

Potensi Penerapan Gasifikasi Biomassa pada Pabrik CPO

Hermanto, Muhammad Iwan Fermi, Zulfansyah, Ida Zahrina

Laboratorium Pengendalian dan Perancangan Proses
Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau
Kampus Binawidya Km. 12,5 Sp. Baru Pekanbaru 28293
zulfansyah@unri.ac.id

Abstract

Indonesia is the world largest palm oil producer with over 23 milion tons of crude palm oil (CPO) production in 2010. About 77% of CPO is exported and the rest is used for domestic consumption. In the palm oil processing, one ton of fresh fruit bunchs can produce 0.23 ton CPO and 0.41 ton of solid waste like empty fruit bunchs, kernel shell and mesocarp fibre. Wheres in plantation, fell trunk, fronds of felling and annual pruning are the the main bio-waste. Some of these fibres and shells are utilized as fuel for mill's boiler. Biomass energy potentials from palm oil processing were estimated about 83 GW. The objective of this paper is to present the result of study about biomass gasification potential on palm oil mill to generate electricity. The mass heat efficiency and electrical efficiency for biomass gasification were observed were 27.5 % and 25.6 % respectively, and from total biomass were estimated 21 GWe of electricity will be produce. The implementation of biomass gasification in Indonesia will fulfill the electricity demand and reduce the environmental problem in indonesia.

Keyword: Biomass, CPO, Electricity, Gasification, Palm Oil Mill.

Pendahuluan

Agroindustri sawit telah menjadi sektor industri yang paling pesat perkembangannya di Indonesia. Terlihat dari luas perkebunan sawit di Indonesia terus mengalami peningkatan dalam beberapa dekade terakhir. Peningkatan luas perkebunan sawit didukung oleh harga serta permintaan *crude palm oil* (CPO) dunia yang semakin meningkat. Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan sawit terluas di dunia, luas perkebunan sawit di Indonesia untuk tahun 2010 mencapai 7,8 juta hektar [Ditjenbun 2011]. Luas tersebut masih dapat terus meningkat hingga 18 juta hektar. Jika dilihat dari lahan yang memungkinkan sebagai lahan perkebunan sawit, maka agroindustri sawit masih sangat menjanjikan untuk dikembangkan [Wirawan 2007].

Jumlah produksi CPO indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Produksi CPO untuk tahun 2006 mencapai 16,6 juta ton CPO dan terus meningkat hingga 23,6 juta ton CPO pada tahun 2010 [USDA 2011]. Tahun 2011, sekitar 77% dari total produksi CPO

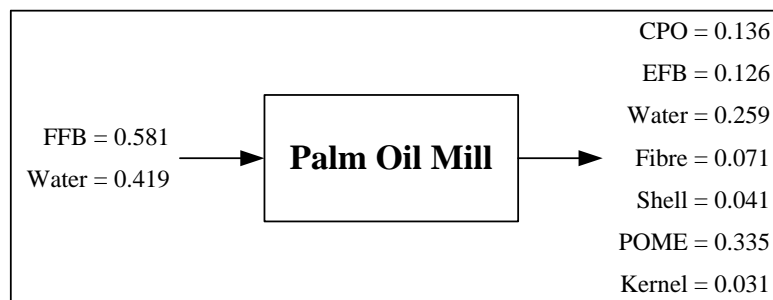
Indonesia diekspor ke berbagai negara, sedangkan sisanya digunakan untuk kebutuhan dalam negeri seperti untuk industri minyak goreng, oleokimia, sabun dan margarin. Data total jumlah produksi, ekspor serta konsumsi CPO domestik Indonesia beberapa tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 1.

