

JRL	Vol.10	No.1	Hal. 45 - 50	Jakarta, Juni, 2017	p-ISSN : 2085.3866 e-ISSN : 2580-0442
-----	--------	------	--------------	------------------------	--

PENGOLAHAN SAMPAH DENGAN TEKNOLOGI HIDROTERMAL

I Putu Angga Kristyawan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
putu.angga@bppt.go.id

Abstrak

Sampah yang tidak dipilah dengan baik disumber akan memiliki komposisi sampah beragam dan tinggi kadar air. Kondisi ini menimbulkan permasalahan kesehatan baik bagi masyarakat yang tinggal dekat dengan pembuangan akhir maupun yang tidak. Sampah dengan kriteria seperti ini, dapat diolah dengan teknologi hidrotermal. Teknologi hidrotermal memanfaatkan sifat air yang unik dan hanya berlangsung pada suhu dan tekanan yang tinggi. Hasil pengolahan sampah campuran dengan teknologi hidrotermal, menghasilkan produk yaitu bahan bakar padat. Bahan bakar padat ini memiliki nilai kalor yang setara dengan batubara batubara *sub-bituminus* grade rendah. Tantangan pengembangan teknologi hidrotermal untuk mengolah sampah datang dari segi pembiayaan, proses pengeringan produk, dan modeling pembakaran bahan bakar produk.

kata kunci : sampah, campuran, kadar air tinggi, hidrotermal, bahan bakar padat

HYDROTHERMAL TECHNOLOGY FOR WASTE TREATMENT

Abstract

Waste that not separated in the source will have heterogen composition and high moisture content. This condition makes health problem to the people that stayed near or far from the landfill. This kind of waste can be treating using hydrothermal technology. Hydrothermal technology applied water unic behavior in high temperature and pressure. A result of hydrothermal technology for waste treatment is solid fuel. Solid fuel product reported has similar heating value as low-grade sub bituminous coal. Treatment for developing this technology came from cost, dewatering proceses, and combustion modeling for the solid fuel product.

keywords : waste, heterogen, high moisture content, hydrothermal, solid fuel

I. PENDAHULUAN

Tahapan dalam penanganan sampah yang ada saat ini adalah diawali dengan pengumpulan sampah pada sumber, pengangkutan ke tempat penampungan sementara dan akhirnya dipindahkan lagi ke tempat pembuangan akhir. Sumber sampah yang beragam dikumpulkan dalam wadah sampah, wadah tersebut biasanya adalah dalam kantong plastik. Kantong plastic digunakan oleh sebagian besar masyarakat karena ringkas, mudah dibuang dan tidak bocor. Kantong plastic yang berisikan sampah tersebut dikumpulkan dan kemudian diangkut menggunakan gerobak kecil ke tempat penampungan sementara. Truk sampah kemudian mengambil kantong – kantong sampah yang ada di penampungan sementara, dan kemudian dibawa ke pembuangan akhir. Sistem pembuangan yang dilakukan dipembuangan akhir saat ini menggunakan sistem landfill atau open dumping. Sistem ini menimbulkan permasalahan lingkungan terutama pencemaran air tanah, bau, dan kesehatan bagi sekitarnya (Wahyono,2001).

Kesehatan masyarakat dapat dipengaruhi oleh sampah baik secara langsung maupun tidak langsung. Sampah dapat menjadi tempat berkembangnya parasit maupun makhluk hidup yang membahayakan kesehatan. Makhluk tersebut seperti tikus, kecoa, lalat dan nyamuk dapat berkembang didalam tumpukan – tumpukan sampah dan membawa penyakit antara lainnya diare, malaria dan masih banyak penyakit mematikan lainnya (Tobing, 2005). Contohnya adalah masalah kesehatan yang sering dirasakan penduduk di sekitar TPA sampah di Jombang. Dilaporkan masalah kesehatan yang sering muncul adalah diare (50%), ISPA (37,5%) dan lain-lain (12,5%). Pekerja didalam TPA sendiri sering mengalami masalah kesehatan antara lainnya ISPA (80%) dan penyakit kulit (20%) (Fidiawati, 2013). Air lindi dari pembuangan akhir juga dilaporkan mempengaruhi kesehatan masyarakat yang sering menggunakan air sungai. Contohnya adalah pencemaran sungai Batang Ayumi yang diakibatkan oleh TPA Batu Bola, Padangsidampua. Masyarakat pengguna air sungai mengeluhkan beberapa penyakit berupa kulit dan mata yang gatal – gatal, merah dan panas (Harahap dkk, 2012).

