

Kandungan Kimia Crude Bio Oil Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Bioenergi

Rina Novia Yanti

Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Lancang Kuning

*e-mail: rinafahutan@unilak.ac.id

Abstract

Bio oil is the result of pyrolysis in the form of a dark liquid containing the main chemical compounds such as hydrocarbon compounds, aromatic compounds, aliphatic, other organic compounds using plant biomass as raw materials. Empty fruit bunches (EFB) is a bioenergy product that can be an environmentally friendly fuel, and a substitute for fossil fuel energy in the future. This study aims to determine the content of hydrocarbon compounds in crude bio oil EFB through the hydrothermal pyrolysis process. The content of chemical compounds was analyzed using the GC – MS (Agilent Technology) Analyzer. The results of the analysis of GCMS bio oil obtained hydrocarbon compounds , aromatic compounds, aliphatic and other organic compounds. There were 19 types of hydrocarbon compounds with a total percentage of 15.24%.

Keywords: *bio oil, EFB, hydrocarbon, hydrothermal pyrolysis*

Abstrak

Bio oil merupakan hasil proses pirolisis berupa cairan berwarna gelap yang mengandung senyawa kimia utama seperti senyawa hidrokarbon, senyawa aromatik, alifatik, senyawa organik lainnya dengan menggunakan bahan baku biomassa tanaman. Bio oil tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan produk bioenergi yang dapat menjadi bahan bakar ramah lingkungan dan pengganti energi bahan bakar fosil di masa depan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa hidrokarbon crude bio oil TKKS melalui proses pirolisis hidrotermal. Kandungan senyawa kimia dianalisis dengan alat Analyser GC – MS (Agilent Technology). Hasil analisis GC-MS bio oil diperoleh senyawa hidrokarbon senyawa aromatik, alifatik dan senyawa organik lainnya. Senyawa hidrokarbon ditemukan 19 jenis dengan persentase total 15,24%.

Kata kunci: *bio oil, hidrokarbon , TKKS, pirolisis hidrotermal*

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar ramah lingkungan yang bersumber dari biomassa seperti limbah perkebunan kelapa sawit bisa diproses dengan teknologi pirolisis. Limbah padat dari perkebunan kelapa sawit berupa batang hasil *replanting*, pelepah, tandan kosong sawit kelapa sawit (TKKS), cangkang dan serat buah berpotensi dikembangkan dalam rangka peningkatan nilai tambah pemanfaatan biomassa menjadi energi alternatif yang efisien, bisa dikomersialkan dengan menggunakan teknologi hemat energi dan hemat bahan baku. Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan kelapa sawit terluas di dunia dengan luas lahan sampai tahun 2016 seluas 12.3 juta ha (BPS, 2017).

Salah satu produk pirolisis adalah bio oil yaitu bahan bakar cair berwarna gelap, beraroma seperti asap dan diproduksi dari biomassa yang mengandung berbagai komponen bahan utama dan bahan organik ikutan dan dapat digunakan untuk bahan pengawet, produksi bahan kimia dan untuk bahan bakar minyak (Bridgwater 2012 ; Basu 2013). Salah satu teknologi produksi bio oil dari biomassa adalah hidrotermal pirolisis (HP). HP adalah pemanasan tanpa oksigen dari biomassa dengan kadar air bahan baku lebih kurang 50% pada suhu 275-350 °C , waktu tinggal 0.2–1 jam dengan tekanan tinggi (5-20 Mpa) (Xiu dan Shahbazi 2012).

Penelitian pirolisis limbah padat kelapa sawit sudah dilakukan oleh Kim *et al* (2010) dan Choi *et al* (2015) melakukan pirolisis cepat dengan bahan baku cangkang kelapa sawit menghasilkan *liquid* antara 40-50%, kadar air masih lebih besar dari 30% dengan pH 2-4 . Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh (Sulaiman dan Abdullah 2011) dari tandan kosong sawit dengan proses pirolisis cepat menghasilkan *liquid* 40%, kadar air 30% dan kandungan oksigen yang masih tinggi 44-60%. Pemanfaatan limbah batang, pelepah dan daun kelapa sawit

sudah diteliti oleh Abnisa *et al* (2013) dengan suhu pirolisis yang diberikan adalah 500 °C menghasilkan kadar air bio oil dari 52-66% dan pH dari 3.1-4.6. Oramahi *et al* (2015) juga melakukan penelitian batang kelapa sawit dengan proses pirolisis lambat menghasilkan bio oil 42.05% dengan kandungan air 9.26%.

