

## UJI KINERJA KOMPOR PROTOS-2

Bambang Prastowo<sup>1</sup> dan Elita R Widjaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan  
<sup>2</sup>Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian

### ABSTRAK

Penelitian dan pengembangan energi alternatif pengganti bahan bakar minyak bumi terus dikembangkan. Indonesia, sebagai negara agraris, mempunyai potensi komoditas perkebunan yang dapat dijadikan sebagai bahan baku minyak nabati untuk keperluan bahan bakar nabati (BBN). Upaya pencarian sumber bahan baku minyak nabati perlu terus dilakukan, agar komoditas bahan baku BBN tidak berkompetisi dengan produk pangan dan produk industri lainnya. Salah satu potensi komoditas perkebunan yang dapat dijadikan BBN adalah kemiri sunan. Selain rendemen minyaknya cukup tinggi, produk ini juga tidak digunakan sebagai bahan pangan. Namun demikian, penelitian kinerja minyak kemiri sunan sebagai bahan bakar masih diperlukan. Penelitian ini melakukan uji kinerja kompor Protos 2 dengan bahan bakar minyak kemiri sunan mentah. Perlakuan pendahuluan pengeringan kemiri sebelum ekstraksi menghasilkan karakteristik fisiko kimia yang berbeda. Kemiri yang dijemur dengan sinar matahari, menghasilkan minyak yang berwarna kuning dan bilangan asam yang rendah. Pengeringan dengan suhu yang tinggi mempengaruhi hasil minyak yang terekstraksi, minyak teroksidasi sehingga bilangan asamnya tinggi. Hasil pengujian kedua jenis minyak ini memperlihatkan bahwa efisiensi panas pembakaran (*thermal efficiency*) cukup tinggi, 48-53% hampir mendekati efisiensi kompor LPG 55%. Namun demikian, produk pembakaran masih mengeluarkan bau yang menyengat dan emisi NO<sub>2</sub> yang masih cukup tinggi.

**Kata kunci:** *Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw, PROTOS 2, efisiensi, pembakaran

### ABSTRACT

*Research and development of alternative energy continuously developed. Indonesia, as agricultural countries, has potential crop estate commodities that can be utilize as raw material for biofuel. Search for source of raw material for biofuel must be continuously conducted. For sustainability, biofuel raw materials commodity should not compete with food and other industrial products. One of the estate crops that can be used for biofuel is *Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw. Besides the high oil content, product of this plant cannot be use as food. But, research on the ability of this oil as fuel needs to be conducted. This research conducted by effort test of Stove Protos 2 with using crude oil of kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw). Treatment drying of kemiri sunan before extraction shows different physico-chemistry character. The sun drying method of kernels resulted in yellow oil and low acid degree. However, kernel drying with high temperature did not affect oil extraction result, oxidated oil that makes high acid degree. The second test result showed high thermal efficiency (48–53 %), nearly approaching LPG stove efficiency (55%). However, burning product still stench and high emission of NO<sub>2</sub>.*

**Keywords:** *Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw, PROTOS 2, efficiency, burning

### PENDAHULUAN

Potensi pengembangan biodiesel di Indonesia cukup besar karena disamping sebagai penghasil *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia, Indonesia juga memiliki banyak spesies tanaman yang minyaknya dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel (Soerawidjaya *et al.*, 2005). Produksi biodiesel skala besar masih bermasalah

karena belum tersedianya bahan baku dalam jumlah yang besar dengan harga yang murah. Penggunaan minyak jarak pagar sebagai bahan baku biodiesel masih menemukan kendala berkaitan dengan produksi biji jarak yang rendah. Produksi biji jarak rata-rata pada tahun kelima menurut Francis dan Becker (2001) adalah 5 ton/ha per tahun setara dengan 1.590 kg atau 1.892 liter minyak, sementara untuk minyak sawit mencapai

5.000 kg atau 5.950 liter. Masalah dalam penggunaan minyak sawit sebagai bahan baku biodiesel adalah penggunaannya berkompetisi dengan bahan pangan dan oleokimia lain. Berkenaan dengan hal tersebut diperlukan pencarian bahan baku lain berupa tanaman yang mengandung minyak dan potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku Bahan Bakar Nabati (BBN), salah satunya adalah kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw). Hal ini sesuai dengan kebijakan pemerintah yang tertuang di dalam Instruksi Presiden (INPRES) No, 1/2006, tentang pelaksanaan percepatan penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (Anonim, 2006a) dan Peraturan Pemerintah (PP) No. 5/2006 tentang rumusan berbagai kebijakan untuk pengembangan sumber energi minyak nabati yang menentukan target sumbangan minyak nabati dalam memenuhi kebutuhan energi nasional sebesar 5 % pada tahun 2025 (Anonim, 2006b).

Kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) merupakan tumbuhan yang berasal dari Filipina, saat ini banyak tumbuh secara alami di beberapa daerah di Indonesia, terutama di daerah Jawa Barat. Di Majalengka, Sumedang, dan Garut tanaman ini banyak ditemukan di areal pemakaman umum dan di pinggir jalan sebagai tanaman peneduh. Tanaman kemiri sunan yang sering disebut pula dengan nama kemiri cina, kaliki banten, kemiri mabuk, dan kemiri priangan, diklasifikasikan ke dalam divisi Magnoliophyta, kelas Magnoliopsida, ordo Malpighiales, family Euphorbiaceae, sub-family Crotonoideae, genus Aleurites, species *Aleurites trisperma*. Tanaman ini merupakan jenis tanaman yang dapat tumbuh pada daerah berketinggian rendah sampai sedang. Di Jawa Barat ditemukan tumbuh dan berproduksi dengan baik hingga ketinggian 1000 m di atas permukaan laut.

Potensi terbesar dari tanaman kemiri sunan terpadat pada buah yang terdiri dari biji dan cangkang (kulit). Pada biji terdapat inti biji (kernel) dan kulit biji. Kernel inilah yang dapat diproses untuk dijadikan minyak nabati yang sangat potensial sebagai penghasil Bahan Bakar Nabati (BBN) beserta turunan-

turunannya. Hasil pengamatan Pranowo *et al.* (2009), pada umur tua tanaman ini mampu berproduksi lebih dari 300 kg/pohon/tahun, sangat prospektif sebagai tanaman penghasil bahan bakar nabati. Bijinya yang beracun seperti pada jarak pagar (*Jatropha curcas* L.), menjadikan tanaman ini tidak bersaing dengan tanaman pangan sebagai penghasil minyak nabati.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah dua jenis minyak kemiri sunan yaitu sampel 1 dan sampel 2. Kedua sampel tersebut mempunyai perlakuan yang berbeda dalam proses pra-ekstraksi, yaitu pengeringan dan pengupasan cangkang. Perlakuan sampel 1, tanpa pengupasan cangkang dan dilakukan pengeringan dengan pengovenan (suhu oven lebih dari ~30 C). Sedangkan pada sampel 2 dilakukan pengupasan cangkang dan pengeringan dengan penjemuran matahari (< ~30 C). Uji kinerja pada kompor dilakukan dengan menggunakan kompor minyak nabati, PROTOS 2. Kompor Protos terdiri dari pengatur aliran minyak, rangka, cawan pemanas awal dan inovasi pada *burner* (Gambar 1). Kelengkapan kompor adalah tangki tabung minyak bertekanan dan pompa untuk mengatur tekanan pada tabung. Prinsip kerjanya pada dasarnya adalah sebagai berikut : tangki diisi dengan minyak, kemudian *burner* dipanaskan terlebih dahulu (*pre-heated*) dengan menggunakan alkohol/spirtus. Tangki diberi tekanan sehingga minyak dapat naik ke vaporizer. Pemanasan pada vaporizer merubah cairan minyak menjadi campuran gas. Gas tersebut kemudian keluar lewat nozel, bercampur dengan udara sekitar area pembakaran, menghasilkan api pembakaran yang bersih.

