

*Technical Paper***Modifikasi dan Uji Kinerja Kompor Spiral dengan Bahan Bakar Minyak Jarak Pagar***Modifications and Performance Test of Spiral Stove with Jatropha Fuel Oil*

Gatot S. A. Fatah, Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Jl. Raya Karangploso Km. 4 – Malang,
E-mail : gsafatah@gmail.com dan gsafatah@ymail.com
Soebandi, Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Jl. Raya Karangploso Km. 4 - Malang

Abstract

Energy crisis in Indonesia is still a problem that has not been fully resolved. Kerosene as the primary fuel for cooking, the price is very expensive (at Rp 8000.-/liter). Until now, the pressure cooker kerosene is still used by cake makers, bread, and noodle. By modifying the part of the cup rubbing alcohol and add a protective piping hot, the stove can be used with pressurized fuel Jatropha oil. Tobacco industry, ceramic and asphalt still use the stove. The purpose of this study is to obtain a prototype pressure cooker spiral type, fueled with jatropha oil by modifying the part of the reservoir cup rubbing alcohol, pipe and nozzle heat shield oil expenses. Modified pressure cooker and test performance using Jatropha oil is obtained as follows: the fuel consumption of 935 ml / hour; pre-heating 17 minutes; time required to boil 2 liters of water was 5 minutes; noise level of 83.3 dB and the reddish color of blue flame.

Keywords : pressure stove, jatropha oil, spiral type cooker, modification.

Abstrak

Krisis energi di Indonesia masih menjadi masalah yang belum sepenuhnya teratasi. Minyak tanah sebagai bahan bakar utama untuk memasak, harganya menjadi sangat mahal (mencapai Rp 8,000,-/liter). Sampai saat ini, kompor bertekanan berbahan bakar minyak tanah masih digunakan oleh pembuat kue, roti, dan mie. Dengan memodifikasi pada bagian cawan tempat spiritus dan menambahkan pipa pelindung panas, maka kompor bertekanan dapat digunakan dengan bahan bakar minyak jarak pagar. Industri pengovenan tembakau, keramik dan pengaspalan masih menggunakan kompor tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan prototipe kompor bertekanan tipe spiral yang berbahan bakar minyak jarak pagar dengan cara memodifikasi pada bagian cawan penampung spiritus, pipa pelindung panas dan nosel pengeluaran minyak. Hasil modifikasi dan uji kinerja kompor bertekanan dengan menggunakan minyak jarak pagar diperoleh sebagai berikut: konsumsi bahan bakar 935 ml/jam; *pre-heating* 17 menit; waktu untuk mendidihkan 2 liter air diperlukan waktu 5 menit; tingkat kebisingan 83.3 dB dan warna nyala api biru kemerahan.

Kata kunci : kompor bertekanan, minyak jarak pagar, kompor tipe spiral, modifikasi.

Diterima: 23 April 2013; Disetujui: 18 Juli 2013

Pendahuluan

Krisis energi yang terjadi di Indonesia, terutama bahan bakar minyak bumi, menjadi masalah yang sangat penting, karena menyangkut hajat hidup orang banyak. Salah satu bahan bakar tersebut adalah minyak tanah yang merupakan sumber energi utama untuk kebutuhan memasak sehari-hari. Meskipun pemerintah telah melaksanakan konversi energi dari minyak tanah ke LPG (liquid petroleum gas), namun minyak tanah tetap tidak dapat ditinggalkan karena sulitnya merubah budaya serta alasan keamanan. Menurut Prihandana *et al.* (2007), jenis energi yang digunakan untuk

memasak sebesar 70.40% berasal dari minyak tanah, kemudian listrik dan LPG masing-masing sebesar 23.71 dan 5.29%.