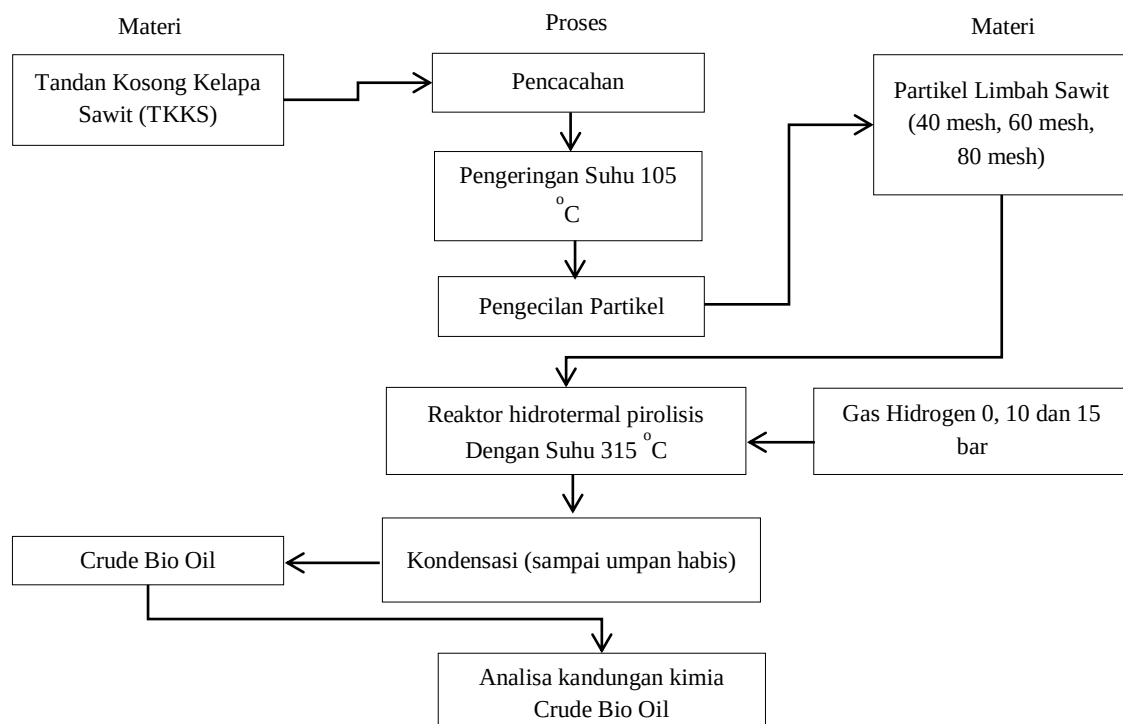
Menurut Basu (2013) hasil dan sifat dari produk yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh parameter proses seperti desain reaktor pirolisis, variabel reaksi (suhu, laju pemanasan, waktu tinggal, tekanan dan katalis) serta karakteristik (ukuran partikel, bentuk dan struktur) jenis biomassa. Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa kimia rantai pendek yang merupakan kandungan senyawa kimia yang terdapat pada bahan bakar minyak contohnya methana. Bioenergi yang berasal dari biomassa sebagai bahan bakar terbarukan juga mengandung senyawa hidrokarbon. Bio oil yang dihasilkan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan kelemahan sifat yang masih belum mendekati sifat minyak mentah, maka saat proses pirolisis diberikan gas hidrogen, dimana fungsi hidrogen adalah untuk memutus rantai karbon. Penelitian ini menggunakan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadi *crude bio oil* dengan proses pirolisis hidrotermal. Penelitian pirolisis hidrotermal bertujuan mengetahui kandungan senyawa hidrokarbon crude bio oil TKKS

2. METODE

Persiapan bahan baku

Bahan biomassa yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah tandan kosong kelapa sawit dengan ukuran serbuk 40, 60, 80 mesh.

Peralatan yang digunakan adalah: oven, mesin pencacah, mesin pembuatan serbuk, saringan 40, 60, 80 mesh, neraca analitik, desikator, gelas kaca, sedotan, corong terbalik, wadah yang memiliki porositas, wadah ekstraksi, pirolisis hidrotermal dan Analyser GC - MS (Agilent Technology).