Metode Sampel minyak kemiri sunan diuji sifat fisik dan kimianya di laboratorium Pengujian Balai Besar Pasca Panen, Bogor. Uji performansi kompor dilakukan dengan menggunakan metode pendidihan air (*water boiling test*) untuk mengetahui efisiensi panas kompor (*thermal efficiency*) yang digunakan untuk mendidihkan air (Bailis *et al.*,

2007). Empat liter air dididihkan pada panci alumunium berukuran 4 liter. Pengamatan suhu air dilakukan menggunakan *thermocouple* tipe-K yang diletakkan pada

bagian tengah air. Percobaan dilakukan dengan 3 kali ulangan. Efisiensi kompor dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{m_{wi} C_{pw} (T_e - T_i) + m_{w,evap} H_l}{m_f H_f} \dots\dots\dots 1$$

di mana :  $\eta$  = efisiensi

$m_{wi}$  = masa air awal (kg)

$C_{pw}$  = panas spesifik air (kJ.kg<sup>-1</sup> K)

$T_e$  = suhu air mendidih (K)

$T_i$  = suhu awal air (K)

$m_{w, evap}$  = masa air yang menguap (kg)

$H_l$  = Panas latent penguapan (kJ.kg<sup>-1</sup>)

$m_f$  = massa bahan bakar yang digunakan (kg)

$H_f$  = nilai kalor bahan bakar (kJ.kg<sup>-1</sup>)

Konsumsi bahan bakar diukur dengan cara meletakkan tangki minyak disimpan di atas timbangan digital selama kompor dinyalakan. Konsumsi bahan bakar dihitung berdasarkan selisih berat tangki sebelum dan sesudah penyalaaan.

Pada penelitian ini, dilakukan juga uji emisi kompor dengan menggunakan metode cerobong (*hood method*) (Ballard-Tremeer dan Jawurek, 1999). Sampel gas emisi pembakaran diambil pada kondisi nyala kompor stabil. Sampel gas tersebut kemudian dianalisis di Laboratorium IPB Terpadu. Emisi gas yang dianalisis adalah NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> dan CO.

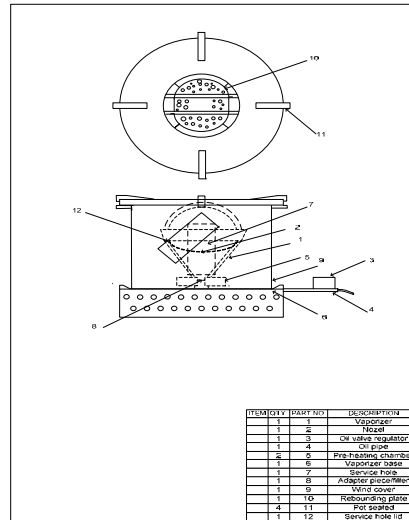
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sifat Fisik & Kimia Minyak Kemiri Sunan Minyak kemiri sunan yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari dua sampel yang mendapat perlakuan pengeringan berbeda sebelum dilakukan ekstraksi. Sampel 1 merupakan minyak biji kemiri sunan biji tanpa dikupas, sedangkan sampel 2, merupakan minyak biji kemiri sunan yang dikeringkan dengan sinar matahari dan dikupas. Secara kasat mata, penampakan kedua jenis sample minyak ini berbeda

(Gambar 2). sampel minyak 1, berwarna coklat kehitaman, sedangkan sampel minyak 2, berwarna kuning. Tabel 1 memperlihatkan uji laboratorium sifat fisik dan kimia minyak kemiri sunan yang digunakan pada percobaan ini

Hasil pengujian sifat fisik dan kimia minyak kemiri sunan ini memperlihatkan bahwa nilai kalori kedua sampel tidak terlalu berbeda. Namun perbedaan sangat terlihat pada bilangan asam, bilangan iodine dan FFA. Minyak kemiri sunan yang dikeringkan dengan sinar matahari mempunyai nilai yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan pengeringan menggunakan oven. Bilangan asam, FFA dan iodine sangat berpengaruh terhadap karakteristik biodiesel yang dihasilkan dengan proses transesterifikasi. Pada proses pembuatan biodiesel, bilangan asam digunakan sebagai acuan jumlah KOH yang dibutuhkan untuk menetralisasi asam lemak bebas. Semakin besar bilangan asam, menunjukkan kandungan asam lemak bebas yang semakin tinggi.

Asam lemak bebas yang tinggi, mempengaruhi jumlah dan kualitas biodiesel yang dihasilkan.



