

Inovasi Teknologi Pertanian Mendukung Pengembangan Bahan Bakar Nabati¹

Bambang Prastowo²

ABSTRAK

Penggunaan energi nasional kita masih sangat boros. Hal ini ditunjukkan dengan masih tingginya perbandingan antara tingkat pertumbuhan konsumsi energi dibandingkan dengan tingkat pertumbuhan ekonomi nasional atau biasa disebut elastisitas energi. Dibandingkan dengan negara-negara lain seperti Jepang dan Amerika Serikat yang hanya 0,10 dan 0,26, elastisitas energi nasional Indonesia masih tinggi, yaitu sekitar 1,84. Berkenaan dengan pengelolaan energi ini, pemerintah juga telah mengeluarkan kebijakan energi nasional melalui terbitnya Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional yang antara lain menetapkan sasaran penggunaan bahan bakar nabati menjadi lebih dari 5 % terhadap konsumsi energi nasional pada tahun 2025.

Bahan bakar nabati adalah sejenis bahan bakar yang bahan bakunya bisa berasal dari berbagai sumber daya nabati yaitu kelompok minyak dan lemak seperti minyak sawit, minyak kelapa, minyak kanola, minyak kedelai, kacang tanah, jarak pagar. Ditinjau dari bentuknya, bahan bakar nabati bisa berbentuk padat, gas atau cair. Seperti bahan bakar minyak (BBM), BBN cair adalah yang paling luas dan paling fleksibel penggunaannya sampai saat ini. Penggunaan BBN cair sudah mulai dicoba dan kompor khusus untuk inipun sudah ada yang mencoba. Puslitbangun mencoba kompor protos untuk minyak jarak, CPO dan minyak kelapa, dan power yang dihasilkan tidak banyak perbedaan. Sedangkan untuk bungkil jarak pagar, bukan hanya minyaknya yang dapat dimanfaatkan. Bungkil hasil dari pemerasan biji jarak pagar masih bisa diproses menghasilkan biogas.

Pengembangan inovasi teknologi pertanian terutama yang mendukung pengembangan sumber bahan bakar nabati terus dilakukan, walaupun selama ini lebih banyak ditujukan untuk pengembangan komoditasnya itu sendiri. Bagi komoditas seperti kelapa sawit, tebu dan ubikayu relatif teknologinya sudah lebih tersedia dibandingkan dengan jarak pagar. Sampai saat ini, keempat komoditas tersebut sebenarnya sudah tersedia varietas/benih unggulnya. Oleh karena itu, penerapan teknologi yang benar hendaknya tetap menjadi perhatian kita, agar masyarakat dapat memperoleh manfaat dari usaha tani komoditas komoditas tersebut, termasuk alat-alat dan mesin-mesin yang dapat digunakan untuk itu.

Kata Kunci : *bahan bakar nabati, kompor minyak nabati, reaktor biogas, biomasa*

¹ Disampaikan dalam Gelar Teknologi dan Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008 di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta 18-19 November 2008.

² Peneliti Utama Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, e-mail: bprastowo@gmail.com ; prastowo@deptan.go.id

A. PENDAHULUAN

Masalah energi nasional yang mendasar saat ini adalah kecenderungan konsumsi energi fosil yang semakin besar, energi mix yang masih timpang, dan harga minyak dunia yang tidak menentu. Energi mix adalah proporsi berbagai jenis energi yang digunakan secara nasional. Adanya ketimpangan energi mix menyebabkan terjadinya penggunaan salah satu jenis energi yang terlalu dominan. Pada tahun 2003 penggunaan energi yang berasal dari minyak bumi masih sekitar 54,4 %, sedangkan porsi sisanya menggunakan lebih dari empat jenis energi lainnya, yaitu gas bumi, batubara dan lainnya. Secara lebih rinci, proporsi penggunaan gas bumi adalah 26,5 %, batubara 14,1 %, tenaga air 3,4 %, panas bumi 1,4 %, sedangkan penggunaan energi lainnya termasuk bahan bakar nabati atau biofuel hanya sekitar 0,2 % (Menteri Koordinator Bidang Perekonomian, 2006). Artinya, Indonesia sangat tergantung terutama pada ketersediaan minyak bumi. Penggunaan energi nasional juga masih sangat boros, yang ditunjukkan oleh tingginya perbandingan antara tingkat pertumbuhan konsumsi energi dibandingkan dengan tingkat pertumbuhan ekonomi nasional atau biasa disebut elastisitas energi. Dibandingkan dengan negara-negara lain seperti Jepang dan Amerika Serikat yang elastisitas energinya hanya 0,10 dan 0,26, elastisitas energi nasional Indonesia masih tinggi, yaitu sekitar 1,84. Ketimpangan energi mix dan masih tingginya elastisitas energi secara nasional ini mengakibatkan beban nasional semakin berat, sehingga memerlukan langkah-langkah strategis untuk mengatasinya.

