



BUDIDAYA  
**kaliandra**  
(*Calliandra calothyrsus*)

**Untuk Bahan Baku  
Sumber Energi**





# BUDIDAYA KALIANDRA (*Calliandra calothyrsus*) UNTUK BAHAN BAKU SUMBER ENERGI

Disusun oleh:

Dr. Ir. Rina Laksmi Hendrati, MP  
Suwandi, S.Hut.  
Margiyanti

Kerja sama:



**Penerbit IPP Press**  
Kampus IPB Taman Kencana,  
Kota Bogor-Indonesia



KEMENTERIAN KEHUTANAN

c1/11.2014

**Judul Buku:**

BUDIDAYA KALIANDRA (*Calliandra calothyrsus*) UNTUK BAHAN  
BAKU SUMBER ENERGI

**Pengarah:**

Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan  
Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktivitas  
Hutan

**Penanggung jawab:**

Kepala Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan

**Kerjasama:**

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan dengan  
Direktorat Jenderal Bina Usaha Kehutanan

**Penyusun:**

Dr. Ir. Rina Laksmi Hendrati, MP  
Suwandi, S.Hut.  
Margiyanti

**Editor:**

Prof. Dr. Ir. Mohammad Na'iem, M.Agr.Sc.  
Dr. Ir. Mahfudz, MP  
Ir. Sigit Baktya Prabawa, M.Sc

**Edisi/Cetakan:**

Cetakan Pertama, November 2014

**PT Penerbit IPB Press**

Kampus IPB Taman Kencana  
Jl. Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

ISBN: 978-979-493-720-4

Dicetak oleh IPB Press Printing, Bogor - Indonesia  
Isi Diluar Tanggung Jawab Percetakan

© 2014, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh  
isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit

# Kata Pengantar

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan Karunia-Nya, sehingga buku ini dapat tersusun. Buku ini disusun dengan maksud untuk memberikan panduan tentang teknik budidaya dan pengembangan jenis yang dapat dipraktikkan oleh para pengguna baik petani hutan, pengelola KPH dan masyarakat luas.

Materi yang disajikan bersifat populer tentang praktek budidaya jenis untuk tanaman penghasil bahan baku kayu energi, bahan baku pulp dan kertas, kayu pertukangan, pangan, bioenergi, atsiri dan jenis-jenis untukantisipasi kondisi kering. Buku-buku ini sebagai salah satu bentuk desiminasi hasil penelitian yang dilakukan oleh Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta.

Kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada penulis, MFP dan semua pihak yang berkontribusi dalam penyusunan dan penerbitan buku ini kami sampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Semoga buku ini bermanfaat bagi para pengguna.

Yogyakarta, November 2014  
Kepala Balai Besar PBPTH,

Dr. Ir. Mahfudz, MP



# Sambutan

Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan

Pada saat ini pemerintah khususnya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan ingin terus mendorong percepatan pembangunan kehutanan yang berbasis pada peran serta masyarakat menuju kesejahteraan yang berkeadilan. Oleh karenanya Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan telah menyiapkan IPTEK budidaya jenis unggulan dan peluncuran serta pelepasan bibit unggul yang bermanfaat baik untuk kegiatan rehabilitasi hutan, pembangunan Hutan Rakyat, Hutan Tanaman Rakyat maupun pembangunan Hutan Tanaman guna mendorong percepatan pembangunan kehutanan.

Untuk mendesiminasikan hasil penelitian, maka Badan Litbang Kehutanan terus mendorong penyusunan buku-buku hasil penelitian dalam bentuk populer yang dapat secara langsung dipraktikkan oleh para pengguna seperti buku-buku budiaya jenis tanaman yang telah diterbitkan ini. Kami berharap buku-buku panduan budidaya ini menjadi modal dalam memajukan Hutan Tanaman, Hutan Rakyat, Hutan Tanaman Rakyat maupun kegiatan rehabilitasi hutan serta dapat meningkatkan pengetahuan pengelola Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) dalam mengembangkan jenis-jenis komersial di kawasannya.

Akhirnya kepada Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, penulis dan semua pihak yang berkontribusi dalam penyusunan dan penerbitan buku ini kami sampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Semoga buku ini bermanfaat bagi para pihak yang berkepentingan.

Jakarta,     November 2014  
Kepala Badan,

Prof. Dr. Ir. San Afri Awang, MSc





# Sambutan

Direktur Jenderal Bina Usaha Kehutanan

Pada masa yang akan datang paradigma pembangunan kehutanan terus berubah dari pengelolaan hutan alam kepada pengelolaan hutan tanaman yang berbasis kepada kesejahteraan masyarakat. Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) sebagai unit manajemen pengelolaan hutan mempunyai peran yang strategis dalam memajukan dan memulihkan kondisi hutan. KPH merupakan wilayah pengelolaan hutan sesuai fungsi pokok dan peruntukannya yang dikelola secara efisien dan lestari.

Untuk meningkatkan kemampuan teknis pengelola KPH khususnya dibidang budidaya tanaman hutan yang sudah tersedia benih unggulnya, kami menyambut baik penerbitan buku-buku budidaya jenis ini. Kami berharap di setiap KPH Produksi mempunyai usaha pengembangan jenis potensial yang dapat mendukung keberlangsungan operasionalisasi KPHP tersebut. Oleh karenanya buku-buku yang diterbitkan ini dapat dijadikan referensi dalam paraktek-praktek budidaya di KPHP oleh pengelola.

Akhirnya kepada Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, penulis dan semua pihak yang berkontribusi dalam penyusunan dan penerbitan buku ini kami sampaikan ucapan selamat, penghargaan dan ucapan terima kasih. Semoga buku ini bermanfaat bagi para pengelola KPHP dan pihak-pihak yang bergerak di pengembangan hutan tanaman.