Peningkatan luas perkebunan sawit dan jumlah produksi CPO di Indonesia menimbulkan banyak masalah lingkungan. Masalah tersebut timbul dari pemanfaatan lahan yang tidak sesuai serta penanganan limbah hasil perkebunan dan pabrik CPO yang belum maksimal. Jumlah biomassa dari limbah industri CPO jauh lebih besar dibandingkan dengan jumlah yang termanfaatkan, sehingga terjadi penumpukan limbah padat sawit [Kelly-Yong *et al.* 2007]. Sebagian besar dari limbah tersebut dibiarkan begitu saja di alam dan sebagian lagi dibakar menghasilkan gas polutan. Jika diolah dengan teknologi yang tepat, maka besarnya jumlah biomassa limbah padat sawit sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi sumber energi.

Tabel 1. Produksi dan Distribusi CPO Indonesia.

Tahun	Produksi CPO (juta ton)	Ekspor CPO (juta ton)	Konsumsi Domestik (juta ton)	Stok Akhir (juta ton)
2006	16,6	11,42	4,52	1,154
2007	18,0	13,97	4,70	0,488
2008	20,5	15,96	4,85	0,191
2009	22,0	16,57	5,42	0,242
2010	23,6	17,85	5,74	0,302
2011	25,4	19,55	5,88	0,332

Sumber: USDA 2011



Gambar 1. Neraca Massa Overall Pabrik CPO

2 Metodologi

2.1 Proses pengolahan sawit

Sawit (*Elaies Guineensis Jacq*) dapat menghasilkan minyak dari buah dan intinya. CPO dihasilkan dari daging buah (mesokarp) sedangkan *palm kernel oil* (PKO) diekstrak dari inti sawit. CPO merupakan minyak yang dapat dikonsumsi, sedangkan PKO merupakan minyak yang tidak dapat dikonsumsi dan sebagian besar digunakan untuk industri sabun. Proses ekstraksi minyak sawit di pabrik CPO masih dilakukan secara mekanis, proses tersebut lebih dipilih karena prosesnya lebih mudah serta biaya produksi juga relatif lebih kecil karena tidak menggunakan zat tambahan untuk mengekstraksi minyak.

Pabrik CPO menggunakan tandan buah segar sebagai bahan baku dan air sebagai komponen yang membantu proses ekstraksi. Produk utamanya berupa CPO dengan produk samping berupa sabut, cangkang, tandan kosong sawit serta limbah cair. Satu ton tandan buah segar dapat menghasilkan 21,8% CPO, 22,5% tandan kosong sawit (TKS), 6,7% cangkang, 14,3% sabut, 5,4% kernel dan 54,8% *Palm oil mill effluent* (POME) [Hayashi 2007]. Komposisi keluaran pabrik CPO tergantung pada proses pengolahan serta bahan baku yang digunakan. Neraca massa *overall* rata-rata untuk pabrik CPO di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.

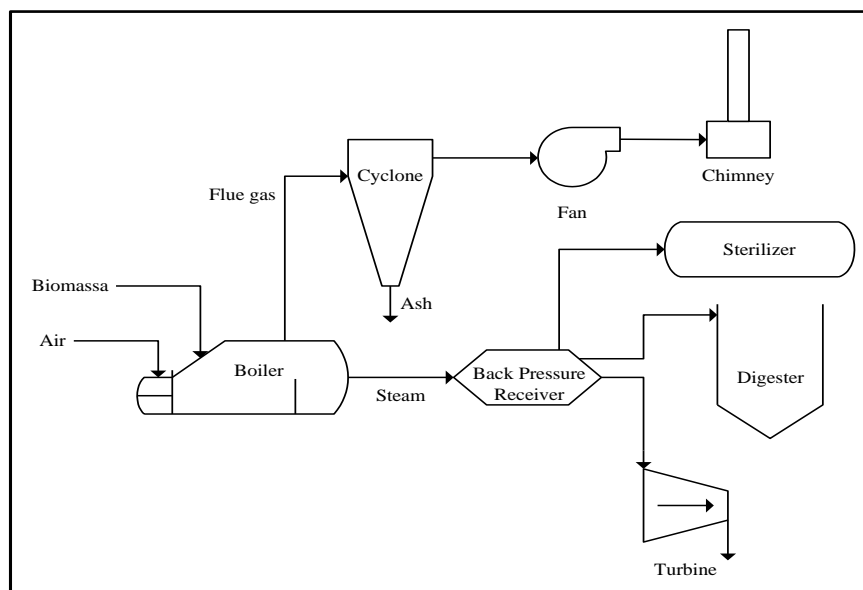
Proses pengolahan sawit menjadi CPO dimulai dari penerimaan buah yang akan diolah, buah akan diseleksi terlebih dahulu sebelum masuk ke pabrik untuk menjaga kualitas CPO yang dihasilkan. Tandan buah segar yang telah dipanen harus segera diolah dalam jangka waktu 24 jam untuk menghindari peningkatan asam lemak bebas (ALB). Kadar ALB yang tinggi akan mempengaruhi kualitas CPO [Hasanudin *et al.* 2010]. Buah sawit yang telah melewati proses sortasi kemudian masuk ke pabrik melalui beberapa unit proses untuk menghasilkan CPO, unit-unit proses tersebut yaitu:

- Sterilisasi, tandan buah segar dimasak menggunakan *steam* dalam tangki bertekanan 2,5-3 atm pada temperatur 135-150°C selama 90 menit. Proses sterilisasi dilakukan untuk menghentikan pembentukan ALB, menghentikan aktifitas enzim pemecah minyak, menghilangkan getah dan mempersiapkan buah untuk proses selanjutnya.

- *Threshing*, pemisahan buah dari tandannya dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut *thresher*. Tandan buah yang telah kosong dikumpulkan di tempat pengumpulan TKS dan kemudian dibakar di incenerator atau disebarkan ke perkebunan sebagai kompos.
- *Digestion* dan *Pressing*, buah sawit dipanaskan pada temperatur 85-95°C dan dilumat secara terus menerus di dalam digester untuk memisahkan *mesocarp* dari inti sawit serta untuk memecah sel minyak *mesocarp*. Buah yang keluar dari *digester* kemudian diekstraksi secara mekanis menggunakan *screw press* pada 50 kg/cm² dan temperatur 85-90°C selama 6-10 menit. Sisa padatan dari *screw press* kemudian dikirim ke unit pengolahan kernel.
- Klarifikasi, Purifikasi dan Pengeringan, minyak hasil dari proses pengepresan yang masih bercampur dengan air, pecahan cangkang, sabut serta material padat lainnya kemudian dipompakan ke tangki *clarifier* untuk memisahkan minyak dari pengotor. Minyak dari *clarifier* kemudian dimurnikan dan dikeringkan untuk mengurangi kadar air dalam *vacuum dryer*. CPO yang telah bersih dan memenuhi standar kemudian dipompakan ke tangki penampungan CPO, sedangkan kotoran dan lumpur hasil pemurnian minyak proses untuk memisahkan minyak yang ikut terbawa sebelum kemudian dialirkan ke unit pengolahan limbah.
- Proses pengolahan kernel dimulai dengan pemisahan serat dan biji di *depericarper*. Biji yang telah dipisahkan kemudian dikeringkan dan dipecah untuk memisahkan kernel dengan cangkangnya. Kernel yang telah bersih kemudian disimpan atau langsung diproses untuk menghasilkan PKO. Sebagian besar serat dan cangkang sawit hasil pengolahan dikirim ke boiler sebagai bahan bakar.

2.2 Penggunaan energi pada pabrik CPO

Proses produksi TBS menjadi CPO membutuhkan cukup banyak energi yang berupa panas dan listrik. Energi tersebut dihasilkan dari pembakaran cangkang dan sabut sawit di boiler. Boiler menghasilkan panas dalam bentuk *steam* untuk kebutuhan proses ataupun untuk pembangkit listrik. *Steam* digunakan pada proses sterilisasi, *threshing*, *pressing* dan juga pada turbin. Listrik yang dihasilkan dari turbin digunakan untuk menggerakkan alat-alat proses pada pabrik serta untuk



Gambar 2. Sistem Boiler di Pakrik CPO

keperluan non-proses seperti kantor dan sarana pendukung lainnya. Secara umum proses pembakaran pada boiler di pabrik CPO merupakan pembakaran secara langsung (*direct combustion*), metoda tersebut banyak diterapkan di pabrik CPO karena prosesnya mudah dan disain boiler yang tidak terlalu rumit. Namun masih terdapat beberapa kekurangan dari teknologi tersebut, seperti konversi energi yang tidak terlalu tinggi serta besarnya jumlah emisi gas buang [Bazmi 2011].