Agenda nasional mengenai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam jangka pendek 5 tahun ke depan juga telah menyinggung masalah energi, terutama adalah pengembangan energi terbarukan (Kadiman, 2006). Hal ini tentu sejalan dengan langkah-langkah strategis untuk mengatasi masalah energi nasional. Jika disinggung masalah energi terbarukan, maka selain sumber energi alternatif seperti angin, surya, gelombang dan lainnya, tentu juga akan mengarah kepada sumber alternatif lainnya yaitu bahan bakar nabati (BBN), khususnya komoditas asal tanaman perkebunan. Seperti juga saat Indonesia mengalami krisis moneter, maka pertanian masih menjadi salah satu andalan dalam mengatasi masalah energi secara nasional. Hal antara lain dicerminkan dengan terbitnya Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional yang antara lain menetapkan sasaran penggunaan bahan bakar nabati menjadi lebih dari 5 % terhadap konsumsi energi nasional pada tahun 2025. Oleh karena itu, percepatan inovasi teknologi pertanian harus terus dilakukan untuk mendukung pencapaian target penggunaan bahan nabati tersebut.

1. Bahan Bakar Nabati

Bahan bakar nabati (BBN) adalah semua bahan bakar yang berasal dari minyak nabati. Bahan bakar nabati adalah semua bentuk minyak nabati, yang dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar, baik dalam bentuk esternya (biodiesel) atau anhydrous alkoholnya (bioetanol) maupun minyak nabati murninya (Pure Plant Oil atau PPO). Dengan beberapa persyaratan tertentu, biodiesel dapat menggantikan solar, bioetanol dapat menggantikan premium, sedangkan bio-oil dapat menggantikan minyak tanah.

Nilai ekonomi suatu sumber energi tidak hanya ditentukan oleh besarnya energi yang dapat diperoleh dari sumber itu, tetapi juga oleh bentuk final penyerahannya kepada konsumen akhir. Dalam hal ini perlu dicatat bahwa dua bentuk final utama dari energi komersial adalah bahan bakar dan listrik (kalor atau "heat") juga dapat merupakan bentuk final, tetapi biasanya hanya dimanfaatkan (ditransaksikan) di lokasi pembangkitan (Soerawidjaja, 2006). Di antara aneka bahan bakar, yang berwujud fasa cair adalah yang paling bernilai ekonomi tinggi, karena berenergi spesifik (energi/satuan volume) besar, mudah ditangani, dibawa dan ditransportasikan secara efisien serta aman, sehingga berperan dominan dalam sektor transportasi dan pembangkitan listrik dengan motor-motor bakar portabel. Berdasarkan pengertian seperti ini, maka komoditas pertanian khususnya perkebunan memiliki banyak jenis yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif atau sebagai sumber bahan bakar nabati. Komoditas tersebut terutama adalah tanaman yang dapat menghasilkan minyak lemak nabati, yang secara mudah dapat diubah menjadi biodiesel maupun digunakan langsung (**Tabel 1**).

Pembeda dalam memilih tanaman penghasil BBN antara lain nilai-nilai bakar hasil minyaknya, yang parameternya dapat berupa : titik bakar, kekentalan, nilai kalori dan lainnya (**Tabel 2**) Titik bakar dari semua minyak nabati adalah jauh lebih tinggi dibandingkan minyak tanah maupun solar. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi peralatan jika ingin memanfaatkan minyak nabati tersebut.