Beberapa Departemen/Kementerian telah melaksanakan Program Desa Mandiri Energi guna meningkatkan ketahanan energi di pedesaan dengan menggunakan potensi energi setempat meliputi bahan bakar nabati dan non bahan bakar nabati untuk memenuhi kebutuhan energi rumah tangga maupun kegiatan produktif (Ariati, 2008). Kompor tipe tekan banyak dijumpai di pasaran untuk keperluan usaha penggorengan baik jajanan maupun masakan. Selain itu juga digunakan untuk keperluan industri seperti: pengovenan tembakau

virginia, keramik, pencairan aspal dan lain-lain.

Jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan salah satu tanaman sumber minyak nabati yang mendapat perhatian untuk dikembangkan di daerah tropika. Minyak jarak pagar dihasilkan dari ekstraksi biji kering secara mekanis maupun kimiawi. Kandungan minyak dalam biji utuh berkisar 30 - 40%, sedangkan dalam *kernel* berkisar 40–50% basis kering (Soerawidjaja *et al.*, 2005; Kandpal dan Madan, 1995). Hasil ekstraksi mekanis berupa minyak mentah (*crude oil*) yang jika dijernihkan dengan pengendapan, dapat digunakan sebagai bahan bakar kompor bertekanan. Nilai kalor minyak jarak pagar sebesar 39.65 MJ/kg tidak berbeda jauh dengan minyak tanah yaitu sebesar 43.50 MJ/kg sehingga minyak nabati ini dapat digunakan sebagai pengganti minyak tanah sebagai bahan bakar (Stumpf dan Muhlbauer, 2002). Namun karena titik nyala minyak jarak pagar mencapai 340°C sehingga tidak mudah terbakar, maka diperlukan penyalaan awal lebih lama untuk operasional kompor bertekanan.

Secara kimiawi, minyak jarak pagar merupakan trigliserida yang tersusun oleh asam lemak palmitat, stearat, oleat, linoleat, dan asam lemak lainnya dengan asam lemak yang dominan yaitu oleat 44.8 % dan linoleat 34.0 % (Kandpal dan Madan, 1995).

Minyak jarak pagar yang diperoleh langsung dari pengepresan tanpa mengalami proses fisik dan kimiawi lebih lanjut biasanya masih mempunyai viskositas dan kandungan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki seperti gum yang tinggi. Minyak tersebut sulit digunakan untuk bahan bakar baik untuk keperluan rumah tangga seperti lampu penerangan maupun kompor masak, karena jika dibakar akan menghasilkan atomisasi bahan bakar yang rendah dan pembakaran yang tidak sempurna serta terbentuknya deposit karbon dan residu polimerisasi asam lemak hasil pembakaran. Dalam lampu sumbu, terbentuknya deposit karbon akan mengurangi suplai minyak dalam sumbu yang mempengaruhi nyala api (Prastowo, 2008).

Kompor bertekanan tidak dapat dioperasikan jika menggunakan bahan bakar minyak jarak kasar 100%, karena viskositas minyak jarak pagar 75.7 dan suhu pembakaran 340 °C. Agar dapat menyala dengan sempurna, fase cair dari bahan bakar harus diubah menjadi fase gas, sehingga diperlukan desain khusus terutama pada bagian pengabut. Muller *et al.* (2007) dari Hohenheim University telah mendesain kompor bertekanan dengan bahan bakar minyak nabati. Kompor tersebut dapat dioperasikan dengan baik menggunakan bahan bakar minyak jarak pagar, minyak kelapa dan kelapa sawit tanpa dicampur dengan minyak tanah. Konsumsi bahan bakar (ml/jam) untuk minyak jarak pagar sebesar 296, sedangkan berat residu karbon (g/kg BBM) untuk minyak jarak pagar sebesar 0.31.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan prototipe kompor bertekanan tipe spiral dengan

cara memodifikasi kompor tersebut yang semula menggunakan bahan bakar minyak tanah menjadi berbahan bakar minyak jarak pagar.

Metodologi

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium dan bengkel Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat di Malang, dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan Nopember 2011. Kegiatannya, yaitu memodifikasi dan menguji kinerja kompor bertekanan tipe spiral.