Boiler konvensional menggunakan 8 - 10 ton biomassa/jam yang terdiri dari 2 % cangkang dan 14 % sabut sawit dari total TBS yang diolah untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan pabrik CPO. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk pabrik yaitu 15 – 17 kWh per ton TBS yang diolah [Yusoff 2006]. Semakin besar pabrik maka energi yang dibutuhkan semakin besar. Tipe boiler merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi perolehan energi dari proses pembakaran. Boiler tipe *fire tube* umumnya digunakan pada pabrik kecil dengan kapasitas 20-30 ton TBS per jam, sedangkan untuk pabrik besar dengan kapasitas 50-60 ton TBS per jam tipe boiler yang sering digunakan yaitu *water tube boiler* [Azali et al. 2005]. Rangkaian sistem boiler konvensional yang umum digunakan di pabrik CPO dapat dilihat pada Gambar 2.

Listrik dihasilkan dari turbin menggunakan *steam* bertekanan 21 bar yang kemudian turun menjadi 3 bar. *Steam* bertekanan 3 bar selanjutnya digunakan untuk keperluan proses seperti pada *sterilizer* dan *digester*. Energi yang dihasilkan dari generator di pabrik CPO biasanya sekitar 1,2 MW. Ketika pabrik tidak beroperasi maka kebutuhan listrik untuk pencahayaan dan kebutuhan pendukung lainnya disuplai dari generator berbahan bakar diesel. Generator diesel tidak dibutuhkan bila lokasi pabrik tersambung dengan jaringan listrik nasional karena kebutuhan listrik dapat disuplai dari Perusahaan Listrik Nasional (PLN) [Yusoff 2006].

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Biomassa limbah pabrik CPO sebagai sumber energi

Limbah padat agroindustri sawit dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu limbah perkebunan dan limbah pabrik. Limbah perkebunan berupa batang dan pelepah sawit, sedangkan limbah dari pabrik terdiri dari TKS, cangkang dan sabut sawit. Jumlah biomassa yang dihasilkan berbanding lurus dengan luas perkebunan dan produksi CPO. Berbagai cara telah dilakukan untuk menanggulangi limbah yang dihasilkan, mulai dari penanganan secara langsung hingga penggunaan proses yang terintegrasi untuk memanfaatkan limbah menjadi lebih bernilai guna. Cangkang dan sabut sawit sebagian besar telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler di pabrik, namun pemanfaatannya belum maksimal karena penggunaan limbah tersebut sebagai bahan bakar boiler hanya sebatas untuk memenuhi kebutuhan energi pabrik.

Cara konvensional penanganan TKS yaitu dengan dibakar di incenerator untuk menghasilkan abu yang sangat baik sebagai pupuk. Namun hasil pembakaran tersebut menghasilkan asap putih yang sangat banyak, asap putih tersebut timbul karena kadar air pada TKS masih tinggi (>60%) [Yusoff 2006]. Selain menimbulkan polusi udara, asap putih tersebut juga menimbulkan masalah estetika bagi keindahan alam. TKS juga dapat digunakan sebagai pupuk dengan cara penebaran langsung di kebun sawit ataupun melalui proses pengomposan. Pelepah sawit yang merupakan limbah perkebunan selama ini juga belum dimanfaatkan dengan baik. Pelepah sawit hanya dibiarkan begitu saja di perkebunan sebagai pencegah erosi tanah serta sebagai pupuk alami [Atnaw et al. 2011].