Tabel 1. Beberapa Jenis Tanaman Penghasil Minyak Lemak Nabati

Indonesia	Inggris	Latin
Sawit	Oil Palm	<i>Elaeis guineensis</i>
Kelapa	Coconut	<i>Cocos nucifera</i>
Alpukat	Avocado	<i>Persea americana</i>
Kacang Brazil	Brazil nut	<i>Bertholletia excelsa</i>
Kacang Makadam	Macadamia nut	<i>Macadamia ternif.</i>
Jarak Pagar	Physic nut	<i>Jatropha curcas</i>
Jojoba	Jojoba	<i>Simmondsia californica</i>
Kacang Pekan	Pecan nut	<i>Carya pecan</i>
Jarak Kaliki	Castor	<i>Ricinus communis</i>
Zaitun	Olive	<i>Olea europea</i>
Kanola	Rapeseed	<i>Brassica napus</i>
Opium	Poppy	<i>Papaver somniferum</i>

Sumber : Soerawidjaja, 2006

Tabel 2. Nilai Beberapa Minyak Nabati dan Minyak Fosil

Jenis Minyak	Titik Bakar (oC)	Kekentalan (10 ⁻⁶ m ² /s)	Iodine Value	Saponification Value	Gross Calorification (MJ/Kg)
Jarak Pagar	340	75,7	103,0	198,0	39,65
Kelapa	270-300	51,9	10,4	268,0	37,54
Kelapa Sawit	314	88,6	54,2	199,1	39,54
Rapeseed	317	97,7	98,6	174,7	40,56
Bnga Matahari	316	65,8	132,0	190,0	39,81
Minyak Tanah	50-55	2,2	-	-	43,50
Minyak Solar	55	2-8	-	-	45,00

Sumber : Lide dan Frederikse, 1995 dalam Mühlbauer et al. (1998).

Selain nilai bakar minyak tersebut, pemilihan jenis tanaman penghasil BBN juga atas pertimbangan penggunaan sehari-hari hasil tanaman tersebut, antara lain pilihan antara untuk

pangan atau pakan dan lainnya. Berdasarkan hal ini maka BBN asal jarak pagar memiliki beberapa kelebihan. Keuntungan yang dimiliki jarak pagar dibandingkan dengan tanaman lainnya karena tanaman ini hanya memiliki sedikit fungsi lain dan terbatas, sehingga persaingan penggunaannya juga terbatas. Berbeda dengan tanaman lainnya seperti kelapa sawit, ubikayu, sorgum dan kelapa, memiliki fungsi lain yang sangat penting yaitu sebagai bahan pangan. Kenaikan permintaan pangan akan meningkatkan harga jenis tanaman tersebut, akibatnya harga komoditi tersebut sebagai sumber BBN juga akan semakin mahal. Hal ini tidak dialami tanaman jarak pagar, oleh karena itu peluang pengembangannya cukup baik. Prioritas berikutnya adalah minyak asal kelapa maupun kelapa sawit antara lain untuk alternatif minyak solar dan ubikayu untuk alternatif minyak premium. Pertimbangannya karena tersedianya tanaman tersebut hampir di seluruh tempat di Indonesia, terutama tanaman kelapa. Walaupun tanaman tersebut juga untuk keperluan pangan, tetapi ketersediaannya yang melimpah perlu mendapat perhatian serius. Tentu saja pertimbangan proporsi penggunaan antara pangan atau energi harus selalu menjadi acuan.

Inovasi teknologi telah dilakukan terhadap komoditas penghasil bahan bakar nabati tersebut. Teknologi pertanian untuk kelapa sawit dan ubikayu relatif lebih tersedia dibandingkan dengan kelapa maupun jarak pagar. Luas areal tanaman kelapa sawit adalah lebih dari 5,5 juta ha, dengan total produksi CPO sekitar 17 juta ton. Konsumsi CPO di dalam negeri hanya sekitar 4 juta ton dan lainnya sekitar 13 juta diekspor dan sebagian untuk pembuatan biodiesel (Ditjenbun, 2008). Data tahun 2008 saat ini dengan dukungan varitas unggul kelapa sawit seperti Deli Dura x Pisifera Dolok Sinumbah, Deli Dura x Pisifera Bah Jambi, Deli Dura x Pisifera Marihat, Deli Dura x Pisifera lame, Deli Dura x Pisifera Yangambi, Deli Dura x Pisifera AVROS dan lainnya. Dibandingkan dengan komoditas yang lain, kelapa sawit telah memiliki teknologi yang lebih memadai.