Gambar 1. Proses Pembuatan Bio Oil

Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptis dalam tabel dan gambar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan bio oil

Produksi bio oil pada penelitian ini menggunakan proses pirolisis hidrotermal yang termasuk dalam proses pirolisis lambat (*slow pyrolysis*). Hidrotermal pirolisis adalah proses pembakaran tanpa menggunakan oksigen dengan proses depolimerisasi menggunakan air dan tekanan untuk memecahkan senyawa organik pada bahan baku (Xiu *et al.* 2010). Bahan baku menggunakan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan cairan yang ditambahkan adalah asap cair yang berasal dari TKKS. Perbandingan antara cairan dengan padatan dalam penelitian ini adalah 1:1. Pelarut yang digunakan untuk HP menurut Akhtar and Saidina (2011) adalah air, methanol, ethanol karena jenis pelarut akan mempengaruhi karakteristik produk cair yang dihasilkan. Penggunaan pelarut pada HP bertujuan untuk mempercepat proses depolimerisasi, menghemat energi sehingga biaya operasional lebih murah karena beroperasi pada suhu yang lebih rendah dari *fast pyrolysis* dan bisa mengurangi terbentuknya tar dan arang (Mazaheri *et al.* 2010). Suhu yang digunakan pada proses HP berkisar antara 250 – 550 °C sebagaimana hasil penelitian Caprariis (2017) untuk mendapatkan rendemen bio oil dilakukan pada suhu 310 °C.



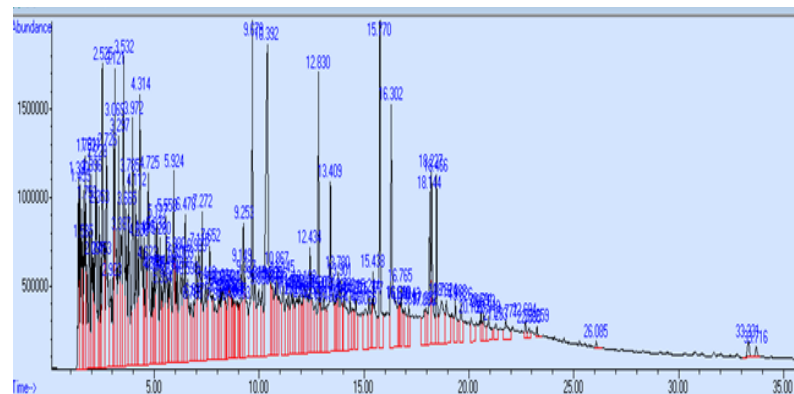
Gambar 2.1 Proses Kondensasi Pada Hidrotermal Pirolisis

Selama proses pirolisis, terjadi beberapa proses yaitu isomerisasi, dehidrasi, fragmentasi, kondensasi dan akhirnya padatan biomassa akan berubah menjadi produk cair, padatan dan gas (Xiu *et al.* 2010). Hasil penelitian Yang *et al.* (2016) yang melakukan HP dengan berbagai variasi suhu, maka diperoleh suhu optimal untuk rendemen bio oil yang maksimal yaitu pada suhu 275-300 °C. Meningkatnya suhu akan menurunkan rendemen bio oil karena suhu HP di atas 500 °C akan meningkatkan produksi gas karena yang lebih banyak terurai adalah lignin. Perubahan bentuk biomassa berupa padatan menjadi produk dalam bentuk cairan selama proses pemanasan, terjadi serangkaian perubahan struktur kimia yaitu depolimerisasi lignin, hidrolisis selulosa dan hemiselulosa, hidrogenolisis karena adanya hidrogen, reduksi asam amino. Menurut Zhang *et al.* (2005) dan Bridgwater (2012) produk pirolisis dalam bentuk cairan terbagi dalam dua fase yaitu fase berair dan fase organik.