Setiap biomassa memiliki karakteristik masing-masing yang dapat ditinjau dari analisa *proximate* dan *ultimate*. Analisa *proximate* merupakan analisa sifat fisik

Tabel 2. Data Analisa *Proximate* Dan *Ultimate* dari Biomassa Limbah Sawit.

No.	Jenis Biomassa	Analisa <i>Proximate</i> (%berat)				Analisa <i>Ultimate</i> (%berat)				
		Kadar Air	<i>Volatile Matter</i>	Abu	<i>Fixed Carbon</i>	C	H	N	S	O
1	Tandan Kosong	8.75	79.67	3.02	8.65	48.79	7.33	-	0.68	40.18
2	Cangkang	5.73	73.74	2.21	18.37	53.78	7.2	-	0.51	36.3
3	Pelepah	-	53	6	41	42.55	5.48	2.18	0.11	-
4	Sabut	6.56	75.99	5.33	12.39	50.27	7.07	0.42	0.63	36.28

Sumber: Yang *et al.* 2004 & Atnaw *et al.* 2011

dari bahan sedangkan untuk analisa kimianya diketahui dengan analisa *ultimate*. Data analisa *proximate* dan *ultimate* dari biomassa limbah sawit dapat dilihat pada Tabel 2. Selain karakteristik biomassa yang terdapat pada analisa *proximate* dan *ultimate* juga terdapat karakteristik lain lain yang sangat penting untuk mengetahui jumlah energi tersimpan dalam biomassa yang disebut *heating value* atau nilai kalor. Nilai kalor dapat dihitung menggunakan berbagai metoda, salah satunya yaitu menggunakan data hasil analisa *proximate* dan *ultimate* [Yin 2011]. Biomassa limbah sawit dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif karena memiliki nilai kalor yang memenuhi syarat nilai kalor bahan bakar.

Semakin meningkatnya produksi CPO Indonesia juga diikuti dengan peningkatan limbah yang dihasilkan. Jumlah ketersediaan biomassa limbah sawit di Indonesia yang meliputi TKS, cangkang, pelepah dan sabut sawit dapat diperkirakan berdasarkan neraca massa dan total produksi CPO Indonesia. Diperkirakan 149 juta ton biomassa dihasilkan tiap tahunnya dari agroindustri sawit dengan total energi sekitar 83,56 GW. Rincian ketersediaan dan potensi energi biomassa limbah agroindustri sawit dapat dilihat pada Tabel 3.

3.2 Penerapan teknologi gasifikasi pada pabrik CPO

Gasifikasi merupakan konversi termokimia bahan bakar padat menjadi gas mudah terbakar. Pembakaran pada proses gasifikasi berlangsung secara sempurna di dalam reaktor yang disebut *gasifier*. Hasil dari pembakaran sempurna biomassa pada umumnya terdiri dari nitrogen, uap air, karbon dioksida dan kelebihan oksigen. Sedangkan pembakaran hasil pembakaran tidak sempurna terdiri dari karbon monoksida, hidrogen, metan dan produk lain seperti tar dan abu [Anil 1986]. Proses gasifikasi merupakan gabungan dari beberapa tahapan proses yaitu *drying*, pirolisa, oksidasi dan reduksi. Setiap tahapan proses tersebut memiliki keterkaitan dengan tahapan proses lainnya. Kelebihan

gasifikasi dibandingkan dengan pembakaran secara langsung yaitu tingkat konversi energi yang dihasilkan lebih tinggi dan gas buang yang dihasilkan juga jauh lebih bersih.