Jakarta,      November 2014  
Direktur Jenderal,

Ir. Bambang Hendroyono, MM



# Daftar Isi

<b>Kata Pengantar .....</b>	<b>iii</b>
<b>Sambutan Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan .....</b>	<b>v</b>
<b>Sambutan Direktur Jenderal Bina Usaha Kehutanan.....</b>	<b>vii</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>ix</b>
<b>Daftar Gambar .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1 Pendahuluan.....</b>	<b>1</b>
<b>BAB 2 Pemuliaan Tanaman Kaliandra untuk Tujuan Kayu Energi .....</b>	<b>3</b>
<b>BAB 3 Tanaman Kaliandra dan Manfaatnya.....</b>	<b>7</b>
<b>BAB 4 Habitat dan Sebaran Tumbuh .....</b>	<b>11</b>
<b>BAB 5 Diskripsi Botanis dan Morfologi .....</b>	<b>13</b>
<b>BAB 6 Budi Daya Tanaman Kaliandra untuk Tujuan Kayu Energi .....</b>	<b>15</b>
6.1 Pengumpulan biji .....	15
6.2 Penaburan .....	16
6.3 Persemaian.....	17
6.4 Penanaman .....	17
6.5 Pembiakan Secara Vegetatif.....	19
6.6 Penggunaan bibit unggul.....	22
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>25</b>



## Daftar Gambar

1. Persiapan, penaburan dan persemaian *Caliandra calothyrsus* dengan pohon induk terpisah untuk tujuan pembangunan populasi pemuliaannya untuk memproduksi bibit unggul..... 16
2. Persemaian *C. calothyrsus* dan pengangkutan bibit ke lapangan ..... 17
3. Pemotongan cabang untuk merangsang trubusan, dan tanaman kaliandra yang tumbuh meninggi hanya dalam waktu 2 tahun dan hasil pangkasan kaliandra ..... 19
4. Pencangkakan dari pohon induk di lapangan ..... 20
5. Pencangkakan ulang di persemaian dari tanaman hasil cangkok lapangan ..... 20



# Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan terjadinya peningkatan industri secara nyata yang diikuti pula dengan peningkatan kebutuhan energi. Pada masa sekarang, sebagian besar bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar dari fosil yang jumlahnya semakin lama semakin menipis. Oleh karena itu diperlukan terobosan untuk mendapatkan bahan baku energi yang dapat diperbaharui dan mudah dimanfaatkan serta mampu memenuhi kebutuhan hidup khalayak luas. Salah satu terobosan tersebut adalah bahan baku terbarukan dari pohon, berupa kayu energi dari tanaman Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) yang dapat menghasilkan bahan baku energi secara cepat dan berkualitas terutama untuk produksi pelet.

Tanaman Kaliandra memiliki banyak manfaat yang akan menguntungkan masyarakat. Keuntungan menanam Kaliandra untuk produksi kayu energi antara lain pemanenannya dengan cara memangkas cabang-cabangnya yang dapat dilakukan secara berulang sehingga tidak perlu menanam pohon yang baru setelah pemanenan. Jenis Kaliandra merupakan spesies terbaik dibandingkan spesies-spesies lain. Produksi biomassa Kaliandra cukup tinggi terutama diareal dengan ketinggian >800m, sehingga memungkinkan optimasi penggunaan lahan-lahan di daerah tinggi yang tidak datar termasuk di lereng-lereng bukit. Namun demikian Kaliandra juga mampu tumbuh dengan baik di dataran rendah ketinggian 150 m di atas permukaan laut (dpl).

Tanaman Kaliandra mulai diintroduksi dari Amerika Tengah ke Indonesia pada akhir tahun 1936. Di Indonesia Kaliandra tumbuh dengan baik dan menunjukkan tampilan yang bagus sehingga jenis

ini kemudian banyak ditanam pada tahun 70-an mencapai 30.000 ha. Tanaman Kaliandra yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah jenis *Calliandra calothyrsus* yang berbunga merah, yang bisa tumbuh sampai 4-6 meter. Kaliandra disebut tanaman pionir karena kemampuannya untuk hidup pada berbagai jenis tanah. Kaliandra juga sering dikenal sebagai tanaman perintis karena memiliki viabilitas hidup yang tinggi.



# **Pemuliaan Tanaman Kaliandra untuk Tujuan Kayu Energi**

Perebutan lahan karena berbagai kepentingan dan menipisnya hutan terutama di Jawa telah mempengaruhi kemudahan dalam memenuhi kebutuhan sumber bahan bakar dari kayu bagi masyarakat. Hal itu diperkuat dengan kenyataan masih minimnya industri arang atau kayu bakar yang memunyai lahan sendiri untuk penyediaan sumber kayunya. Selama ini industri-industri tersebut sebagian besar masih tergantung pada pasokan kayu dari masyarakat yang tidak menentu. Oleh karena itu perlu dilakukan kegiatan Intensifikasi untuk meningkatkan produksi pada lahan yang terbatas. Salah satunya dengan menghasilkan tanaman unggul yang cocok ditanam di lahan-lahan masyarakat maupun di lahan yang kurang produktif. Tanaman ini yang memiliki sifat cepat tumbuh dan mudah hidup diharapkan mampu menghasilkan kayu energi yang berkualitas.

Sementara itu pasar pelet dari biomassa kayu untuk tujuan energi juga sangat menjanjikan di Eropa, Amerika dan Korea Selatan. Korea bahkan menargetkan impor 5 juta ton pelet pada tahun 2020 untuk memenuhi 75% kebutuhan dalam negeri. Dalam rangka mencapai target tersebut, maka didirikanlah perusahaan wood pelet Korea (PT Solar Park Indonesia) di Wonosobo, Jawa Tengah. Perusahaan tersebut sudah beroperasi memproduksi sebanyak 48 ribu ton pada tahun 2009 dan meningkat menjadi 224 ribu ton pada tahun 2013, untuk memenuhi kebutuhan pasar pelet yang tinggi tersebut. Selama ini perusahaan masih menggantungkan pasokan dari sisa industri kayu dan setoran

masyarakat, sehingga berbagai upaya dilakukan dengan mencari jenis tanaman yang cocok sebagai sumber bahan baku pelet. Hasil observasi dan penelitian yang telah dilakukan oleh pimpinan PT tersebut (Mr. Park, komunikasi pribadi) bahwa Kaliandra pada ketinggian >800m menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik bahkan mengalahkan pertumbuhan berbagai jenis lainnya termasuk gamal dan gmelina dalam hal produksi volume kayunya. Oleh karenanya PT yang bersangkutan juga sangat mengharapkan pasokan suplai kayu energi dari masyarakat termasuk dari jenis *C. calothyrsus* bunga merah. Plot percobaan untuk produksi dari jenis ini telah mereka lakukan dengan jarak 1x1 m.