Fase organik dapat digunakan sebagai bahan bakar dan bahan kimia sedangkan fase berair banyak mengandung asam asetat, hidroksil aseton dan fenol sehingga tidak bisa digunakan sebagai bahan bakar. Menurut Basu (2013) produk pirolisis biomassa menghasilkan tiga produk yaitu padatan dalam bentuk arang, cairan (tersenyawa hidrokarbon dan air), gas (CO₂, H₂), CO, C₂H₂, C₆H₆ dan lain-lain). Bio oil adalah cairan berwarna hitam yang berasal dari biomassa melalui proses pirolisis dengan puluhan sampai ratusan jenis senyawa kimia yang didominasi oleh alkohol, fenol, aldehid dan asam organik. Hidrotermal pirolisis adalah proses pirolisis yang menggunakan suhu (280–370 °C) tekanan tinggi 10 – 25 bar dengan menambahkan pelarut organik dengan perbandingan 1 : 1-10. Penambahan air dalam bahan baku tidak hanya berfungsi sebagai pelarut tetapi juga berfungsi sebagai katalis asam basa (Caprariis *et al.* 2017).

Analisis *cromatografy mass spectrometry* (GCMS) merupakan analisis hasil kandungan senyawa kimia yang terdapat dalam bio oil. Hasil analisa CGMS ditemukan senyawa yang terdiri dari kelompok senyawa aromatik, senyawa alifatik hidrokarbon, senyawa asam dan jenis lainnya. Penelitian ini fokus pada produksi bio oil untuk bahan bakar alternatif pengganti bensin atau solar. Diharapkan hasil analisa GCMS adalah ditemukannya 19 jenis senyawa hidrokarbon (tabel 2) berarti crude bio oil mempunyai seri ion gugus fungsi hidrokarbon rantai lurus.

Kandungan Senyawa Kimia



Gambar 3. Kromatogram GC-MS pada Crude Bio Oil

Tabel 1. Hasil analisis Komponen Kimia Crude Bio Oil Perlakuan Serbuk 40 mesh Tekanan Gas Hidrogen 15 bar

Peak	Waktu Retensi	% Area	Komponen Kimia
1	1.592	0.85	Butane, 1-chloro-3-methyl
2	1.694	0.98	Benzene, methyl
3	1.916	0.76	Cyclopentanone, 3-methyl
4	2.002	0.88	Phenol
5	2.104	0.53	3-Heptene, 2-methyl
6	2.224	1.43	Benzene, methoxy
7	3.966	1.58	Phenol, 2-methyl-
8	6.102	0.76	Tridecane

Gambar 3 dan tabel 1 menunjukkan hasil kandungan senyawa kimia yang dianalisis dengan GC-MS. Senyawa kimia yang tertangkap oleh kromatogram jumlahnya ratusan, tetapi yang diambil dalam penelitian ini adalah senyawa hidrokarbon dan senyawa aromatik. Senyawa ini apabila dilakukan penambahan katalis pada proses upgrading *crude bio oil* menjadi bio oil akan menjadi senyawa hidrokarbon rantai pendek. Adanya kandungan senyawa hidrokarbon rantai pendek sudah menunjukkan karakteristik bio oil bisa dijadikan bio energi substitusi bio fuel.

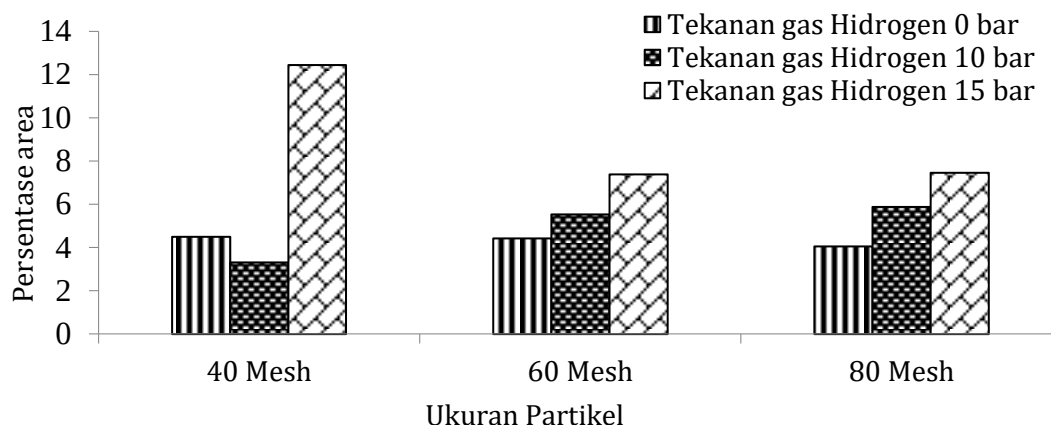
Tabel 2. Persentase senyawa alifatik hidrokarbon hasil analisis GC-MS bio oil