Luas kelapa saat ini diperkirakan 3,5 juta ha, dengan dukungan varitas unggul yang cukup banyak, antara lain varitas Tenga, Palu, Genjah Salak dan lainnya. Ketersediaan varitas-varietas hasil inovasi tersebut cukup untuk pengembangan selanjutnya jika diinginkan. Kendalanya adalah bahwa saat ini 20 % pertanaman kelapa di Indonesia memerlukan rehabilitasi dan peremajaan, karena selama ini kurang perawatan. Untuk ubikayu, walaupun total luas pertanaman secara nasional saat ini hanya sekitar lebih dari satu juta ha, tetapi varietas-varietas unggul yang tersedia dan cocok untuk pembuatan bioetanol cukup memadai, seperti misalnya Adira-4, UJ-3 dan UJ-5, serta Malang-6 dan lainnya (Wargiono et al., 2001).

Daya adaptasi tanaman ubikayu yang cukup tinggi hampir di semua wilayah Indonesia memberi peluang besar bagi pemanfaatan ubikayu untuk memproduksi bahan bakat nabati.

Seperti telah dijelaskan, tanaman penghasil bahan berikutnya adalah tanaman jarak pagar. Tanaman ini tanaman non edibel, sehingga diharapkan tidak akan bersaing terlalu banyak dengan produksi pangan. Sedangkan tanaman jarak pagar, walaupun pada tahun 2008 ini luas tanaman jarak pagar di seluruh Indonesia diperkirakan hanya sekitar 130 ribu ha (Timnas BBN, 2008), tetapi lahan yang sesuai untuk tanaman ini sebenarnya cukup luas. Lahan yang sangat sesuai untuk tanaman jarak pagar ada sekitar 5,5 juta ha, dan bahkan baru saja selesai peta kesesuaian lahannya (Alollerung et al. 2006; Mulyani dan Las, 2008). Peta ini masih perlu ditumpang-tindih dengan peta peruntukan yang sudah ada dan masterplan daerah sehingga luasannya akan lebih rendah dari itu.

Bibit unggul jarak pagar juga sudah tersedia sejak tahun 2006, yaitu IP-1 dengan potensi hasil 4-5 ton/ha tersedia sejak tahun 2006, dan IP-2 dengan potensi sekitar 6-8 ton/ha tersedia sejak tahun 2007 (Hasnam et al., 2007 dan 2008). Adanya peta kesesuaian lahan tersebut menunjukkan bahwa tidak semua lahan apalagi lahan kritis sesuai untuk jarak pagar. Tanaman jarak pagar memang masih dapat tumbuh di lahan kritis, tetapi tidak akan menghasilkan buah, sedangkan untuk menghasilkan bahan bakar nabati diperlukan buah yang banyak, oleh karena itu perawatan yang memadai tetap diperlukan.

B. INOVASI TEKNOLOGI UNTUK PENGEMBANGAN BAHAN BAKAR NABATI

Penggunaan langsung minyak murni maksudnya adalah penggunaan minyak hasil tanaman (*pure plant oil* atau *crude oil*) tanpa perlu proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi memerlukan biaya tambahan dibandingkan jika hanya menggunakan minyak murni. Pembuatan biodiesel melalui proses transesterifikasi memerlukan metanol sebagai katalisator. Semakin banyaknya produksi biodiesel dan mahalnya metanol akan menjadi kendala tersendiri. Walaupun demikian, tetap ada pilihan teknologi dengan skala kecil untuk dapat memproses biodiesel. Puslitbangbun Bogor bekerjasama dengan ITB Bandung telah mengembangkann mesin pemroses minyak babati menjadi biodiesel skala kecil, dengan kapasitas sekitar 100 liter per hari. Ukuran ini diarahkan untuk keperluan kelompok tani dan keperluan sekitarnya. Teknologi untuk proses transesterifikasi sebenarnya sudah cukup tersedia, termasuk peralatannya, yang sebenarnya tidak terlalu rumit.