Seiring dengan ditetapkannya Roadmap Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Kementerian Kehutanan Republik Indonesia dan Rencana Penelitian Integratif Balai Besar Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan (BBPBPTH) Yogyakarta tentang perlunya kegiatan penelitian pemuliaan untuk kayu energi periode tahun 2010-2014, masyarakat, khususnya di Pulau Jawa telah banyak menggunakan kayu Kaliandra di area dataran rendah sampai dataran tinggi untuk tujuan kayu bakar. Oleh karena itu *C. calothyrsus* termasuk salah satu jenis yang dipilih untuk dimuliakan. Pertimbangannya adalah atas dasar kecepatan tumbuhnya, budidayanya yang mudah, benihnya yang melimpah, kemampuannya tumbuh di lahan lahan-lahan masyarakat serta kecocokannya sebagai kayu energi karena nilai kalornya yang relatif tinggi.

Selama ini produk dari Kaliandra umumnya adalah berupa kayu bakar atau kayu arang, namun dengan adanya kebutuhan pelet maka jenis ini dibuktikan mampu untuk suplai bahan baku pelet untuk tujuan energi. Selain itu kandungan ligninnya cukup tinggi yang akan mengurangi biaya perekatan pelet dan meningkatkan potensi thermal. Pembuatan pelet mulai dikembangkan karena dianggap praktis dan dapat memanfaatkan

kayu dengan ukuran dimensi yang kecil sekalipun termasuk cabang-cabangnya serta bisa diekspor.

Penanaman Kaliandra dengan menggunakan bibit unggul akan sangat menjanjikan untuk memenuhi pasokan industri pelet. Secara umum pangkasan pertama tanaman *C. calothyrsus* pada 50 cm di atas tanah dapat menghasilkan kayu bakar 5-20 m<sup>3</sup>/ha dan perlakuan tahunan serta bibit unggul dapat menghasilkan 35-65 m<sup>3</sup>/ha kayu bakar. Penanaman hanya sekali, namun dapat menghasilkan produksi tahunan berupa pangkasan cabang untuk dijual oleh petani ke industri pelet, sehingga akan memberi pemasukan bagi masyarakat, sekaligus memperbaiki lingkungan dengan menahan erosi dan menambah kesuburan tanah.

Berbagai pertimbangan tersebut menjadi dasar dilaksanakannya kegiatan pemuliaan jenis Kaliandra yang diawali dengan pembangunan uji keturunan untuk seleksi produktifitas dengan menggunakan 120 pohon indukan yang materi genetik bijinya dikoleksi (10 populasi) dari Sumatera, Jawa, Sulawesi dan Nusa Tenggara. Sumber genetik tanaman diambil dari lokasi dengan ketinggian yang berbeda (Tabel 1).

Pengujian dilakukan di Wonogiri pada kondisi yang relatif kering pada ketinggian 141 m dengan tujuan didapatkan bibit unggul yang mampu tumbuh pada daerah elevasi rendah dan relatif kering yang mewakili lokasi masyarakat. Kegiatan pengujian antara lain seleksi terhadap volume dan kandungan lignin serta pembangunan kebun benih klon untuk produksi bibit unggul yang akan dibangun pada tahun 2014. Bibit unggul jenis ini diharapkan akan meningkatkan produksi dan kualitas kayu Kaliandra.

**Tabel 1.** Sumber materi genetik untuk memroduksi benih unggul Kaliandra

<b>No</b>	<b>Lokasi asal</b>	<b>Jml famili</b>	<b>Ketinggian (m dpl)</b>
1	Sumatera utara	20	756-1473
2	Palembang	18	615-692
3	Majalengka	10	1070-1211
4.	Sukabumi	10	1027-1043
5.	Magelang	20	912-1033
6	Pasuruan	10	907-1015
7	Malang	10	1270-1450
8	Makale Sulsel	20	1012-1107
9	Soe NTT	20	700-1315
10	Wamena Papua	20	1679-1759

# Tanaman Kaliandra dan Manfaatnya

Banyak spesies Kaliandra yang terdapat di Indonesia antara lain adalah *C. calothyrsus* dan *C. surinamensis*. Jenis *C. surinamensis* banyak ditanam di samping rumah sebagai tanaman hias. *C. calothyrsus* yang berbunga merah merupakan jenis dengan sebaran alami dari Mexico sampai Panama ini menunjukkan penampilan yang sangat bagus di Indonesia sebagai jenis multi guna. *C. calothyrsus* memiliki banyak kegunaan yaitu untuk kayu energi, pakan ternak, pengontrol erosi, perbaikan tanah karena kemampuannya mengikat nitrogen dan memproduksi seresah, penahan api, serta bunganya yang bagus juga menyebabkan jenis ini ditanam sebagai penghias jalan dan sumber nektar bagi lebah. Pohon yang ditanam di lereng bukit sepanjang garis kontur dapat menahan tanah dan akhirnya membentuk teras alami. *C. calothyrsus* juga telah digunakan untuk merehabilitasi tanah masam yang tidak produktif dan ditumbuhi alang-alang (*Imperata cylindrica*).

*C. calothyrsus* untuk kayu bakar sudah ditanam di lahan-lahan pribadi dan milik umum di Jawa. Kayunya yang berkerapatan tinggi dengan berat jenis 0.5 - 0.8 membuatnya cepat kering dan mudah dibakar, dapat menghasilkan energi yang memenuhi syarat komersial yakni sekitar 4600 kkal per kg kayu kering dan 7200 kkal panas per kg arang. Untuk produksi kayu bakar, *C. calothyrsus* biasanya ditanam dengan jarak tanam 1 x 1 m atau 1 x 2 m. Untuk merangsang tunas baru, pohon sebaiknya dipangkas setinggi 30 - 50 cm pada akhir musim kemarau, agar pada musim penghujan trubusan sudah mulai muncul. Tanaman Kaliandra dapat membentuk trubus dengan cepat setelah dipangkas, dan dengan pemangkasan tiap tahun pada cabang diameter 3-5 cm,

tanaman dapat bertahan hidup sampai bertahun-tahun. Hasil kayu bakar per tahun berkisar 5-20 m<sup>3</sup>/ha dari kebun yang berumur satu tahun dan meningkat menjadi 30-65 m<sup>3</sup>/ha dari kebun yang berumur 20 tahun (NAS 1983). Penggunaan bibit unggul dan aplikasi sistem silvikultur diharapkan akan mendapatkan produk 653/ha/tahun dalam waktu yang relatif lebih awal 2-3 tahun. Agar memperoleh produksi biomassa yang maksimum, Kaliandra bisa ditanam dengan kerapatan 5000 pohon/ha (jarak tanam 1x2m) dan dipangkas setinggi 1 m di atas permukaan tanah secara berulang setiap empat bulan sampai 1,5 tahun tergantung kesuburan, perawatan dan banyaknya curah hujan.