Bahan dan Alat Penelitian

Modifikasi dan uji kinerja kompor bertekanan tipe spiral

Penelitian dilakukan menggunakan bahan utama kompor bertekanan tipe spiral yang komponen-komponennya terdiri atas:

1. Tangki bahan bakar
2. Slang tembaga
3. Kerangka kompor
4. Vaporizer berupa spiral
5. Spuyer
6. Pipa pelindung nyala api
7. Pompa

Kegiatan yang dilakukan yaitu :

1. Memodifikasi pipa pelindung nyala api agar nyala api dapat lebih stabil selama operasional. Sebelum modifikasi nyala api kurang stabil karena udara dengan bebas menghembus nyala api tersebut, sehingga nyala api terganggu. Dengan diberikan pelindung nyala api, maka api yang keluar dari nosel lebih stabil penyalanya.
2. Menguji kinerja kompor setelah dimodifikasi dengan menggunakan bahan bakar minyak jarak pagar. Sebelum dilakukan uji kinerja kompor, maka dilakukan pengepresan minyak jarak pagar tersebut. Setelah didapatkan minyak jarak pagar maka contoh minyak tersebut dianalisa di laboratorium Kimia Analisis Universitas Brawijaya Malang. Dari analisa tersebut didapatkan data seperti pada Tabel 1.
3. Untuk mengukur konsumsi bahan bakar menggunakan cara sederhana yaitu dengan mengukur selisih volume minyak dalam tangki sebelum uji kinerja dan setelah uji kinerja selama 1 jam.
4. Waktu yang diperlukan untuk mendidihkan air diukur dengan cara mengisi panci dengan air sebanyak dua liter, kemudian dipanaskan sampai mendidih. Waktu yang diperlukan tersebut diukur dengan *stop watch*.
5. Kebisingan diukur menggunakan *digital sound level meter*, pada jarak 1 meter dari sumber api (sesuai dengan jarak telinga operator terhadap

sumber nyala api pada saat mengoperasikan kompor bertekanan).

6. Pengukuran tekanan tangki dilakukan dengan melihat secara langsung tekanan pada manometer yang dipasang pada bagian atas tangki.
7. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer suhu tinggi, termometer ini diletakkan tepat pada bagian sumber nyala api.
8. Sedangkan pengukuran kadar air, angka lemak bebas (ALB), angka asam, nilai kalor, viskositas, densitas dan flash point dilakukan di Laboratorium Motor Bakar, Fakultas Teknik Teknik Mesin, Universitas Brawijaya Malang.

Adapun bagan alir dari penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

Metode

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan kegiatan, yaitu:

1. Penyiapan bahan bakar minyak jarak pagar, dengan melakukan pengepresan biji jarak pagar dengan alat *screw press*.
2. Modifikasi kompor bertekanan tipe spiral pada bagian cawan penampung alkohol, penambahan pipa pelindung dan penerus panas api, serta nosel pengeluaran minyak.
3. Pelaksanaan uji kinerja menggunakan bahan bakar minyak jarak pagar

Sebelum dilakukan uji kinerja pada kompor tipe spiral, maka bahan bakar minyak jarak pagar, dianalisa terlebih dahulu di Laboratorium Motor Bakar, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Brawijaya Malang, agar dapat diketahui sifat fisik maupun kimianya.

