000 mm.tahun<sup>-1</sup> tidak mampu tampil bagus pertumbuhannya, dibandingkan sumber populasi lain yang memiliki curah hujan lebih rendah.

## 2. Perbedaan famili

Dari segi tinggi tanaman, beberapa famili-famili Indonesia menunjukkan performa yang cenderung lebih baik dari var. Tarramba. Terdapat 1 famili Majalengka yang terbaik serta jauh melebihi tinggi famili-famili lain, serta bersama dengan 3 famili Majalengka lain berada pada 25 persen famili terbaik. Demikian juga sejumlah 4 famili Bali, yang terekspose lokasi bergaram, termasuk juga ke dalam tinggi terbaik serta cenderung sama baiknya dengan var. Tarramba. Pada *Leucaena* koleksi asal Bali tanaman terekspose salinitas sebesar 17,4 – 22.8 per mil (Susiana, 2015), atau  $\pm 30 - 40$  persen dari kandungan garam di laut. Hal itu terbukti tidak menimbulkan kerusakan pada tanaman *Leucaena* yang tumbuh dilokasi tersebut. Secara umum, tanaman akan mengaplikasikan sejumlah adaptasi dalam mentolelir salinitas selain adaptasi morfologi, fisiologi dan biokimia dimungkinkan perubahan-perubahan rasio

akar/tajuk serta kandungan khlorofil (Acosta-Motos *et al.*, 2017). Sementara variasi efek keparahan dari salinitas terhadap tanaman akan tergantung kondisi tanaman dan tanah, intensitas cahaya maupun kondisi iklim (Tang, , Mu, Shao, Wang & Brestic, 2015). Model adaptasi yang telah dikembangkan jenis ini terhadap salinitas, perlu untuk dipelajari karena umumnya akan cukup kompleks. Secara umum tanaman ini bisa mentolerir kondisi salin hingga  $8.2 \text{ dS.m}^{-1}$  dengan aktivitas nodulasi dan pengikatan nitrogen yang relatif tidak terganggu (Stamford, Filho, & Silva, 2000). Manakala bisa ditemukan karakter adaptasi, serta merupakan sifat yang dipengaruhi genetik sehingga bisa diturunkan, maka famili-famili dari Bali ini dimungkinkan akan menjadi calon tanaman yang toleran terhadap kondisi tertekan bergaram. Kemampuan jenis *L. leucocephala* ini yang tahan terhadap kondisi bergaram, telah dibuktikan karena bisa tumbuh secara baik selama tidak berhubungan dengan genangan permukaan air yang tinggi (Tomar & Gupta, 1985).

Meskipun dari segi pertumbuhan beberapa famili koleksi di Indonesia bisa bersaing dengan var. Tarramba, namun pertumbuhan sampai umur lebih lanjut di lapangan perlu untuk dievaluasi serta ketahanannya terhadap serangan *psyllid* perlu untuk dicobakan, karena var. Tarramba telah terbukti mampu bertahan

terhadap serangan tersebut (Nulik *et al.*, 2013). Uji keturunan yang ditanam pada 2 lokasi yang menyertakan famili-famili tersebut telah ditanam pada akhir 2016 pada 2 lokasi dan akan bisa dikonfirmasi dengan hasil penelitian ini yang meminimalkan pengaruh lingkungan.

### 3. Perbedaan antar habitat

Pada kegiatan pemuliaan tingkat lebih maju, seleksi nantinya tidak akan dilakukan untuk level populasi melainkan level famili terbaik, bahkan individu terbaik dalam famili. Karena dari hasil studi ini diketahui bahwa tanaman asal Subang yang mempunyai curah hujan tertinggi (di atas normal) terbukti penampilannya jauh di bawah tanaman yang berasal dari lokasi-lokasi dengan curah hujan di bawahnya, maka analisa dengan melihat daerah curah hujan kurang bagus atau pada kondisi di bawah normal dianggap perlu dilakukan. Beberapa populasi asal Indonesia yang menunjukkan lingkungan yang tidak normal adalah Bali (bergaram), Madura (curah hujan rendah) ataupun Brebes (lokasi yang tanahnya akan pecah-pecah saat musim kemarau). Penampilan tanaman dari habitat yang paling ekstrim perlu untuk dilihat perbedaan penampilannya, karena dalam pertanaman produksi untuk tujuan kayu energi nantinya sangat perlu untuk ditekankan dengan memanfaatkan lokasi-lokasi yang marginal (Tullus, Rytter, Tullus, Weih, & Tullus, 2012; Fu, Jiang, Huang, Zhuang, & Ji, 2014) untuk