Tanaman Kaliandra tumbuh dengan cepat dan dapat mencapai tinggi 2.5 - 3.5 m pada umur 6 bulan, dan tinggi 3-5 m pada tahun pertama pada lahan yang memadai. Dengan kemampuan tersebut, jenis ini banyak ditanam di negara-negara tropis lainnya dan di Asia Tenggara. Di bawah tegakan kelapa dengan cahaya 60% Kaliandra juga bisa ditanam sebagai tanaman pengisi (Mannetje dan Jones 1992). *C. calothyrsus* yang ditanam di perkebunan kelapa dengan kerapatan sekitar 160 pohon/ha menunjukkan fungsi yang cukup banyak antara lain dapat mengurangi pertumbuhan gulma, mengawetkan kelembaban tanah, serta memperbaiki struktur dan kesuburan tanah. Bahan kering yang dihasilkan oleh Kaliandra mencapai 5 ton/ha, sehingga mampu memenuhi kebutuhan nitrogen per tahun bagi kelapa dengan 30 kg pupuk hijau yang disebar di sekeliling setiap pohon kelapa. Daunnya selain menyediakan nitrogen, juga bisa membusuk perlahan-lahan sebagai mulsa untuk pertahanan kelembaban tanah dan mencegah gulma selama musim kemarau.

Seperti kebanyakan hijauan ternak dari jenis pohon dan perdu lainnya, *C. calothyrsus* kaya protein, tetapi kandungan energi yang dapat dicerna relatif rendah. Bagian yang dapat dimakan mengandung 20-25% protein

mentah sehingga sesuai sebagai tambahan protein bagi ternak yang makanan utamanya rumput atau jenis makanan lainnya yang kualitas proteinnya rendah. Namun pemberiannya sebaiknya dibatasi paling banyak 30-40% berat segar seluruh makanan, sebab jika lebih banyak, tidak akan dimanfaatkan seluruhnya. Salah satu faktor yang memengaruhi nilai gizi adalah kecernaannya, dan sejauh mana hijauan ternak dapat dicerna dan diserap oleh ternak. Kecernaan Kaliandra sangat bervariasi sekitar 30% sampai 60%. Hijauan ternak *C. calothyrsus* segar dapat meningkatkan berat badan ternak pedaging dan produksi susu pada sapi. Pemberian 3 kg daun Kaliandra segar meningkatkan produksi susu yang setara dengan pemberian 1 kg bahan makanan komersial yang mengandung 16% protein mentah. Penggantian konsentrat makanan komersial dengan daun Kaliandra akan menghemat pengeluaran peternak, tetapi jumlah Kaliandra yang diperlukan untuk menggantikan 1 kg makanan buatan bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya, bergantung pada banyak faktor terutama mutu konsentrat. Jenis ini merupakan alternatif dari jenis *Leucaena leucocephala* yang banyak diserang oleh kutu loncat. Sebagai pakan ternak, Kaliandra memiliki kandungan tanin yang tinggi sehingga jenis ini masih kalah disukai dibandingkan *Leucaena leucocephala* dan *Giricidia sepium*.

*C. calothyrsus* juga sangat baik untuk meningkatkan kesuburan tanah masam dengan ditanam pada jarak 1 x 1m (10.000 pohon/ha). Pengelolaan Kaliandra dengan sistem bera bergilir dapat meningkatkan hasil tanaman pangan berikutnya 1,5–2 kali dibandingkan dengan hasil panen setelah diberakan secara alami dalam jangka waktu yang sama. Pohon ini ditebang di permukaan tanah selama musim tanam untuk tanaman pangan dan dibiarkan tumbuh selama masa bera. Hasil awal dari percobaan yang dilakukan di Vietnam menunjukkan bahwa dengan mengganti bera alami dengan *C. calothyrsus*, masa bera dapat diperpendek dari 10–15 tahun menjadi 4–5 tahun tanpa mengurangi

kesuburan tanah. Dalam sistem bera yang telah ditingkatkan, petani menanam *C. calothyrsus* sebanyak 5000-10.000 semai/ha selama rotasi tanaman pangan yang terakhir.

Kaliandra juga digunakan untuk mengubah padang alang-alang menjadi sistem silvopastur. Jarak tanam yang direkomendasikan adalah 5 x 5m. Jarak yang sedemikian difungsikan untuk merehabilitasi lahan dan juga reklamasi lahan.



# Habitat dan Sebaran Tumbuh

Tanaman Kaliandra bukan tanaman asli dari Indonesia melainkan berasal dari Amerika Tengah dan Selatan khususnya Meksiko, Suriname dan hampir seluruh kepulauan Karibia. *C. calothyrsus* tumbuh alami di sepanjang bantaran sungai, tetapi dengan cepat akan menempati areal yang vegetasinya terganggu misalnya, tepi-tepi jalan. Jenis Kaliandra tidak tahan naungan dan cepat sekali kalah bersaing dengan vegetasi sekunder lain. Di Meksiko dan Amerika Tengah tanaman Kaliandra tumbuh di berbagai habitat pada ketinggian sampai 1860 m dari permukaan laut. Kaliandra terutama terdapat di daerah yang curah hujannya berkisar antara 1000- 4000 mm, meskipun populasi tertentu terdapat di daerah yang curah hujan tahunannya rendah hanya 800 mm. Jenis Kaliandra terutama terdapat di daerah yang musim kemaraunya berlangsung selama 2-4 bulan (dengan curah hujan kurang dari 50 mm per bulan), namun pernah ada juga spesimen yang ditemukan di daerah yang musim kemaraunya mencapai 6 bulan. Kaliandra tumbuh di daerah dengan suhu minimum tahunan 18-22° C dan tidak tahan terhadap pembekuan. Di tempat tumbuh aslinya, jenis Kaliandra hidup pada berbagai tipe tanah dan tampaknya tahan terhadap tanah yang agak masam dengan ph sekitar 4,5, namun tidak tahan terhadap tanah yang drainasenya buruk dan yang tergenang secara teratur. Di Jawa, pertanamannya umumnya dijumpai pada ketinggian >250m, namun terbaik pada ketinggian >800m sampai 1700m dpl. Kaliandra merupakan jenis agresif sebagai tanaman sekunder, dan tumbuh diberbagai tipe tanah dari tanah vulkanik dalam, sampai alluvial sampai tanah lempung pasiran yang tererosi.