Selama uji kinerja kompor bertekanan tipe spiral dilakukan pengamatan terhadap:

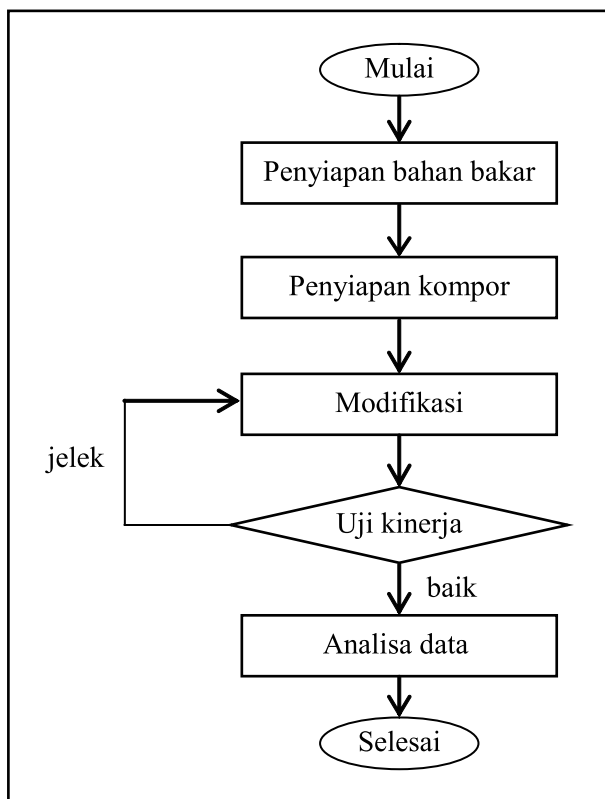
1. Warna nyala api
2. Suhu tertinggi nyala api
3. Waktu untuk mendidihkan 2 liter air
4. Konsumsi bahan bakar
5. Angka kebisingan.

Hasil dan Pembahasan

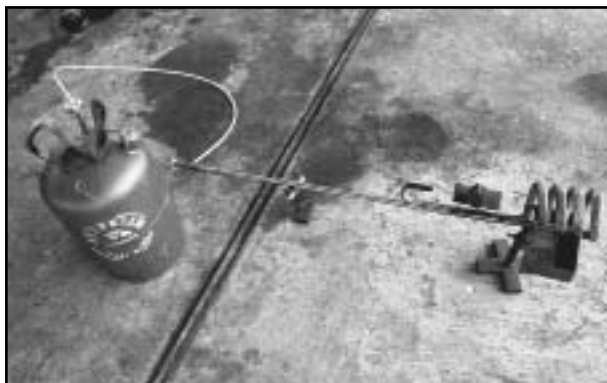
Hasil Modifikasi Dan Uji Kinerja Kompor Bros Tipe Spiral

Telah dilakukan modifikasi terhadap kompor bros tipe spiral (Gambar 2 dan 3) yang semula dioperasikan menggunakan bahan bakar minyak tanah menjadi kompor spiral berbahan bakar minyak jarak pagar. Kompor ini berbeda dengan kompor yang sebelumnya karena dimensinya yang cukup besar, agar diperoleh nyala api yang juga cukup besar.

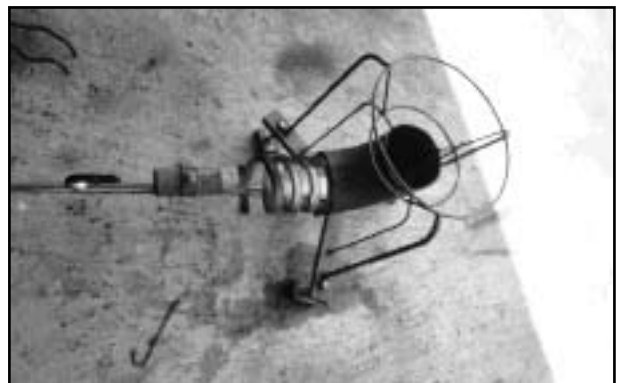
Kegiatan modifikasi yang dilakukan adalah menambah pipa pelindung dan penerus nyala api



Gambar 1. Bagan alir modifikasi kompor



Gambar 2. Kompor bertekanan tipe spiral dengan tabung.



Gambar 3. Kompor bertekanan tipe spiral saat dinyalakan.