No	Perlakuan Nama senyawa	1,1	1,2	1,3	2,1	2,2	2,3	3,1	3,2	3,3
Persentase Luas Area (%)										
1	Decane			0.68			0.88			0.56
2	Dodecane	0.45		0.25		0.52	1.59			
3	Heptene		1.85							
4	Heptadecane	1.87		1.87		1.54	0.25	1.05	0.5	0.47
5	Hexane			1.37						1.05
6	Hexadecane			0.76	0.43	0.4	0.44	0.77	1.12	0.72
7	Naphthalene	1.01	0.64	0.99		0.8	0.27			
8	Nonadecane		0.21		0.34	0.3				
9	Nonane			1.95			0.68			
10	Octadecane	0.1	1.29	0.43	0.19			0.53	0.15	

No	Perlakuan Nama senyawa	1,1	1,2	1,3	2,1	2,2	2,3	3,1	3,2	3,3
Persentase Luas Area (%)										
11	Pentadecane		0.11	0.12		0.91	2.32	0.77	1.02	1.31
12	Pentane	0.06					1.95			
13	Pentadecanone		1.08	1.26		1.08				
14	Tricosane			0.35		1.17				
15	Tridecanone			1.35						
16	Tridecane		2.28		0.51		2.27		0.62	0.91
17	Tetradecane		1.12	2.27	2.43	0.71	1.26	0.49	0.84	0.95
18	Tetradecanone	0.2		1.59						
19	Undecane			0.88			1.86	0.31		
Total % Area		3.69	8.58	15.24	3.9	7.74	11.91	3.61	4.25	5.97

Keterangan

- 1.1 : Ukuran serbuk 40 mesh, tekanan H₂ 0 bar 2.3 : Ukuran serbuk 60 mesh, tekanan H₂ 15 bar
 1.2 : Ukuran serbuk 40 mesh, tekanan H₂ 10 bar 3.1 : Ukuran serbuk 80 mesh, tekanan H₂ 0 bar
 1.3 : Ukuran serbuk 40 mesh, tekanan H₂ 15 bar 3.2 : Ukuran serbuk 80 mesh, tekanan H₂ 10 bar
 2.1 : Ukuran serbuk 60 mesh, tekanan H₂ 0 bar 3.3 : Ukuran serbuk 80 mesh, tekanan H₂ 15 bar
 2.2 : Ukuran serbuk 60 mesh, tekanan H₂ 10 bar



Gambar 4. Grafik persentase area senyawa hidrokarbon yang ditemukan dari hasil analisis GCMS pada bio oil

Dari tabel 2 terlihat bahwa proses pirolisis hidrotermal crude bio oil menghasilkan 19 jenis senyawa hidrokarbon rantai panjang. Senyawa hidrokarbon yang terbanyak pada perlakuan serbuk 40 mesh dan tekan gas hidrogen 15 bar yaitu 15, 24 %. Adanya perbedaan tekanan gas hidrogen turut mempengaruhi persentase senyawa hidrokarbon yang ditemukan. Dengan perlakuan perbedaan ukuran serbuk (40, 60, 80 mesh) dan tekanan gas hidrogen (0, 10, 15 bar) terlihat trend kenaikan persentase jumlah senyawa hidrokarbon dengan bertambahnya jumlah tekanan gas hidrogen yang diberikan. Persentase tertinggi dari setiap ukuran serbuk baik

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa ditemukan 19 senyawa hidrokarbon dengan persentase tertinggi 15.24% pada perlakuan ukuran serbuk 40 mesh, tekanan gas hidrogen 15 bar.