memberikan nilai tambah lahan lahan kurang menguntungkan, meningkatkan kesuburan, menambah peningkatan masyarakat maupun untuk memaksimalkan keuntungan yang bisa diperoleh dari usaha produksinya. Jenis ini yang mempunyai kemampuan untuk memfiksasi nitrogen dari udara (López-López, Rogel-Hernández, Barois, Ceballos, Martínez, Ormeño-Orrillo, & Martínez-Romero, 2012) serta daunnya yang sangat mudah terdegradasi sebagai pupuk hijau, penanaman jenis ini akan berpotensi menyuburkan tanah. Namun karena produksi biomasa jenis ini akan sangat tergantung jarak (Prasad, Korwar, Rao, Mandal, Rao, Srinivas, Venkateswarlu, Rao, & Kulkarni, 2011), maka kepadatan penanaman untuk tujuan produksi dan perbaikan lingkungan masing-masing lokasi akan berbeda.

Hasil menarik didapatkan bahwa dengan menggunakan 5 famili terbaik dari habitat yang berbeda, ternyata didapatkan bahwa penampilan terbaik, baik diameter maupun tinggi, adalah termasuk tanaman populasi Indonesia dari habitat yang paling tertekan yakni Bali yang berada pada lingkungan mangrove dan terekspose sedikit air bergaram. Hal ini setara dengan var. Tarramba. Tanaman yang mampu tumbuh pada kondisi bergaram diharapkan juga akan tumbuh lebih baik pada kondisi kekeringan, karena kondisi garam tinggi akan berdampak serupa kondisi kekeringan. Kesulitan tanaman untuk

menghisap air akan dihadapi karena adanya larutan garam (Munns, 2002; Álvarez & Sánchez-Blanco, 2013).

Tanaman yang terpapar kondisi stres, dimungkinkan bisa bertahan, yang hal ini disebabkan karena telah mengembangkan respon (bisa bersifat sementara) terhadap rendahnya ketersediaan air (Basu, Ramegowda, Kumar, & Pereira, 2016). Sementara tanaman yang terpapar stress pada kurun waktu yang lama dimungkinkan akan berevolusi sehingga mampu mempengaruhi struktur gen untuk tujuan bertahan sebagai bentuk adaptasi termasuk adaptasi dari segi morfologi, fisiologi, dan biokimia (Acosta-Motos *et al.*, 2017). Jika adaptasi yang bersifat lebih permanen terbentuk, maka akan mempengaruhi struktur genetik oleh karenanya karakter tersebut bisa diwariskan kepada keturunannya (Dillon, Nolan, Matter, Gapare, Bragg & Southerton, 2013). Kekuatan adaptasi tersebut dimungkinkan merupakan keuntungan yang tanaman populasi Bali, dibandingkan dengan famili-famili lain yang tidak mengembangkannya. Ini berarti juga menunjukkan bahwa tidak hanya pada level populasi tetapi level famili dari habitat tersebut dimungkinkan akan bisa lebih bertahan jika dikembalikan ditanam pada kondisi yang serupa mengandung garam. Jika variasi dalam famili nantinya diperoleh di lapangan, maka pada tingkat yang lebih tinggi lagi, yakni level individu yang unggul akan diperoleh.

Hasil penelitian ini juga membuktikan bahwa materi genetik dari Indonesia mempunyai potensi setara untuk bisa menjadi yang terbaik pada level dunia dari segi pertumbuhannya, meski dari segi ketahanannya terhadap *psyllid* masih perlu diuji. Hal ini serupa dengan yang terjadi pada tanaman *Calliandra calothyrsus*, jenis tanaman legum yang juga dipakai untuk tujuan kayu energi, serta berasal juga dari Amerika Tengah. Pada uji yang membandingkan materi genetik level dunia, ditunjukkan bahwa tanaman ras lahan C. *calothyrsus* asal Indonesia termasuk yang berpenampilan terbaik, baik dari segi produksi kayu maupun daun (Chamberlain, 2001). Pemuliaan ke dua jenis spesies tersebut yang dilaksanakan di Indonesia, dengan materi yang dikoleksi dari Indonesia diharapkan akan bisa mempunyai performa yang setara di level dunia dalam hal keunggulannya untuk memproduksi biomasa.