Tabel 1. Hasil analisis kadar air, ALB, angka asam, nilai kalor, viskositas, densitas dan flash point pada minyak jarak pagar.

| Analisa | Kadar air (%) | ALB (%) | Angka asam (mgKOH/gr) | Nilai kalor (cal/g) | Viskositas (m ² /s)x10 ⁻⁴ | Densitas (g/ml) | Flash point (°C) |
|---------|---------------|---------|-----------------------|---------------------|---|-----------------|------------------|
| | 0,05 | 8,11 | 1.6 | 9.493,100 | 13.789 | 0,909 | 241 |

Tabel 2. Hasil uji kinerja kompor tipe spiral.

| Uji kompor | Konsumsi bahan bakar (ml/jam) | Pre-heating (menit) | Suhu tertinggi (°C) | Waktu mendidihkan air 2 l (menit) | Tingkat kebisingan (dB) | Warna nyala api |
|------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|
| | 935 | 17 | 405 | 5 | 83.3 | Biru kemerahan |

Adapun dimensi kompor brok tipe spiral adalah sebagai berikut :

- Panjang kompor : 98.0 cm
- Diameter spiral : 10.0 cm
- Diameter pipa penahan panas : 13.0 cm
- Panjang pipa penahan panas : 34.0 cm
- Tinggi pipa penahan panas : 31.5 cm
- Diameter nosel : 0.1 cm

Pembahasan

Untuk tahapan pengujian prototipe kompor bertekanan tipe spiral digunakan minyak yang berasal dari biji jarak pagar. Biji-biji tanaman tersebut di pres menggunakan *screw press* yang sesuai sehingga diperoleh minyak kasar (*crude oil*) yang masih tercampur dengan *sludge*. Selanjutnya minyak kasar diendapkan selama 2 hari sampai terlihat jelas adanya perbedaan tingkat kejernihan, yaitu minyak bagian atas lebih jernih dibanding bagian bawah. Minyak bagian atas kemudian dipisahkan tersendiri dan digunakan sebagai bahan bakar kompor bertekanan. Sedang bagian bawah yang banyak mengandung *sludge* tidak digunakan sebagai bahan bakar kompor bertekanan, karena terdapat banyak minyak kasar yang sulit untuk dinyalakan.

Sebelum digunakan sebagai bahan bakar kompor untuk penelitian ini, minyak jarak pagar dianalisa kadar asam lemak bebas, angka asam, nilai kalor, viskositas, densitas dan *flash point*, dan hasil analisisnya adalah sebagai berikut:

Dari hasil analisa kadar asam lemak bebas (ALB) minyak jarak pagar, diperoleh sebesar 8.11%. Kadar ALB minyak tersebut akan berpengaruh terhadap proses penyalaan, semakin tinggi ALB akan semakin sulit untuk dinyalakan. Hal demikian dimungkinkan karena minyak banyak mengandung lemak yang menyebabkan minyak semakin kental dan semakin sulit untuk dinyalakan. Selain itu angka asam sebesar 1.6 memiliki sifat korosif (SNI angka asam biodisel hanya 0.8), jika digunakan sebagai bahan bakar, maka pada suhu tinggi asam

lemak bebas bereaksi dengan logam seperti (besi, seng, timbal, mangan, kobal, dan timah) yang dapat menyebabkan kerusakan komponen yang terbuat dari bahan logam tersebut (Hidayat *et al.*, 2007).

Menurut Sudrajat (2007), tingginya keasaman disebabkan karena terjadinya proses oksidasi hasil reaksi antara faktor internal seperti kandungan asam lemak tidak jenuh berantai rangkap, enzim pemecah lemak (lipase, lipoksidase dan lipolitik), mikroba alami dari jenis bakteri, jamur dan yeast dengan faktor eksternal seperti udara, aerasi, pemanasan, air, kation logam atau bahan kimia. Untuk pengujian kompor bertekanan tipe spiral menggunakan bahan bakar minyak jarak pagar.