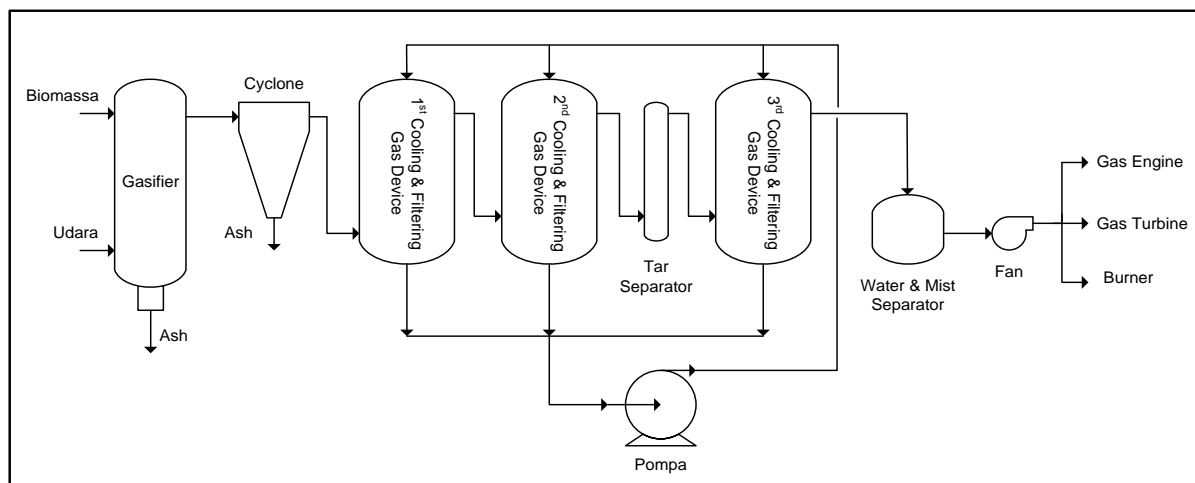
Komponen dasar yang terdapat pada sistem gasifikasi biomassa yaitu *gasifier*, unit pemurnian gas, *internal combustion engine* dan generator. Rangkaian sistem gasifikasi dengan bahan bakar biomassa dapat dilihat pada Gambar 3. Pemilihan disain *gasifier* tergantung bahan bakar yang akan digunakan dan kapasitas yang diinginkan untuk menghasilkan gas sintesis dari pembakaran biomassa dibutuhkan temperatur operasi yang tinggi [Azali *et al.* 2005]. Proses pemurnian gas berfungsi untuk menyaring, membersihkan dan mendinginkan gas sintesis yang dihasilkan. Sama seperti boiler yang menghasilkan *steam* untuk turbin, pada gasifikasi gas yang telah bersih dapat digunakan secara langsung pada *internal combustion engine* atau turbin untuk menghasilkan listrik.

Pembangkit listrik sangat dengan teknologi gasifikasi sangat prospektif untuk dikembangkan. Selain karena besarnya tingkat kebutuhan listrik dalam negeri dan ketersediaan biomassa sebagai bahan bakar, konversi energi proses gasifikasi jauh lebih tinggi dibandingkan teknologi konversi energi lainnya. Pembangkit listrik dengan teknologi gasifikasi memiliki efisiensi konversi termal 27,5 % dan efisiensi konversi listrik 25,6 % [McLellan 2000]. Sehingga diperkirakan 21 GWe listrik dapat dihasilkan menggunakan teknologi gasifikasi berbahan bakar limbah agroindustri sawit. Jumlah energi tersebut hampir sama dengan total kapasitas listrik terpasang di Indonesia yang mencapai 27 GWe [Wirawan 2007].

Penerapan teknologi gasifikasi biomassa pada pabrik CPO tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan energi pabrik, namun juga dapat menghasilkan keuntungan dengan menjual listrik yang dihasilkan ke PLN. Keuntungan lainnya dari pemanfaatan limbah sawit sebagai bahan bakar gasifikasi yaitu dapat

Tabel 3. Ketersediaan dan Potensi Energi Biomassa Limbah Agroindustri Sawit.

No.	Jenis Biomassa	Potensi Biomassa (juta ton/tahun)	Nilai Kalor (GJ/ton)	Potensi Energi (GW)
1	Tandan Kosong	34.476	18.80	20,55
2	Cangkang	8.580	20.09	5,47
3	Pelepah	84.864	16.64	44,78
4	Sabut	21.138	19.06	12,77
Total		149.058		83,56



Gambar 3. Sistem Gasifikasi dengan Bahan Bakar Biomassa

mengurangi dampak lingkungan akibat penumpukan limbah yang tidak tertanggulangi dengan baik. Dengan demikian teknologi gasifikasi dapat menjadi solusi masalah energi dan masalah lingkungan.