Sumber plasma nutfah *C. callothyrsus* telah dikumpulkan di Costarica dan di Inggris (*Oxford Forestry Institute*). Di Indonesia sendiri tanaman Kaliandra diperkirakan berasal dari Guatemala dari sumber yang berkarakter cepat tumbuh, sedikit percabangan, dan ekotip tinggi. Namun karena keberhasilannya, banyak sumber provenans lain yang kemudian didatangkan. Percobaan masih dibutuhkan untuk menilai variabilitas dan adaptabilitasnya pada berbagai lingkungan.

# Diskripsi Botanis dan Morfologi

Tanaman Kaliandra dapat memroduksi bunga pada tahun pertama, bahkan ada yang mulai berbunga umur 4 bulan. Namun demikian pembuahan baru didapatkan pada tahun kedua. Pada habitat aslinya, bunga diproduksi terutama pada akhir musim penghujan dan awal musim kering sedangkan buah berkembang pada musim kering. Produksi buah jenis ini umumnya cukup melimpah setiap tahunnya pada kondisi yang memadai, meskipun ada variasi dengan sebagian pohon yang berbuah terbatas. *C. calothyrsus* dapat berbunga sepanjang tahun, namun biasanya mengalami masa puncak berbunga tiga bulan sebelum awal musim kemarau. Kuncup bunga berada dalam tandan bunga dan mekar dari pangkal ke arah ujungnya. Masing-masing bunga biasanya mekar sekitar pukul 16.00, dan tetap mekar hanya selama semalam saja, dan esok harinya akan layu. Setiap tandan bunga dapat berbunga selama 90-120 hari. *C. calothyrsus* bersifat *andromonecius*, yaitu menghasilkan bunga jantan, bunga betina, atau berkelamin ganda. Bunga jantan tidak memiliki bagian yang dimiliki oleh bunga betina (ovari, *stipe* atau tangkai putik, dan *stigma* atau kepala putik) dan tidak pernah menghasilkan buah. Setelah bunga dibuahi, buah yang matang dan biji akan berkembang selama sekitar 90 hari. Tanaman ini selalu menghasilkan bunga yang lebih banyak dari pada buahnya. Nisbah antara buah dan bunga umumnya terjadi 1:20.

Benih dari Kaliandra pada umumnya akan terbentuk apabila terjadi penyerbukan. *C. calothyrsus* kawin antar individu secara acak tetapi juga melakukan penyerbukan sendiri. Penyerbukan pada Kaliandra dilakukan oleh kelelawar (*Chiroptera*) dan ngengat (*Sphingidae*).

Kaliandra toleran terhadap penyerbukan sendiri yang menyebabkan keragaman genetik yang rendah. Di sebaran alamnya, Kaliandra ditemukan dalam populasi kecil (30-60 individu pohon per populasi seringkali ditemukan).

Dibandingkan jenis-jenis pohon serbaguna lainnya, seperti *Leucaena* spp. atau *Gliricidia sepium*, *C. calothyrsus* menghasilkan benih lebih sedikit, baik di tempat tumbuh aslinya maupun di tempat-tempat di mana jenis ini ditanam sebagai jenis eksotis. Namun demikian jenis ini bisa dikembangkan secara vegetatif dengan cangkok, sehingga menguntungkan untuk memperbanyak klon dari jenis unggul. Selain itu, saat ini, dengan tersedianya pemupukan khusus untuk buah dan bunga untuk memperbanyak benih diharapkan bisa mengatasi persoalan ini.

Di Jawa, bunga dan buah dilaporkan tersedia sepanjang tahun, tapi puncaknya ada pada musim kemarau. Buah masak setelah berwarna coklat. Biji dapat diekstraksi dengan cara menganginkan atau meletakkan di bawah matahari sampai 2-3 jam agar buah memecah dengan sendirinya sehingga biji mudah diambil. Biji dapat disimpan di lemari pendingin sampai 2-3 tahun dalam keadaan kering.

Sebagai kayu energi yang sering digunakan terutama di Jawa, jenis *C. calothyrsus* dapat tumbuh sampai ketinggian 4-12 m dengan diameter sampai 30 cm. Kaliandra untuk produksi kayu energi sebaiknya ditanam di areal terbuka dengan jarak tanam 1x1 m atau 1x2 m. Kayu Kaliandra memunyai berat sedang (510-780 kg/m<sup>3</sup>), kayunya kuat dan mudah digergaji, mudah sekali kering sehingga menguntungkan karena mengurangi biaya pengeringan jika akan digunakan untuk suplai bahan baku energi pelet. Panjang seratnya 0.66-0.84 mm dan memunyai karakter kayu berkualitas energi yang bagus.

# Budi Daya Tanaman Kaliandra untuk Tujuan Kayu Energi

Pohon Kaliandra dapat dikembangkan secara vegetatif maupun generatif. Secara generatif pohon Kaliandra dapat dikembangkan dengan menggunakan bijinya yang dapat diperoleh mulai tanaman umur 2 tahun. Keberhasilan pembudidayaan Kaliandra ini secara umum tergantung dari faktor benih (unggul vs belum dimuliakan), lahan untuk menanam (ketinggian, curah hujan, kesuburan dll), teknis penanaman (pemeliharaan, campuran vs monokultur dll.) dan penanamannya (waktu tanam, jarak tanam, pupuk dasar dll.).

## 6.1 Pengumpulan biji

Biji dihasilkan pada tahun pertama pertumbuhannya, tetapi tidak semua pohon menghasilkan biji secara bersamaan. Sedikitnya 100 g biji per pohon (250-300 polong atau 1700 benih) dapat dihasilkan setiap musim namun jumlahnya bervariasi sesuai umur, ukuran pohon, dan lokasi serta kesediaan hewan penyerbuk. Di luar sebaran alaminya, produksi benih Kaliandra juga sangat bervariasi. Di Australia, tanaman yang berumur 4 tahun yang ditanam pada tapak yang baik dapat menghasilkan 1 kg benih per pohon. Akan tetapi, sering kali produksinya kurang dari 100g benih per pohon. Pada kasus ini, ketidakhadiran penyerbuk, atau kondisi tapak yang jelek, misalnya iklim yang tidak sesuai, berpengaruh buruk terhadap produksi benih. Namun secara umum Kaliandra sangat mudah untuk ditanam karena menghasilkan banyak benih.