Gambar 1. Bagian-bagian Kompor Protos 2



(Sampel 1)



(Sampel 2)

Gambar 2. Minyak kemiri sunan yang digunakan dalam penelitian

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia minyak kemiri sunan

No	Jenis Analisis	Metode	No. Sampel		Satuan
			1	2	
1	Total Kalori	Kalkulasi	895,0	896,0	KKal/100g
2	Kadar Air	Gravimetri	0,54	0,44	
3	Kadar Abu		0,14	0,14	%
4	Residu Carbon		Spektro	85,85	90,28
5	Kekentalan	Rheometri	150,0	137,6	Cp
6	Bilangan Iodine	Titrasi	42,80	28,67	-
7	Bilangan Asam		34,53	1,71	-
8	FFA		17,36	0,86	%
9	P		ttd	ttd	Mg/100g
10	Mg	AAS	3,22	3,40	
11	Ca		8,86	7,20	ppm

Keterangan : Viskositas diukur dengan spindle no 2, FFA dihitung sebagai oleat

Tabel 2. Hasil uji efisiensi panas minyak kemiri sunan pada kompor PROTOS 2

Ulangan	Waktu pendidihan (menit : detik)		Konsumsi minyak (gram)		Efisiensi Panas (%)	
	Sampel1	Sampel2	Sampel1	Sampel2	Sampel1	Sampel2
1	14:27	10:00	67	56	48,53	56,41
2	11:52	11:23	65	57	50,03	55,42
3	13:25	11:59	68	67	47,82	47,15
Rata-rata	13:14	11:07	66,67	60,00	48,79	52,99

Tabel 3. Uji Emisi Kompor Protos 2 Bahan Bakar Kemiri Sunan

Uraian	Hasil	Satuan	Metode
Nitrogen Dioxide, NO <sub>2</sub>	1.21	mg/m <sup>3</sup>	Spectrometry (Griess Saltzman)
Sulfur Dioxide, SO <sub>2</sub>	0.004	mg/m <sup>3</sup>	Spectrometry (Pararosanilin)
Carbon Dioxide, CO <sub>2</sub>	6024.32	mg/m <sup>3</sup>	Titrimetry (Sodium Carbamate)
Carbon Monoxide, CO	30	ppm	Kit Tube Detector

Bersama dengan bilangan iodine, dapat diketahui tingkat kestabilan minyak nabati atau biodiesel terhadap oksidasi. Bilangan iodine biasanya digunakan untuk mengetahui kestabilan sifat kimia bahan bakar terhadap oksidasi, terutama pada produk biodiesel. Minyak nabati yang mempunyai bilangan iodine yang tinggi, mempunyai kecenderungan menjadi gliserol pada proses transesterifikasi, sehingga hasil biodiesel yang didapatkan lebih rendah. Berdasarkan hasil penelitian ini, terlihat bahwa kemiri sunan sangat rentan terhadap panas. Pengeringan menggunakan oven dengan suhu lebih dari 30 °C, menghasilkan minyak yang rantainya mudah teroksidasi. Namun demikian, sebagai bahan perbandingan minyak jarak pagar mempunyai bilangan iodine yang lebih tinggi yaitu : IP-1 (51.86), IP-2 (99-100), , bilangan iodine Rapeseed oil, 94-120 dan minyak kedele : 117-143. Bilangan asam minyak jarak pagar IP-1 adalah 4.2 dan Jarak pagar IP-2 13.17 (Prastowo, *et al.*, 2008a).

Tingkat kekentalan minyak kemiri sunan sampel 2 lebih rendah dibandingkan dengan sample 1. Namun demikian, kedua

sampel minyak kemiri sunan mempunyai tingkat kekentalan 2-4 kali lebih kental jika dibandingkan dengan minyak jarak yang mempunyai kekentalan 33 -78 cP. Uji kinerja minyak kemiri sunan pada kompor minyak nabati Kompor Protos merupakan kompor yang dirancang khusus untuk bahan bakar minyak nabati yang mempunyai titik bakar yang lebih tinggi. Kompor bertekanan rancangan Universitas Hohenheim Jerman ini memiliki prinsip rancangan membuat minyak terevaporasi lebih dahulu, kemudian keluar dari nozel dan terbakar (Stumpf dan Muhlbauer, 2002).

Performansi pindah panas bahan bakar dapat dinyatakan dalam efisiensi panas yang dipindahkan dengan menggunakan metode pengujian pendidihan air (*water boiling test*). Nilai efisiensi panas adalah perbandingan panas yang digunakan untuk mendidihkan air dibandingkan dengan energi potensial konsumsi bahan bakarnya. Pada pengukuran efisiensi ini, nilai efisiensi ini sekaligus merupakan gabungan dua jenis efisiensi yaitu efisiensi pembakaran minyak oleh tungku dan efisiensi proses pindah panas

dari kompor ke panci (Bhattacharya dan Abdul Salam, 2002).