4 Kesimpulan

Limbah sawit memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber energi alternatif. Selain karena ketersediaan yang melimpah, nilai kalor dari biomassa limbah sawit juga memenuhi syarat sebagai bahan bakar. Total listrik yang dapat dihasilkan dari biomassa limbah sawit diperkirakan mencapai 21 GWe. Penerapan teknologi gasifikasi berbahan bakar limbah sawit pada pabrik CPO tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan energi pabrik dan mengatasi masalah limbah, tapi juga dapat menghasilkan surplus listrik yang dapat dijual untuk mendapatkan keuntungan tambahan bagi pabrik.

Daftar Pustaka

- Anil, KR 1986, 'Biomass Gasification', in DY Guswani (ed), *Alternative Energy in Agriculture*, CRC Press, Maharashtra, vol. 2, pp. 83-102.
- At Naw, SM, Sulaiman, SA, Yusup, S 2011, 'Downdraft Gasification of oil palm frond', *Trend in Applied Science Research*, pp. 1-13.
- Azali, A, Nasrin, AB, Choo, YM, Adam, NM & Sapuan, SM 2005, 'Development of gasification system fuelled with oil palm fibres and shells', *American Journal of Applied Science*, Special Issue, pp. 72-75.
- Bazmi, AA, Zahedi, G & Hashim, H 2011, 'Progress and challenges in utilization of palm oil biomass as fuel for decentralized electricity generation', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, pp. 574-583.
- Ditjenbun 2011, *Luas Areal Dan Produksi Perkebunan Seluruh Indonesia Menurut Pengusahaan*, Direktorat Jendral Perkebunan, viewed 20 May 2011. <http://ditjenbun.deptan.go.id>
- Hasanudin, U, Suroso, E, Faisal, M, Kamahara, H & Fujie, K 2010, 'The potential of palm oil mill waste as a source of energy and green house gases emission reduction', *Proceeding of Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste*, Environmental Sanitary Engineering Center, Venice, Italy, 8-11 November.
- Hayashi, K 2007, 'Environmental Impact of palm oil industry in indonesia', *Proceedings of International Symposium on EcoTopia Science 2007*, EcoTopia Science Institute, Nagoya, Japan, pp. 646-651.
- Kelly-Yong, TL, Lee, KT, Mohamed, AR & Bhatia, S 2007, 'Potential of hydrogen from oil palm biomass as a source of renewable energy worldwide', *Energy Policy*, vol. 35, pp. 5692-5701.
- McLellan, R 2000, *Design of a 2.5 MWe biomass gasification power generation module*, ETSU B-T1-00569-REP, Wellman Process Engineering Limited.
- USDA 2011, *Palm oil: world supply and distribution*, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, viewed 6 June 2011, <http://www.fas.usda.gov/psdonline/csv%5C2z1p25mq32wmc3ncqcxpinuo%5Coutput8_1_24_15.csv>
- Wirawan, SS 2007, 'Energy generation opportunities from palm oil mills in Indonesia', paper presented in Fourth Biomass-Asia Workshop, Kuala Lumpur, 21 November.
- Yang, H, Yan, R, Chin, T, Liang, DT, Chen, H & Zheng, C 2004, 'Thermogravimetric analysis-fourier transform Infrared analysis of palm oil waste pyrolysis', *Energy & Fuel*, vol. 18, pp. 1814-1821.
- Yin, CY 2011, 'Prediction of higher heating value of biomass from proximate and ultimate analyses', *Fuel*, vol. 90, pp. 1128-1132.
- Yusoff, S 2006, 'Renewable energy from palm oil – innovation on effective utilization of waste', *Jurnal of Cleaner Production*, vol. 14, pp. 87-93