#### IV. KESIMPULAN

Materi genetik L. *Leucochepala* di Indonesia, meskipun asalnya dahulu merupakan jenis introduksi, namun menunjukkan variasi yang sangat lebar pada level populasi, famili dan antar habitat yang berbeda. Hal ini diperkirakan telah beradaptasi karena telah menunjukkan variasi yang sangat signifikan. Sebagian populasi dan familinya setara dengan var. Tarramba, hasil pemuliaan level dunia, namun demikian, ketahanannya

terhadap hama *psyllid* perlu untuk diujikan agar menjadi lebih sepadan. Sumber-sumber genetik yang berasal dari kondisi yang kurang menguntungkan ternyata mampu tumbuh lebih vigor dan hal ini diperkirakan karena kelebihan dalam hal telah membentuk mekanisme toleran untuk bertahan hidup dibandingkan dari lokasi-lokasi yang tumbuh di tempat yang relatif normal dan subur. Oleh karenanya nantinya diharapkan akan merupakan potensi genotip menguntungkan untuk produksi kayu energi pada lahan-lahan marginal sehingga memberikan nilai tambah pada berbagai aspek.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kepala Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta beserta staf, yang telah banyak memfasilitasi sehingga memungkinkan penelitian ini untuk bisa dilaksanakan. Penghargaan dan terima kasih yang tulus juga disampaikan kepada rekan-rekan tim penelitian atas bantuan, kesabaran dan kebaikan dalam memenuhi tugas-tugas dalam pelaksanaan penelitian ini sehingga bisa dituliskan dalam jurnal ini. Ucapan terimakasih yang dalam juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Budi Leksono, M.P atas saran-sarannya yang sangat membantu berjalannya penelitian pemuliaan kayu energi secara keseluruhan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abou-Elezz, F. M. K., Sarmiento-Franco L., Santos-Ricalde, R. & Solorio-Sanchez, F. (2011). Nutritional effects of dietary inclusion of *Leucaena leucocephala* and *Moringa oleifera* leaf meal on Rhode Island Red hens' performance. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 45, Number 2,.
- Acda, M.N., & Devera, E.E. (2014). Physico-chemical properties of wood pellets from forest residues. *Journal of Tropical Forest Science*, 26(4): 589.
- Acosta-Motos, J., Ortuño, M., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M., & Hernandez, J. (2017). Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy7010018>
- Álvarez, S. & Sánchez-Blanco, M. J. (2013). Changes in growth rate, root morphology and water use efficiency of potted *Callistemoncitrinus* plants in response to different levels of water deficit. *Sci. Hort.*, 156, 54–62.
- Basu, S., Ramegowda, V., Kumar, A., & Pereira, A. (2016). Plant adaptation to drought stress. *F1000Research*. <https://doi.org/10.12688/f1000research.7678.1>
- CABI. (2017). *Leucaena leucocephala* (leucaena). Retrieved March 7, 2018, from <https://www.cabi.org/isc/datasheet/31634>
- Chamberlain, J. R. (2001). *Calliandra calothyrsus* An Agroforestry Tree for the Humid Tropics.
- Chotchutima, S., Kangvansaichol, K., Tudsri, S., & Sripichitt, P. (2013). Effect of spacing on growth, biomass yield and quality of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) for renewable energy in Thailand. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 3, 48–56. <https://doi.org/10.4236/jsbs.2013.31006>
- Dillon, S. K., Nolan, M. F., Matter, P., Gapare, W. J., Bragg, J. G., & Southerton, S. G. (2013). Signatures of adaptation and genetic structure among the mainland populations of *Pinus radiata* (D. Don) inferred from SNP loci. *Tree Genetics and Genomes*. <https://doi.org/10.1007/s11295-013-0650-8>
- Foroughbakhch, R., Parra, A. C., Luis, J., Piñero, H., Alvarado Vázquez, M. A., Estrada, A. R., & Cardenas, M. L. (2012). Wood volume production and use of 10 woody species in semiarid zones of Northeastern Mexico. *International Journal of Forestry Research*, 7. <https://doi.org/10.1155/2012/529829>
- Fu, J., Jiang, D., Huang, Y., Zhuang, D., & Ji, W. (2014). Evaluating the Marginal Land Resources Suitable for Developing Bioenergy in Asia. <https://doi.org/10.1155/2014/238945>
- González-García, E., Cáceres, O., Archimède, H., & Santana, H. (2009). Nutritive value of edible forage from two *Leucaena leucocephala* cultivars with different growth habit and morphology. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9188-4>
- Jalil, A. H. (2014). *Beescape for Meliponiones*. Singapore: Partridge,.
- Kennedy, S. G., Yanchuk, A. D., & Jefferson, P. A. (2013). Relationship of heartwood traits with diameter growth, implications for genetic selection in *Pinus radiata*. *Tree Genetics & Genomes*, 9(5), 1313–1319.
- López-López, A., Rogel-Hernández, M. A., Barois, I., Ceballos, A. I. O., Martínez, J., Ormeño-Orrillo, E., & Martínez-Romero, E. (2012). *Rhizobium grahamii* sp. nov., from nodules of *dalea leporina*, *leucaena leucocephala* and *clitoria ternatea*, and *rhizobium mesoamericanum* sp. nov., from nodules of *phaseolus vulgaris*, *siratiro*, cowpea and *mimosa pudica*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.033555-0>
- Mainoo, A.A., & Ulzen-Appiah, F. (1996). Growth, wood yield and energy characteristics of *Leucaena leucocephala*, *Gliricidea sepium* and *Senna siamea* at age four years. *Ghana Journal of Forestry*, Vol. 3, 69–79.
- Mosseler, A., Major, J. E., & Ostaff, D. (2017). Distribution of genetic variation in five coppice growth traits among natural populations of seven North American willow (*Salix*) species. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0307>
- Mullen, B. F., & Gutteridge, R. C. (2002). Wood and biomass production of *Leucaena* in subtropical Australia. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1023/A:1020570115918>
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*.