## 6.2 Penaburan



Dokumentasi: Rina Laksmi Hendrati

**Gambar 1.** Persiapan, penaburan dan persemaian *Caliantra callothyrsus* dengan pohon induk terpisah untuk tujuan pembangunan populasi pemuliaannya untuk memproduksi bibit unggul

Perkecambahan biji Kaliandra akan cepat terjadi dengan memberi perlakuan pada biji yaitu biji dsiram air panas kemudian dидiamkan selama semalam sebelum ditaburkan. Media tabur yang digunakan berupa pasir. Biji akan mulai berkecambah 2 minggu sampai 1 bulan setelah penaburan. Saat terbaik memindah kecambah ke polybag adalah segera setelah biji tumbuh dan mengeluarkan daun pertama (Gambar 1).

### 6.3 Persemaian

Semai tanaman Kaliandra biasanya siap ditanam di lapangan setelah 2-3 bulan dalam polybag. Ketinggian semainya sudah mencapai 30-50 cm (Gambar 2).



Dokumentasi: Rina Laksmi Hendrati

**Gambar 2.** Persemaian *C. calothyrsus* dan pengangkutan bibit ke lapangan

### 6.4 Penanaman

Penanaman dilakukan sesuai dengan tujuan utama Kaliandra dalam kegiatan ini yakni sebagai pohon energi. Penanaman untuk tujuan kayu energi disarankan ditanam pada jarak 1x1 atau 1x2 m. Penanaman dilakukan dengan membuat lobang 30x30x30cm yang telah diberi pupuk kandang 1-2 kg. Pada tahun pertama penanaman, akar masih belum berkembang sempurna, tanaman masih perlu pengawasan terutama pada musim kemarau. Oleh karenanya pada penanaman di daerah yang curah hujannya rendah atau <1000mm/th penggunaan mulsa plastik atau mulsa daun perlu dilakukan. Hal itu karena pada areal curah hujan rendah, Kaliandra mengalami penurunan persen hidup cukup nyata pada awalnya, hanya dalam waktu 4 bulan saja terjadi

penurunan dari 95% (umur 4 bulan) menjadi 83% (umur 8 bulan) (Tabel 2), meskipun pada kurun waktu tersebut pertumbuhannya cukup signifikan dengan tinggi dan diameter yang hampir 2 kali lipat. Pada daerah curah hujan sedang >2000mm/th pemberian mulsa daun atau plastik tidak perlu dilakukan.

Pembuahan pertanaman diharapkan akan bisa diperoleh setelah 2 tahun, mengingat pembungaan sudah mulai diperoleh pada tahun pertama. Pembungaan akan semakin meningkat dari umur 4 bulan (5% di Wonogiri dan 38% di Jawa Barat) menjadi 56% pada umur 8 bulan di Wonogiri (Tabel 2.).

**Tabel 2.** Pertumbuhan *C. callothyrsus* tahun pertama pada umur 4 dan 8 bulan pada lokasi bercurah hujan rendah dan sedang

No	Lokasi	Karakter	4 bulan	8 bulan
1	Ciamis, Jabar (Curah hujan 2000-2500mm/ th)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % hidup</li> <li>• Tinggi (T)</li> <li>• Diameter (D)</li> <li>• Tinggi Bebas Cabang (TBC)</li> <li>• Jumlah Cabang (JC)</li> <li>• Berbunga/buah</li> </ul>	97,2 % 1,14 1,12 0,21 1,65 38%	-
2	Wonogiri, Jateng (Curah hujan 1500 mm/th)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % hidup</li> <li>• Tinggi (T)</li> <li>• Diameter (D)</li> <li>• Tinggi Bebas Cabang (TBC)</li> <li>• Jumlah Cabang (JC)</li> <li>• Berbunga/buah</li> </ul>	94,75 % 0,77 0,9 0,28 2,2 5,54%	83% 1,6 1,54 0,48 56%



Pemotongan pohon Kaliandra dapat dilakukan setelah 1 tahun tumbuh menjelang musim penghujan pada ketinggian 50 cm dengan harapan trubusannya akan muncul saat musim hujan tiba. Cabang-cabang trubusan ini yang nantinya pada 1-1.5 tahun kedepan akan dimanfaatkan untuk suplai kayu energi. Pemanenan ini akan dapat diulang 6-10 kali sampai umur 10-15 tahun tanpa harus menanam ulang tanaman induknya (Gambar 3).

*C. calothyrsus* dapat beradaptasi pada berbagai lingkungan. Meskipun demikian, bila menanam jenis ini, penting untuk menggunakan sumber benih yang telah diketahui dapat tumbuh baik di lingkungan yang meyerupai lokasi penanaman. Pengenalan sumber benih yang baik untuk suatu lokasi penanaman, akan selalu menghasilkan peningkatan daya tahan, pertumbuhan dan produktifitas tanaman.



Dokumentasi: Rina Laksmi Hendrati

**Gambar 3.** Pemotongan cabang untuk merangsang trubusan, dan tanaman Kaliandra yang tumbuh meninggi hanya dalam waktu 2 tahun dan hasil pangkasan Kaliandra

## 6.5 Pemiakan Secara Vegetatif

Kaliandra dapat dibudidayakan dengan cara vegetatif secara sangat cepat dan mudah yaitu dengan cara cangkok. Pencangkokan bermanfaat untuk mempertahankan karakter unggul dari pohon induknya yang ditanam di lapangan (Gambar 4).



Dokumentasi: Rina Laksmi Hendrati

**Gambar 4.** Pencangkakan dari pohon induk di lapangan



Dokumentasi: Rina Laksmi Hendrati

**Gambar 5.** Pencangkakan ulang di persemaian dari tanaman hasil cangkok di lapangan

Tanaman Kaliandra sangat mudah menguapkan air, maka cara pencangkakan yang terbaik adalah tidak dengan melukai seluruh keliling batang melainkan hanya 2 sisi yang berlawanan sehingga bagian ujungnya masih mendapat suplai air melewati bagian batang yang tidak terputus (Gambar 4 dan 5). Penggunaan hormon penumbuh akar yang dioleskan pada luka diperlukan untuk keberhasilan pencangkakan. Media cangkok secukupnya dimasukkan pada sabut kelapa, kemudian luka yang sudah dibuat dibungkus dan diikat menggunakan rafia serta diberi label identitas jika diinginkan data induk yang akan dicangkok. Pada saat pemanenan potongan cangkok bagian atas perlu untuk dilapisi lilin untuk menghindari penguapan, terutama jika akan diangkut jarak jauh. Percobaan menggunakan media lumut menunjukkan keberhasilan yang lebih baik dengan perakaran cukup banyak setelah 2 minggu.