Uji Kinerja Kompor Spiral Bertekanan

Kompor tipe spiral yang telah dimodifikasi, dilakukan pengujian kinerja menggunakan bahan bakar minyak jarak pagar, dengan tekanan tabung sebesar 3 bar. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Konsumsi bahan bakar minyak jarak pagar hasil pengujian pada kompor tipe spiral sebesar 935 mL/jam, sedangkan kompor bertekanan tipe ITB (Reksowardojo, 2005) sebesar 336 mL/jam. Konsumsi bahan bakar kompor bertekanan tipe tabung lebih tinggi dibandingkan kompor bertekanan sebelumnya. Hal ini dikarenakan konstruksi kompor yang berbeda, pada kompor ITB menggunakan tabung *evaporator* dan nosel dimensi yang lebih kecil (Gambar 4). Di samping itu konsumsi bahan bakar dipengaruhi juga oleh besarnya diameter nosel dan besarnya tekanan udara dalam tangki bahan bakar. Kompor tipe spiral ini menggunakan nosel dengan ukuran diameter 1 mm, serta tekanan udara dalam tangki bahan bakar sebesar 3 bar. Karakter bahan bakar minyak nabati berbeda dengan bahan bakar minyak tanah pada penyalaan kompor bertekanan. Beberapa karakter tersebut antar lain viskositas, volatilitas, ketidak jenuhan dan kandungan bahan organik yang bila digunakan sebagai bahan bakar akan menghasilkan terbentuknya deposit karbon dan residu polimerisasi asam lemak hasil pembakaran. Deposit karbon dan residu polimerisasi dapat

menyebabkan penyumbatan *vaporizer* dan nosel sehingga bahan bakar minyak tidak bisa lancar keluar dari lubang nosel. Aliran bahan bakar minyak jarak pagar berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar. Untuk menanggulangi masalah terhambatnya aliran bahan bakar, biasanya dilakukan pembersihan secara berkala selama pengoperasian kompor.

Titik nyala atau *flash point* minyak jarak pagar (suhu terendah dimana uap yang timbul dari permukaan cair dapat dinyalakan oleh api terbuka) hasil uji laboratorium sebesar 241 °C, sedangkan untuk minyak tanah dari 38 – 71 °C dan untuk solar dari 65 – 116 °C (Anonim, 1999). Hal ini menunjukkan bahwa titik nyala minyak jarak pagar lebih tinggi dibandingkan minyak solar maupun minyak tanah. Oleh karena itu untuk menyalakan minyak jarak pagar diperlukan waktu yang lebih lama, sehingga modifikasi cawan penampung alkohol dibuat lebih besar. Suhu tertinggi minyak jarak pagar mencapai 405 °C, sedangkan minyak tanah 180 - 250 °C dan minyak solar 250 – 300 °C (Anonim, 2010). Dari hasil pengukuran di laboratorium menunjukkan bahwa titik nyala maupun suhu tertinggi minyak jarak pagar adalah paling tinggi dibandingkan dengan minyak tanah maupun minyak solar, dengan demikian untuk penyalaan yang memerlukan suhu tinggi, minyak jarak pagar lebih sesuai dibandingkan minyak tanah maupun minyak solar.

Pre-heating atau pemanasan awal dilakukan dengan cara memanaskan ruang *vaporizer* sampai cairan minyak jarak pagar berubah menjadi bentuk uap pada saat keluar dari nosel. Lama *pre-heating* kompor tipe spiral adalah 17 menit, hal ini disebabkan karena perubahan bahan bakar cair sampai dengan menjadi uap yang akan menyalakan api.

Tingkat kebisingan yang diukur dengan besaran desibel dari kompor bertekanan tipe spiral pada

saat penyalaan pada jarak 1 m dari pusat nyala api sebesar 83.3 dB. Suara ini ditimbulkan dari tekanan uap minyak jarak bakar yang terbakar dan mengenai ruang *vaporizer*. Warna nyala api dari lubang nosel berwarna biru kemerahan. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi pembakaran yang cukup sempurna dan hampir sama dengan warna nyala api pada kompor berbahan bakar minyak tanah.