Uji efisiensi pindah panas dilakukan dengan menggunakan dua jenis sampel minyak, masing-masing 3 ulangan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa minyak sampel 2 mempunyai efisiensi panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 1. Secara umum, minyak kemiri sunan mempunyai efisiensi panas yang cukup tinggi. Sebagai bahan pembanding, efisiensi panas kompor PROTOS 2 dengan bahan bakar minyak jarak adalah 41,49% - 49,53%. Sedangkan dengan bahan bakar minyak sawit, 45,92% - 53,52% (Prastowo *et al.*, 2008b). Efisiensi kompor PROTOS 2 setara dengan kompor semawar bahan bakar minyak tanah (efisiensinya 45-52%).

Sementara kompor minyak tanah rumah tangga tipe sumbu efisiensinya 38-47% (Stumpf dan Muhlbauer, 2002). Efisiensi kompor biogas bervariasi antara 40% - 65% dan efisiensi kompor LPG rata-rata 55% (Bhattacharaya dan Abdul Salam, 2002).

Hasil pengujian ini juga memperlihatkan konsumsi kedua sampel minyak kemiri sunan tidak terlalu berbeda yaitu berturut-turut 297 gram/jam untuk sampel 1 dan 290 gram/jam untuk sampel 2. Dengan demikian, *pre-treatment* ekstraksi minyak kemiri sunan tidak mempengaruhi karakteristik pembakaran minyak pada kompor.

Penggunaan minyak kemiri sunan pada kompor PROTOS 2, menghasilkan bau yang sangat menyengat dan berpotensi menyebabkan keracunan pada penggunaan yang cukup lama. Bau yang dihasilkan kemungkinan disebabkan racun yang terdapat pada minyak, yang diindikasikan oleh kandungan asam  $\alpha$ -elaeostearic yang mencapai 51% dari kandungan asam lemak yang terdapat pada minyak kemiri sunan (Tim Penelitian dan Pengembangan Minyak Nabati, 2008).

Uji Emisi kompor Emisi yang berasal dari kompor rumah tangga merupakan sumber utama polusi ruangan pada tingkat rumah tangga di negara-negara berkembang. Polusi dalam ruangan (*indoor air pollution*) memang dapat diatasi dengan ventilasi yang

baik, namun demikian, pada sistem pertukaran udara yang kurang, polusi pada ruangan dapat menyebabkan penurunan fungsi organ tubuh sampai dengan menyebabkan penyakit yang mematikan, jika emisi menumpuk dalam waktu yang lama.

Selain karakteristik bahan bakar, efisiensi panas kompor mempengaruhi tingkat emisi yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai efisiensi kompor, semakin rendah emisi yang dihasilkan. Dengan demikian perbaikan desain kompor untuk meningkatkan efisiensi akan mempengaruhi emisi yang dihasilkan.

Pada percobaan ini dilakukan pengujian emisi kompor dengan metode cerobong (*hood method*) pada penyalan kompor PROTOS 2 dengan bahan bakar minyak kemiri sunan sampel 2. Hasil uji emisi seperti pada Tabel 3.

Potensi gas penyebab emisi pada Kompor Protos 2 adalah gas CO. Gas CO merupakan produk pembakaran yang tidak komplit. Gas CO sifatnya toksik. Gas ini mempunyai efek menghambat jalannya oksigen pada darah, sehingga mengganggu jalannya oksigen ke jantung. Pada penelitian ini, emisi gas CO rata-rata 30 ppm. Emisi CO pada pembakaran minyak kemiri sunan di kompor Protos 2 lebih tinggi dibandingkan dengan emisi CO minyak jarak pada kompor Protos 2, yang kurang dari 1 ppm. Hal ini kemungkinan disebabkan tingkat kekentalan minyak kemiri sunan yang lebih tinggi, sehingga laju aliran minyak pada *vaporizer* lebih lambat. Batas ambang yang diberikan USEPA tentang standard kualitas udara (*USEPA Standard*) untuk gas CO adalah 35 ppm untuk 1 jam atau 9 ppm untuk 8 jam. Sedangkan petunjuk kualitas udara yang dikeluarkan oleh WHO (*WHO air quality guideline*), ambang batas konsentrasi CO di udara adalah 8,6 ppm. Gas emisi pembakaran lainnya adalah NO<sub>2</sub> (Nitrogen oksida). Nitrogen oksida merupakan gas yang terbentuk dari proses pembakaran pada suhu tinggi, dimana terjadi oksidasi nitrogen baik dalam bentuk NO maupun NO<sub>2</sub> (secara umum disebut NO<sub>x</sub>). Efek nitrogen oksida bagi kesehatan di antaranya dapat menyebabkan iritasi pada paru-paru, dan menurunkan kekebalan tubuh untuk mencegah penyakit