Masalah utama dalam pengelolaan sampah adalah kesadaran akan mengelola sampah. Tingkat kesadaran untuk berperilaku

yang baik atau dapat mengelola sampah dengan baik masih tergolong rendah. Perilaku atau sikap akan kepedulian lingkungan terutama dalam masalah sampah seharusnya dimulai dari tingkat pendidikan terendah yaitu Sekolah Dasar. Kepedulian tinggi terhadap lingkungan dapat ditumbuhkembangkan dengan bantuan media, dukungan pengajar, perilaku sehari – hari atau kebiasaan yang ada dan ketersediaan sarana pendidikan yang peduli terhadap lingkungan (Nurhadyana, 2012). Tidak terpenuhinya kebutuhan dasar dalam upaya tumbuh kembang kepedulian anak terhadap lingkungan akan mempengaruhi perilaku anak ketika dewasa. Penelitian yang dilakukan di daerah Kabupaten Semarang, menunjukkan bahwa adanya korelasi antara pengetahuan Ibu Rumah Tangga terhadap perilaku pembuangan sampah plastic secara sembarangan. Dalam penelitian ini perilaku membuang sampah sembarangan tinggi yaitu 58,1% pada Ibu rumah tangga yang berpendidikan rendah. (Setyowati dkk, 2013).

Komposisi sampah utama di Indonesia adalah sampah organic dan plastic. Dimana penyumbang utamanya adalah rumah tangga. Upaya yang telah dilakukan dalam menanggulangi permasalahan sampah rumah tangga ini adalah menggunakan teknologi kompos. Namun pemasyarakatan teknologi composting untuk sampah rumah tangga perlu diperluas. Pengelolaan ini sangat sederhana, namun perlu perhatian lebih dan waktu dari masyarakat. Manfaat composting yang dapat dirasakan secara langsung adalah kebersihan, kesehatan, kelestarian lingkungan dan penambahan pendapatan (Munawir, 2012). Perkembangan teknologi dapat membantu pengolahan sampah secara composting. Peningkatan produksi kompos untuk sampah rumah tangga dapat menggunakan komposter elektrik. Komposter elektrik, telah dikaji dan dapat memenuhi ekspektasi tingkat produksi (Mutaqin dkk, 2010). Berbeda dengan sampah organic, sampah plastic tidak dapat dikompos. Pengurangan limbah plastic dalam tumpukan sampah dapat dikurangi dengan menerapkan perilaku ataupun tindakan penggantian bungkus barang dengan kain, menggunakan plastic biodegradable, dan daur ulang limbah plastic (Nasution, 2015).

Komposting maupun daur ulang yang dilakukan di tempat pembuangan akhir membutuhkan tingkat manajemen persampahan yang baik. Sampah sebaiknya telah dipisahkan mulai dari sumbernya.

Sampah dapat dipisahkan disumber sesuai dengan jenisnya. Jenis sampah yang dimaksud antara lainnya adalah sampah organik, sampah plastic, sampah ataupun limbah berbahaya seperti limbah elektronik. Namun hal ini sangat membutuhkan tingkat kesadaran dalam pengelolaan sampah yang sangat baik. Untuk dapat menanamkan perilaku ini di sumber sampah akan memerlukan waktu yang lama. Salah satu teknologi yang dapat diaplikasikan untuk masyarakat dengan perilaku pemilahan sampah yang masih buruk adalah teknologi hidrotermal. Teknologi tersebut adalah pengolahan sampah menggunakan proses hidrotermal yang melibatkan penggunaan air dalam suatu kondisi suhu dan tekanan tertentu. Untuk mengetahui tentang teknologi ini, maka artikel ini ditujukan untuk mengkaji tentang penerapan teknologi hidrotermal dalam pengolahan sampah.

II. BAHASAN

Kajian mengenai teknologi hidrotermal untuk pengolahan sampah dilakukan dengan *review literature* yang berkaitan dengannya. Hal – hal yang dibahas adalah proses dari hidrotermal, parameter – parameter dalam proses hidrotermal tersebut, aplikasi dalam pengolahan sampah serta kajian akan kekurangan maupun kelebihan dari teknologi hidrotermal dalam pengelolaan sampah. Kajian ini dibatasi dalam kerangka memberikan pemahaman terhadap teknologi hidrotermal khususnya untuk pengolahan sampah. Kajian ini tidak menarik kesimpulan apakah teknologi hidrotermal tepat digunakan di Indonesia.