Jika tujuannya adalah membantu masyarakat kelas rendah pengguna minyak tanah, maka minyak murni menjadi pilihan, karena pengguna utama biodiesel adalah sektor transportasi, termasuk masyarakat kelas menengah ke atas penggunaan kendaraan bermotor. Secara nasional memang penggunaan bahan bakar minyak asal fosil (BBM) adalah sektor transportasi. Jadi juga tidak salah jika pemerintah ingin mengatasi hal ini. Kedua pilihan tersebut masing-masing memiliki kendala dan persyaratan. Titik bakar yang cukup tinggi dari minyak nabati (crude oil) memerlukan proses pembakaran tertentu untuk menghasilkan penyalaan yang baik. Oleh karena itu memerlukan peralatan atau kompor khusus, yang sebenarnya tidak terlalu sulit untuk dibuat dan dicoba-coba.

Menurut sifatnya, maka minyak nabati harus dalam bentuk kabut atau uap agar dapat terbakar secara baik. Jadi minyak harus mendapat tekanan yang cukup sebelum kemudian disemprotkan bersamaan dengan proses pemanasan awalnya sehingga kabut atau uap minyak dapat terbakar secara baik. Hal ini memerlukan kompor yang memiliki tabung bertekanan cukup (sekitar 2 – 3 bar). Kompor semacam ini sudah banyak digunakan oleh para penjual jajanan atau kaki lima, tetapi biasanya menggunakan minyak tanah. Sifat fisikokimia yang berbeda menyebabkan kompor semacam ini harus dimodifikasi agar dapat digunakan untuk BBN dalam bentuk minyak kasar (crude oil). Bentuk khusus nozzle diperlukan untuk mempermudah pembersihan sisa-sisa pembakarannya. Jika dipakai nozzle kompor semawar seperti yang dipakai kaki lima, dapat dipastikan tidak akan tahan lama karena segera akan buntuk karena sisa pembakaran.

Reksowardojo et al. (2006) pernah mencoba memodifikasi kompor tekan yang awalnya untuk minyak tanah. Hasilnya menunjukkan bahwa untuk penyalaan awal memang lebih lama dibandingkan jika menggunakan minyak tanah. Hal ini wajar, karena titik bakar minyak jarak lebih tinggi dibandingkan minyak tanah. Rancangan yang berbeda sudah dicoba dan berhasil dipakai dengan BBN asal kelapa, bunga matahari dan jarak pagar (Muhlbaur et al., 1998 ; Mueller et al., 2006). Jenis rancangan kompor yang cocok masih terus dicoba secara luas dan mendalam agar penggunaan BBN dalam bentuk minyak murni dapat bermanfaat bagi rumah tangga masyarakat kelas bawah di Indonesia. Kompor jenis ini dikenal dengan nama protos, yang dikembangkan oleh Universitas Hohenheim, dan saat ini bekerjasama dengan Puslitbangbun dicoba dikembangkann di Indonesia dan saat ini sedang disiapkan produksi masalnya oleh perusahaan Bosh-Siemen di Indonesia. Kompor ini dapat digunakan dengan bahan bakar nabati asal kelapa, kelapa sawit dan jarak pagar (Bambang,

2007). Power yang dihasilkan dari ketiganya tidak banyak berbeda. Masyarakat sebagai panelis pengguna lebih banyak menyukai bahan bakar nabati asal jarak pagar untuk kompor ini. Alasan utamanya adalah residu pembakaran yang lebih mudah pembersihannya. Titik bakar (fuel ignition point) dari BBN yang lebih tinggi dibandingkan minyak tanah atau solar (Tabel2) menyebabkan perlunya pemanasan awal pada penggunaan kompor tekan tersebut. Hal ini sama seperti halnya pemakaian lampu petromak. Penggunaan kompor tekan dengan bahan bakar minyak tanah juga masih memerlukan pemanasan awal, hanya waktu pemanasannya lebih cepat karena titik bakar minyak tanah lebih rendah dibandingkan minyak jarak pagar maupun minyak kelapa.