DAFTAR PUSTAKA

Abnisa F, Arami-Niya A, Wan Daud WMA, Sahu JN, Noor IM. (2013). Utilization of oil palm tree residues to produce bio-oil and bio-char via pyrolysis. *Energy Convers. Manag.* 76 1073–1082. doi:10.1016/j.enconman.2013.08.038

- Abnisa F, Daud WMAW, Sahu JN. (2011). Optimization and characterization studies on bio-oil production from palm shell by pyrolysis using response surface methodology. *Biomass and Bioenergy*. 35(8) 3604–3616. doi:10.1016/j.biombioe.2011.05.011
- Basu P. (2013). *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction. Practical Design and Theory* diedit oleh second Edition. India: Elsevier.
- Bridgwater A V. (2012). Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*. 38: 68–94. doi:10.1016/j.biombioe.2011.01.048
- Bardalay M and Mahanta DK. (2015). A Review of Physical Properties of Biomass Pyrolysis Oil. *International Journal of Renewable Energy Research*. 5 (1) : 1 - 10.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2017). Statistik Kelapa Sawit Indonesia. Jakarta (ID).
- Caprariis B, De Filippis P, Petrullo A, Scarsella M. (2017). Hydrothermal liquefaction of biomass: Influence of temperature and biomass composition on the bio-oil production. *Fuel*. 208 618–625. doi:10.1016/j.fuel.2017.07.054
- Chang SH. (2014). An overview of empty fruit bunch from oil palm as feedstock for bio-oil production. *Biomass and Bioenergy*. 62 174–181. doi:10.1016/j.biombioe.2014.01.002
- Choi GG, Oh SJ, Lee SJ, Kim JS. (2015). Production of bio-based phenolic resin and activated carbon from bio-oil and biochar derived from fast pyrolysis of palm kernel shells. *Bioresour. Technol.* 178 99–107. doi:10.1016/j.biortech.2014.08.053
- Chiaramonti, David, Prussi, Matteo, Buffi, Rizzo M, Maria A. (2017). Review and experimental study on pyrolysis and hydrothermal liquefaction of microalgae for Biofuel Production. *Applied Energy*. 185: 963–972. doi 10.1016/j.apenergy.2015.12.001.
- Kim SJ, Jung SH, Kim JS. (2010). Fast pyrolysis of palm kernel shells: Influence of operation parameters on the bio-oil yield and the yield of phenol and phenolic compounds. *Bioresour. Technol.* 101(23) 9294–9300. doi:10.1016/j.biortech.2010.06.110
- Mattjik AA, Sumertajaya M. (2000). *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab Jilid I* 1. Bogor (ID): IPB Pr.
- Mazaheri H, Lee KT, Bhatia S, Mohamed AR. (2010). Sub/supercritical liquefaction of oil palm fruit press fiber for the production of bio-oil: Effect of solvents. *Bioresour. Technol.* 101(19) 7641–7647. doi:10.1016/j.biortech.2010.04.072
- Novianti S, Biddinika MK, Prawisudha P, Yoshikawa K. (2014). Upgrading of Palm Oil Empty Fruit Bunch Employing Hydrothermal Treatment in Lab-scale and Pilot Scale. *Procedia Environ. Sci.* 20 46–54. doi:10.1016/j.proenv.2014.03.008
- Oramahi HA, Wahdina, Diba F, Nurhaida, Yoshimura T. (2015). Optimization of Production of Lignocellulosic Biomass Bio-oil from Oil Palm Trunk. *Procedia Environ. Sci.* 28(Sustain 2014) 769–777. doi:10.1016/j.proenv.2015.07.090
- Patwahdan PR. (2010). Understanding the product distribution from biomass fast pyrolysis [Dissertation]. Iowa (USA): Iowa University.
- Sulaiman F, Abdullah N. (2011). Optimum conditions for maximising pyrolysis liquids of oil palm empty fruit bunches. *Energy*. 36(5) 2352–2359. doi:10.1016/j.energy.2010.12.067
- Xiu A, Shahbazi A, Shirley V, Cheng D. (2010). Hydrothermal Pyrolysis of Swine Manure to Bio Oil: Effects of Operating Parameters on Products Yield and Characterization of Bio Oil. *Analytical and Applied Pyrolysis* 88: 73 - 79. doi: 10.1016/j.jap.2010.02.011
- Xiu S, Shahbazi A. (2012). Bio-oil production and upgrading research: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16(7) 4406–4414. doi:10.1016/j.rser.2012.04.028
- Yang H, Yan R, Chen H, Lee DH, Zheng C. (2007). Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel*. 86(12–13) 1781–1788. doi:10.1016/j.fuel.2006.12.013
- Yang L, Nazari L, Yuan Z, Corscadden K, Xu CC, He QS. (2016) Hydrothermal liquefaction of spent coffee grounds in water medium for bio-oil production. *Biomass and Bioenergy*. 86 191–198. doi:10.1016/j.biombioe.2016.02.005