infeksi pernapasan seperti influenza. Emisi  $\text{NO}_2$  pada penelitian ini masih cukup tinggi yaitu  $1,2 \text{ mg/m}^3$ . Sedangkan petunjuk kualitas udara yang dikeluarkan oleh WHO (*WHO air quality guideline*), ambang batas konsentrasi  $\text{NO}_2$  adalah  $0,2 \text{ mg/m}^3$  untuk rata-rata 1 jam penggunaan. Namun demikian, emisi gas  $\text{SO}_2$  pada penelitian ini di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh WHO yaitu  $0,02 \text{ mg/m}^3$  untuk rata-rata 24 jam emisi atau  $0,5 \text{ mg/m}^3$  untuk 10 menit emisi.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Minyak kemiri sunan sebagai bahan bakar telah diuji kinerjanya pada kompor minyak nabati PROTOS 2. Efisiensi panas

pembakaran minyak cukup tinggi yaitu 48-52%, hampir mendekati efisiensi kompor LPG 56%. Namun demikian hasil pembakaran tercium bau yang cukup menyengat, kemungkinan berasal dari racun asam  $\alpha$ -elaeostearic yang mencapai 51%. Pada produk pembakaran ditunjukkan dengan emisi  $\text{NO}_2$  yang masih cukup tinggi. Dengan demikian apabila digunakan pada tingkat rumah tangga, dibutuhkan ventilasi yang baik agar tidak meracuni pengguna. Minyak kemiri sunan yang dikupas dan dikeringkan dengan sinar matahari menghasilkan bilangan asam dan angka iodine yang rendah, sehingga berpotensi menghasilkan rendemen biodiesel yang tinggi pada proses pembuatan biodiesel dengan sistem transesterifikasi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bailis R, D Ogle, N MacCarty dan Dean still, 2007. Water Boiling Test, Version 3. Household Energy and Health Programme, Shell Foundation. Available at [http://ehs.sph.berkeley.edu/hem/hem/protocols/WBT\\_Version\\_3.0\\_Jan2007a.pdf](http://ehs.sph.berkeley.edu/hem/hem/protocols/WBT_Version_3.0_Jan2007a.pdf). diakses 28 Februari 2008.
- Ballard-Tremeer, G dan H.H. Jawurek, 1999. The 'hood method' of measuring emissions of rural cooking devices. *Biomass and Bioenergy* 16 (1999) : 341-345.
- Bhattacharaya dan Abdul Salam, 2002. Low greenhouse gas biomass options for cooking in the developing countries. *Biomass and Bioenergy* 22 (2002) : 305-317.
- Prastowo, B. E. R. Widjaya, A D Hastono, 2008a. Studi Pengembangan Bahan untuk BBN dari komoditas Perkebunan. Laporan Akhir Kegiatan DIPA TA 2008. Pusat Penelitian Perkebunan, Bogor.
- Prastowo, B. E. R Widjaya, C Indrawanto, 2008b. Test Report : Cookstove Protos 2. Technical Report of BSH-ICERD colaboration research project.
- S. Stumpf E. dan W. Muhlbauer. 2002. Plant-oil Cooking Stove for Developing Countries. *Boiling Point* 48. p37.

Tim Penelitian dan Pengembangan Minyak Nabati, 2008. Kemiri sunan sebagai solusi krisis energi. Direktorat Perbenihan dan Sarana Produksi, Direktorat Jendral Perkebunan. [www.deptan.go.id](http://www.deptan.go.id). Diakses tgl 29 mei 2009.

World Health Organization, 2005. WHO air quality guidelines. [www.who.org](http://www.who.org). Diakses tanggal 18 Mei 2009.