Inovasi teknologi sebenarnya diperlukan bukan hanya untuk pemanfaatan minyak nabatinya. Seperti diketahui bahwa dalam proses pengambilan minyak nabati, misalnya pada pengepresan biji jarak pagar, akan dihasilkan hasil samping berupa biomasa padat atau bungkil (seed cake) yang sebenarnya masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Dengan kandungan minyak pada biji jarak unggul IP-1 dan IP-2 sekitar 35 % (ekstraksi), maka setelah dipres akan menghasilkan sekitar 28 % minyak kasar, sehingga dalam bungkil jara pagar masih terdapat sekitar 7 % minyak. Oleh karena kandungan minyak hanya 35 %, maka sedikitnya masih terdapat bungkil 65 % dari hasil panen jarak pagar yang masih dapat dimanfaatkan, baik secara dibakar langsung, diproses lagi maupun lainnya dalam bentuk briket.

Untuk diproses lebih lanjut, bungkil ini dapat dimasukkan ke dalam tangki reaktor kecil sederhana untuk menghasilkan biogas. Setelah beberapa hari dan dicampur sedikit air dengan kotoran ternak sebagai pemicu proses digestasi, maka dalam satu sampai dua bulan, sudah dapat dihasilkan biogas. Sebagai contoh untuk 224 kg reaktor dapat menghasilkan sekitar 112 m³ biogas dalam selama tiga bulan. Kualitas gas yang dihasilkan dapat ditunjukkan dengan penggunaannya untuk menanak air sejumlah 3 liter dalam waktu 14 menit (Balittri, 2008), atau minimal setara dengan 2 Mjoule per tiga bulan. Sebagai perbandingan, untuk mendidihkan air sejumlah 4 liter dengan menggunakan kompor minyak nabati memerlukan waktu 11-12 menit atau 9-10 menit jika menggunakan kompor minyak tanah.

Melalui inovasi teknologi keteknikan pertanian, pemanfaatan bahan bakar nabati tidak terbatas dalam bentuk cairnya, tetapi juga bentuk padatan dan bahkan bentuk gas. Perancangan peralatan pertanian untuk keperluan ini sudah mulai dikembangkan, dan

sebaiknya terus dilanjutkan agar potensi tanaman penghasil bahan bakar nabati yang sangat melimpah di Indonesia dapat lebih bermanfaat bagi masyarakat.

C. PENUTUP

Kebijakan Energi Nasional yang menetapkan sasaran penggunaan bahan bakar nabati menjadi lebih dari 5 % terhadap konsumsi energi nasional pada tahun 2025 memerlukan dukungan inovasi teknologi pertanian yang serbacakup agar bahan bakar nabati dapat dimanfaatkan secara optimal.

Ditinjau dari bentuknya, bahan bakar nabati bisa padat, gas atau cair. Seperti halnya bahan bakar minyak, Bahan Bakar Nabati (BBN) cair adalah yang paling luas dan paling fleksibel penggunaannya sampai saat ini. Inovasi teknologi peralatan untuk keperluan ini sudah mulai banyak dicobakan. Misalnya penggunaan BBN cair sudah mulai dicoba dan kompor khusus untuk inipun sudah ada yang mencoba. Puslitbangbun mencoba kompor protos untuk minyak jarak, CPO dan minyak kelapa, dengan hasil kinerja yang tidak banyak perbedaan. Sedangkan untuk jarak pagar, bukan hanya minyaknya yang dapat dimanfaatkan, karena bungkil hasil dari pemerasan bijinya masih bisa diproses menghasilkan biogas melalui pemanfaatan reaktor kecil sederhana yang direkayasa sesuai untuk kelompok tani. Briket dari bungkil jarak pagar juga dapat dimanfaatkan menggunakan kompor yang dirancang khusus untuk itu.