- <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>
- Normaniza, O., Faisal, H. A., & Barakbah, S. S. (2008). Engineering properties of *Leucaena leucocephala* for prevention of slope failure. *Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.11.004>
- Nulik, J., Kana Hau, D., Pakereng, C., Edison, R. G., Liubana, D., Ara, S., & Giles, H. E. (2013). Establishment of *Leucaena leucocephala* cv. Tarramba in eastern Indonesia. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales*, 1, 111–113. Retrieved from [www.tropicalgrasslands.info](http://www.tropicalgrasslands.info)
- Pagad, S. (2010). *Leucaena leucocephala* (tree). Retrieved March 12, 2018, from <http://issg.org/database/species/ecology.asp?si=23&fr=1&sts=&ang=FR&ver=print&prtflag=false>
- Prasad, J.V.N.S., Korwar, G.R., Rao, K.V., Mandal, U.K., Rao, G.R., Srinivas, I., Venkateswarlu, B, Rao, S.N. & Kulkarni, H. D. (2011). Optimum stand density of *Leucaena leucocephala* for wood production in Andhra Pradesh, Southern India. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 35(Issue 1), 227–235.
- Rae, A. M., Street, N. R., Robinson, K. M., Harris, N., & Taylor, G. (2009). Five QTL hotspots for yield in short rotation coppice bioenergy poplar: The poplar biomass loci. *BioMed Central Plant Biology*, 9(23). Retrieved from <https://doi.org/10.1186/1471-2229-9-23>
- Rengsirikul, K., Kanjanakuha, A., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Sripichitt, P., Punsuvon, V., ... Tudsri, S. (2011). Potential forage and biomass production of newly introduced varieties of leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) in Thailand. *Grassland Science*. <https://doi.org/10.1111/j.1744-697X.2011.00213.x>
- Santiago-García, R. J., Coló, S. M., Sollins, P., & Bloem, S. J. Van. (2008). The Role of Nurse Trees in Mitigating Fire Effects on Tropical Dry Forest Restoration: A Case Study.
- Shafiq, M., Iqbal, M.Z., Mohammad, A. (2008). Effect of lead and cadmium on germination and seedling growth of *Leucaena leucocephala*. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, Vol 12(No 3).
- Stamford, N.P., Filho, J.T.A. & Silva, A. H. N. (2000). Growth and nitrogen fixation of *Leucaena leucocephala* and *Mimosa caesalpiniaefolia* in a saline soil of the Brazilian semi-arid region as affected by sulphur, gypsum and saline water. *Tropical Grassland*, Vol. 34:1-6.
- Susiana, S. (2015). *Analisis Kuantitas Air Ekosistem Mangrove di Estuary Perancak, Bali*. Universitas Maritim Raja Ali Haji. Tanjung Pinang. Kepulauan Riau. <https://doi.org/DOI.10.17605/OSF.IO/4U3AB>
- Tang, X., Mu, X., Shao, H., Wang, H. & Brestic, M. (2015). Global plant-responding mechanisms to salt stress: Physiological and molecular levels and implications in biotechnology. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 35, 425–437.
- Tomar O.S. & Gupta R.K. (1985). Performance of some forest tree species in saline soils under shallow and saline water-table conditions. *Plant and Soil*, 87,329-335.
- Tullus, A., Rytter, L., Tullus, T., Weih, M., & Tullus, H. (2012). Short-rotation forestry with hybrid aspen (*Populus tremula* L.×*P. tremuloides* Michx.) in Northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.628949>