Produksi dengan mencangkok untuk mendapatkan klon individu terpilih bisa cukup melimpah jika dilakukan secara bertahap. Pada awalnya pencangkakan dapat dilakukan di lapangan, kemudian hasil cangkokan dipelihara di persemaian, klon tersebut sudah dapat dicangkok ulang hanya dalam waktu 3-6 bulan kemudian (Gambar 5). Hal ini karena hasil cangkok dari lapangan yang sudah dipelihara di persemaian akan memproduksi trubusan sangat cepat dengan diberi perlakuan berupa pemupukan 2 minggu sebelumnya. Trubusan muda yang masih berwarna hijau yang seukuran diameter pensil ( $\pm 0,5\text{cm}$ ) yang muncul pada usia 2-3 minggu sesudah pemupukan, sudah bisa dicangkok lagi dengan mudah. Namun karena batangnya masih muda (sukulen) maka batang-batang tersebut perlu diikat atau digantung menggunakan rafia yang diikatkan ke panel-panel di atasnya sebelum pelaksanaan pencangkakan agar ranting tidak patah karena beban cangkok yang dibuat padanya (Gambar 5). Trubusan ini masih sangat rentan kekeringan sehingga penyiraman harus secara rutin dilakukan. Karena panjangnya trubusan pencangkakan bertingkat untuk mengoptimalkan materi trubusan juga bisa dilakukan, yakni dengan memberi jeda waktu 1-2 bulan untuk

membuat cangkokan di atasnya setelah cangkokan bagian bawah mulai berakar. Selain produksi tunas yang banyak, sebagian tanaman hasil cangkokan juga akan segera berbunga 2 minggu setelahnya (>50%). Oleh karenanya hasil cangkokan klon unggul ini jika ditanam sebagai kebun benih klon untuk memproduksi biji hasil persilangan induk-induk yang bagus, akan sangat cepat memproduksi biji.

## **6.6 Penggunaan bibit unggul**

Penggunaan bibit unggul dipastikan akan meningkatkan produktifitas. Hasil kegiatan penelitian diperkirakan akan bisa menghasilkan 65 m<sup>3</sup>/ha/tahun hanya pada umur 2,5 tahun, digabungkan dengan perlakuan silvikultur pada jarak 1x2 m (5.000 pohon/ha). Tanpa bibit unggul pada umur tersebut hanya akan memproduksi 5-20 m<sup>3</sup>/ha dan meningkat menjadi 30-65 m<sup>3</sup>/ha pada kebun yang berumur 20 tahun. Oleh karenanya penggunaan bibit unggul, jika sampai 20 tahun akan mencapai jauh melebihi >65 m<sup>3</sup>. Pemilihan individu dengan volume pertumbuhan yang tinggi juga menguntungkan karena individu yang mempunyai diameter yang lebih besar menunjukkan kualitas kayu bakar yang lebih baik yang disebabkan karena kekerasannya, nilai kalornya dan kandungan ligninnya 33%. Kandungan lignin ini akan membantu perekatan yang lebih sempurna dalam produksi kayu energi dalam bentuk pelet. Sehingga akan mengurangi biaya pemberian bahan yang diperlukan untuk perekatan.

Jika individu unggul sudah diperoleh, maka kebun benih klon untuk memproduksi biji yang dibuat dari cangkokan individu-individu terseleksi akan dapat digunakan sebagai sumber benih atau sebagai sumber awal materi vegetatif. Agar benar-benar unggul, tidak terkontaminasi oleh pohon lain yang tidak terseleksi, kebun benih klon sebaiknya ditanam di lokasi yang terisolasi agar dapat mengurangi risiko terjadinya

penyerbukan dengan tanaman lain yang belum terseleksi. Berikut cara untuk membuat kebun benih yang baik yaitu:

1. Kebun benih sebaiknya dikembangkan di lokasi yang cukup seragam, mudah dijangkau dan cukup aman dengan fasilitas yang diperlukan termasuk air
2. Kebun benih sebaiknya terletak agak jauh dari pohon *C. calothyrsus* lain, jaraknya paling sedikit 2 km untuk memastikan agar pohon di kebun benih tidak terkontaminasi oleh serbuk sari dari individu yang tidak unggul
3. Kebun benih dapat memiliki beberapa kemungkinan rancangan agar binatang penyerbuknya dapat menjangkau bunga dengan mudah sehingga memungkinkan produksi benih yang lebih banyak. Rancangan dapat berupa penanaman dengan jarak yang lebar seperti 2,5 x 2,5 m, atau menanam dengan jarak antar baris yang lebar misalnya 2 x 4 m untuk mengoptimalkan perkembangan tajuk untuk memfasilitasi pertumbuhan buah
4. Jika memungkinkan, pilihlah lokasi yang subur, atau lakukan pemupukan tanah sebelum penanaman untuk mendorong produksi bunga yang hermaprodit
5. Untuk mempertahankan keragaman genetik biji yang dihasilkan, harus ditanam sedikitnya 30 individu yang tidak berkerabat
6. Pemangkasan berulang dapat digunakan sebagai salah satu teknik pengelolaan untuk meningkatkan produksi benih dan memudahkan pengumpulan benih.

*C. calothyrsus* juga dapat diperbanyak dengan stump. Keberhasilan dengan cara ini tidak sebagus hasil penanaman dari bibit dengan polybag, tetapi cara ini membantu untuk memanfaatkan bibit yang sudah terlalu lama hidup di persemaian (4-12 bulan), terutama jika bibitnya adalah bibit unggul. Stump dari bibit yang lebih tua akan menunjukkan hasil yang makin berkurang keberhasilannya.

Bibit umur 12 bulan bisa mencapai tinggi 1 meter dan diameter sebesar 1-2 cm. Semai dapat digunakan dengan memotong pada bagian 10 - 30 cm di atas leher akar, dan memotong daun yang tersisa untuk mengurangi penguapan, sementara akar bisa dipotong 10 - 20 cm di bawah leher akar. Keberhasilan paling tinggi diperoleh jika penanaman stump sesegera mungkin dilakukan meskipun stump juga bisa disimpan sampai satu minggu di tempat yang sejuk, kering dan teduh. Penanaman stump sebaiknya dengan leher akar tertutup tanah dan dilakukan pada awal musim hujan.