Inovasi teknologi terutama peralatannya yang sesuai untuk skala kecil menengah masih perlu terus dipraktekkan agar pengembangan dan pemanfaatan bahan bakar nabati dapat terus berkembang, seiring dengan makin langkanya bahan bakar asal fosil. Untuk itu inovasi untuk pengembangan bahan bakar nabati generasi kedua sudah harus mulai dikaji penerapannya di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Allorerung, D., Mahmud, Z., Rivaie, A. R., Effendi, D. S., dan Mulyani, A. 2006. Peta Kesesuaian Lahan dan Iklim Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). Lokakarya Status Teknologi Budidaya Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). Jakarta 11-12 April 2006. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Balitri. 2008. Biogas dari Bungkil Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L). Leaflet Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri (Balittri). Sukabumi.
- Bambang Prastowo. 2007. Kompor Berbahan Bakar Minyak Nabati. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 29(6): 7- 9
- Ditjenbun. 2006. Pengembangan Tanaman Perkebunan Sebagai Bahan Baku Bahan Bakar Nabati (biofuel). Departemen Pertanian. Jakarta.
- Hasnam, Zainal M, David L, Elna K, Widi R and Titik Y. 2007. Cultivtion of *Jatropha Curcas* L. In Indonesia. Puslitbangbun. Bogor
- Hasnam, Cheppy S, Sri W, Dibyo P, Edi P dan Susi ES. 2008. Populasi Komposit Jarak Pagar *Jatropha Curcas* L. IP-2P, IP-2M, IP-2^a. Puslitbangbun. Bogor.
- Kadiman, Kusmayanto. 2006. Perspektif Teknologi untuk Energi Alternatif. Kementerian Riset dan Teknologi. Jakarta.
- Lide, D.R. and H.P.R. Frederikse. 1995. CRC Handbook of chemistry and physics. CRC Press, Boca Raton, USA. Dalam Mühlbauer, W., A. Esper, E. Stumpf and R. Baumann. 1998. Plant Oil-based Cooking Stove – A Technology Update. Makalah dalam Workshop Rural Energy, Equity and Employment : Role of *Atrophy Curcas*. Harare, Zimbabwe, 13 – 15 May 1998. Scientific and Industrial Research and Development Centre (SIRDC). The Rockefeller Foundation.
- Menteri Koordinator Bidang Perekonomian. 2006. Program Aksi Penyediaan dan Pemanfaatan Energi Alternatif. Jakarta.
- Mühlbauer, W., A. Esper, E. Stumpf and R. Baumann. 1998. Plant Oil-based Cooking Stove – A Technology Update. Makalah dalam Workshop Rural Energy, Equity and Employment : Role of *Atrophy Curcas*. Harare, Zimbabwe, 13 – 15 May 1998. Scientific and Industrial Research and Development Centre (SIRDC). The Rockefeller Foundation.
- Müller J, Kratzeisen M, Weis K, Stumpf E, Mühlbauer W. 2006. *Jatropha Curcas* Derivatives as Alternative Energy Source for Households. Makalah pada Lokakarya II Status Teknologi Jarak pagar. 29 November 2006. Puslitbang Perkebunan. Bogor.
- Mulyani, Anny dan Irsal Las. 2008. Potensi Sumber Daya Lahan dan Optimalisasi Pengembangan Komoditas Penghasil Bioenergi di Indonesia. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 27 (1) :31-41

- Reksowardojo, IK. , A. Surachman, Tri Sigit.P, Ibrahim, T. H. Soerawidjaja, T. P. Brodjonegoro. 2006. Pemakaian Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) pada Kompor Bertekanan. Makalah pada Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian dan Bioenergi untuk Industri Pertanian tgl 29-30 November 2006 di Bogor.
- Soerawidjaja, Tatang H. 2006. Energi Alternatif Dari Kelapa. Konferensi Nasional Kelapa VI. Puslitbangbun. Gorontalo.
- Timnas BBN. 2008. Laporan Akhir Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati. Lokakarya Sosialisasi dan Disemisasi Pengembangan BBN. Dep. ESDM. Jakarta, 21 Juli 2008.
- Wargiono., J., Widodo Y., dan W.H. Utomo. 2001. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Indonesia – major achievements during the past 30 years. Cassava's Potential in Asia in the 21st Century: Present Situation and Future Research and Development Needs. Proc. Of the Sixth Regional Workshop held in Ho Chi Minh City, Vietnam: 259-278.