Simpulan

1. Kompor bertekanan yang ada dipasaran seperti kompor tipe spiral yang semula berbahan bakar minyak tanah dapat digunakan menggunakan bahan bakar minyak jarak pagar dengan melakukan sedikit modifikasi terutama pada ruang tempat spiritus dan penambahan pipa penahan panas.
2. Hasil uji kompor bertekanan tipe spiral menunjukkan bahwa : konsumsi bahan bakar 935 ml/jam; *pre-heating* 17 menit; lama mendidihkan 2 liter air membutuhkan waktu selama 5 menit; tingkat kebisingan 83.3 dB dan warna nyala api biru kemerahan.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini, terutama Bapak Tohari dan Bapak Sunarno yang telah banyak meluangkan waktu untuk modifikasi dan uji kinerja kompor bertekanan tipe spiral ini.

Daftar Pustaka

- Anonim. 1999. Alat Uji Titik Nyala Bahan Bakar Cair. <https://lib.atmajaya.ac.id/default.aspx?tabID=61&src=k&id=34306> diakses tgl. 3/2/2014.
- Anonim. 2010. Hasil Pengolahan Minyak Bumi Berdasarkan Perbedaan Titik Didih. <http://sherchemistry.wordpress.com/kimia-x-2/minyak-bumi/>. diakses tgl. 12/2/2014.
- Ariati, R. 2008. Program dan pengembangan desa mandiri energi di DESDM. Temu Nasioal Pengembangan Desa Mandiri Energi. Denpasar, 11 November 2008
- Hidayat, T., Sumangat, D., Risfaheri. 2007. Studi Proses Tranesterifikasi Minyak Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L). Lokakarya –II. Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar. Bogor, 29 Nopember 2006.
- Kandpal, J.B. and M. Madan. 1995. *Jatropha curcas*: a renewable source of energy for meeting future energy needs. Technical note. Renewable Energy 6(2):159–160.



Gambar 4. Kompor bertekanan tipe ITB (Reksowardojo, 2005)

- Prastowo, B. 2008. Inovasi teknologi pertanian mendukung pengembangan bahan bakar nabati. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Prihandana, R., E. Hambali., S. Mujdalipah, dan R. Hendroko. 2007. Meraup untung dari jarak pagar. PT Agromedia Pustaka. Jakarta 108 hlm.
- Reksowardojo, I. K., A. Surachman, Tri Sigit P., Ibrahim, T.H. Soerawidjaja, T.P. Brojonegoro. 2005. *Pemakaian minyak jarak pagar (Jatropha curcas L.) pada kompor bertekanan*. Seminar Nasional Pengembangan Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*) untuk Biodiesel dan Minyak Bakar, Bogor.
- Soerawidjaja, T.H., T.P. Brodjonegoro, I.K. Reksowardojo. 2005. Memobilisasi upaya penegakan Industri Biodiesel di Indonesia. Pusat Penelitian Pendayagunaan Sumberdaya Alam dan Pelestarian Lingkungan ITB, Bandung
- Stumpf E. and W. Muhlbauer. 2002. Plant oil as cooking fuel: Development of a Household Cooking Stove for Tropical and Subtropical Countries, Inst. For Agr. Eng. In the Tropics and Subtropics, Hohenheim Univ., Stuttgart, Germany.
- Sudradjat, H.R, Setiawan, D., Widyawati, Y., Ariatmi, R., Sahirman. 2007. Permasalahan dalam teknologi Pengolahan Biodiesel dari minyak jarak pagar. Lokakarya –II. Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar. Bogor, 29 Nopember 2006.
- Muller J., Kratzeisen M., Weis K, Stumpf E, and Muhlbauer W. 2007. *Jatropha curcas* derivatives as alternative energy source for households. Prosiding Lokakarya II Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*). Bogor, 29 Nopember 2006. Puslitbangbun. h.17-22.