## Daftar Pustaka

- Anonym, 1990, Main Topic 3, Wood-energy and Energy, Indonesia-National TFAP, Round Table Type II, Jakarta May 29-30, 1990, Ministry of Forestry Government of Indonesia and Food Agriculture Organization of the United Nationals.
- \_\_\_\_\_ 2013. Conference: Biomass Pellets Trade & Power, 09-12 Sept, 2013, Conrad, Seoul <http://www.cmtevents.com/aboutevent.aspx?ev=130929>, diunduh 4 April 2014
- Arias RA and DJ Maqueen-1996. Traditional uses and potential of the genus *Calliandra* in Mexico and Central America. In D0 Evans, ed. International Workshop on the Genus *Calliandra*. Forest, Farm, and Community Tree Research Reports (Special issue). Winrock International. Moffilton, Arkansas, USA. p. 108-114.
- Bawa KS and CJ Webb. 1984. Flower, fruit, and seed abortion in tropical forest trees: Implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. American Journal of Botany 71:736-751.
- Boland DS and B Owor. 1996. Some aspects of floral biology and seed production in exotic *Calliandra calothyrsus* at Maseno, Kenya. In D0 Evans, ed. International Workshop on the Genus *Calliandra*. Forest, Farm, and Community Tree Research Reports (Special issue). Winrock International. Moffi Iton, Arkansas, USA. p. 49-61.
- Chamberlain, JR, 2000. Improving Seed Production in *Calliandra calothyrsus*, A field Manual for Researchers and Extension Workers, Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, UK
- \_\_\_\_\_ 2001. *Calliandra calothyrsus*, An agroforestry tree for the humid tropics, Oxford Forestry Institute, Dept. of Plant science, University of Oxford, UK

- Chamberlain JR (Ed). 2001. *Calliandra calothyrsus*: an agroforestry tree for the humid tropics.
- Chamberlain JR and AJ Pottinger. 2001. Genetic improvement of *Calliandra calothyrsus*. In D0Evans and LT Szott, eds. Nitrogen fixing trees for acid soils. Nitrogen Fixing Tree Research Reports (Special issue). Winrock International. Morrilton, Arkansas, USA. p. 250-257.
- Chang B, and H Martinez. 1984. Germplasm resources of *Calliandra calothyrsus* Meissn. In Central America and Panama. Forest Genetic Resources Information 13:54-58.
- Indonesia. In D0 Evans, ed. International Workshop on the Genus *Calliandra*. Forest, Farm, and Community Tree Research Widiyati, E. 2009. *Penerapan Tree dalam Klasifikasi dan Determinasi Makhluk Hidup*. Jurusan Teknik Informatika, ITB Bandung.
- Kartasubrata J. 1996. Culture and uses of *Calliandra calothyrsus* in Indonesia. In D0 Evans, ed. International Workshop on the Genus *Calliandra*. Forest, Farm, and Community Tree, Research Reports (Special issue). Winrock International. Morrilton, Arkansas, USA. p. 101-07.
- Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral (DESDM), 2006. Statistik Ekonomi Energi Indonesia 2006, Jakarta
- Macqueen DJ. 1993a. *Calliandra series Racemosae*. Taxonomic information, OFI seed collections, trial design. Oxford Forestry Institute. Oxford, UK.
- 1996. *Calliandra* taxonomy and distribution, with particular reference to the *Racemosae*. In D0 Evans, ed. International Workshop on the Genus *Calliandra*. Forest, Farm, and Community Tree Research Reports (Special issue), Winrock International. Morrilton, Arkansas, USA. p. 1-17.



- Morikawa RT, D0 Lantagne, MA Gold, SG Krecik and JM Roshetko. 1995. Management of *Calliandra calothyrsus* for fodder production in Jamaica. *Tropical Grasslands* 29: 236-240.
- National Academy of Sciences (NAS), 1983. Firewood crops: shrub and tree species for energy production, Vol. 2, National Academy of Sciences, Washington DC
- Nuryanti T. dan Herdinie SS, 2007. Analisis Karakteristik Konsumsi Energi Pada Sektor Rumah Tangga di Indonesia, Paper disampaikan pada Seminar Nasional III, SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta 21-22 Nopember 2007, ISSN 1978-0176
- Peksa-Blanchard, M., P. Dolzan, A. Grassi, J. Heinimö, M. Junginger, T. Ranta, & A. Walter (2007). Global Wood Pellets Markets and Industry: Policy Drivers, Market Status and Raw Material Potential. *IEA Bioenergy* 40 <<http://www.bioenergytrade.org/downloads/ieatask40pelletandrawmaterialstudynov2007final.pdf>>. Diakses 07-05-2012
- Pers. comm Mr. Park Woo. 2012. Direktur PT Solar Park Indonesia, Wonosobo, Jawa Tengah.
- Rajaselvam RJ, HPM Gunasena and JR Chamberlain. 1996. Reproductive biology of *Calliandra calothyrsus* in relation to its seed production in Sri Lanka. In D0 Evans, ed. International Workshop on hthe Genus *Calliandra*. Forest, Farm, and Community Tree Research Reports (Special issue). Winrock International. Morrilton, Arkansas, USA. p. 41-48.
- Roshetko JM, D0 Lantagne, MA Gold, B Morikawa, and S. Krecik. 1996. Recommendations for establishing and managing *Calliandra calothyrsus* as a fodder resource in Jamaica. In D0 Evans, ed. International Workshop on the Genus *Calliandra*. Forest, Farm, and Community Tree Research Reports. (Special issue). Winrock International. Morrilton, Arkansas, USA. p.168-179.

- Sila AM. 1996. *Calliandra* for community development in Sulawesi. In D. O. Evans, ed. International Workshop on the Genus *Calliandra*. Forest, Farm, and Community Tree Research Reports (Special issue). Winrock International. Morrilton, Arkansas, USA. p. 134-36.
- Soedarsono R, AG Gintings and I Samsuudin. 1996. Historical introduction of *Calliandra* in Indonesia. LIPI Bogoriense. Bogor.
- Stavi I. dan Lal R. 2013. Agroforestry and Biochar to offset climate change: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33: 81-96.
- Widyaningsih R, 2013. Pelet Kayu, Bahan Bakar Alternatif Rendah Emisi, web REDD-Indonesia dikelola oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (FORDA) Kementerian Kehutanan





**Kerjasama:**

BALAI BESAR PENELITIAN BIOTEKNOLOGI DAN PEMULIAAN TANAMAN HUTAN  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN  
dan  
DIREKTORAT JENDERAL BINA USAHA KEHUTANAN

Didukung oleh:



ISBN: 978-602-7672-52-9