2.1. Teknologi Hidrotermal

Teknologi hidrotermal telah diaplikasikan secara luas dalam pengolahan biomassa dengan kadar air tinggi atau sampah organik menjadi bahan bakar atau bahan baku untuk pemakaian lainnya (Toor dkk, 2011). Proses hidrotermal diaplikasikan pada biomassa untuk menghasilkan bahan bakar cair. Biomassa melalui tahapan proses Hydrothermal liquefaction (HTL) lalu mengalami upgrading. Hasil HTL dari biomassa adalah limbah padat, air daur ulang, bahan bakar cair, offgas, dan limbah cair. Offgas direaksikan kedalam hydrogen plant dengan natural gas dan uap panas. Hasil dari reaksi ini adalah hydrogen yang kemudian diupgrading untuk dapat dijadikan bahan bakar cair. Proses Hydrotermal ini berlangsung di kisaran suhu 300 - 350 °C dan tekanan 18 – 20 MPa (Zhu dkk, 2014).

Bahan baku lainnya yang dapat diolah dengan teknologi hidrotermal untuk dijadikan sumber energy adalah microalgae hingga bahan inorganics. Mikroalgae dapat diekstraksi dengan teknik hidrotermal. Teknik ekstraksi mikroalga dengan menggunakan hidrotermal memiliki keuntungan dapat menghasilkan minyak dari segala jenis komponen biochemical mikroalga dibandingkan dengan teknik ekstraksi secara fisik. Teknik ini dilakukan dalam reaktor diam dengan suhu hingga 350 °C (Biller dan Ross, 2011). Hydrothermal liquefaction algae bila berlangsung secara continue dan dalam jumlah yang besar dapat memberikan efisiensi energy dan karbon yang tinggi (Elliott dkk, 2015).

Teknologi Hidrotermal dapat pula menghasilkan energy dari mengolah limbah tanaman jagung dan sekam. Prosesnya berjalan secara optimal dalam kondisi 20 mg/2,5 ml air, 384 °C, 17 detik untuk limbah jagung, dan 20 mh/2,5 ml air, 384 °C, 19 detik untuk sekam (Zhao dkk, 2009) HTL juga dapat memproduksi minyak mentah dari bahan inorganics. Bahan baku seperti kompos jamur dilaporkan juga mampu diolah dengan HTL yang rendah biaya namun dengan ketersediaan yang tinggi (Jasiunas dkk, 2017). Aplikasi lainnya dari teknologi hidrotermal adalah dalam pembentukan nano material dan komposit. Teknologi ini memberikan pengaruh pada proses preparasi hingga sintesis beberapa jenis nano material maupun komposit (Byrappa dan Adschiri, 2007)

Proses hidrotermal dilihat dari aplikasi yang ada memiliki kesamaan parameter fisis dalam prosesnya. Air digunakan dalam proses ini dan direaksikan di kisaran suhu 300 - 350 °C dan tekanan 18 – 20 MPa. Didalam keadaan ini air dapat menjadi katalis. Air didalam suhu dan tekanan tinggi ini, mempercepat perubahan wujud dari bahan yang diolah dalam reaktornya.

2.2. Teknologi Hidrotermal dalam Mengolah Sampah

Hidrotermal teknologi untuk pengolahan sampah berasal dari penggunaan teknologi konversi secara termokimia terhadap biomassa. Saat ini terdapat tiga sub teknologi konversi secara termokimia yaitu gasifikasi, pirolisis dan hidrotermal *liquefaction* (Toor dkk, 2011). Prosesnya sangat berbeda dengan pirolisis maupun gasifikasi. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, air dijadikan katalis untuk perubahan wujud material organik dengan mereaksikannya pada kisaran suhu 300 - 350 °C dan tekanan 18 – 20 MPa. Proses hidrotermal

meningkatkan sifat *hydrophobic* dari sampah padat terutama yang memiliki kandungan air tinggi seperti sampah organik. Sebagai akibatnya, air akan dipisahkan dari sampah organik secara mudah dan cepat. Hal ini sangat membantu dalam proses pembakaran karena nilai kalor bertambah akibat terjadinya proses tersebut (Zhao dkk, 2014).

Selain sampah organik, jenis sampah lainnya seperti kertas dan plastic dapat diolah dengan teknologi hidrotermal ini. Tabel 1 merupakan contoh komposisi sampah yang telah diuji cobakan diolah dengan teknologi hidrotermal. Sampah tersebut diolah dalam sebuah reaktor hidrotermal skala laboratorium. Kondisi hidrotermal yang digunakan adalah suhu 220 °C dan tekanan 2,4 MPa. Dengan waktu tunggu dalam reaktor selama 30 menit.

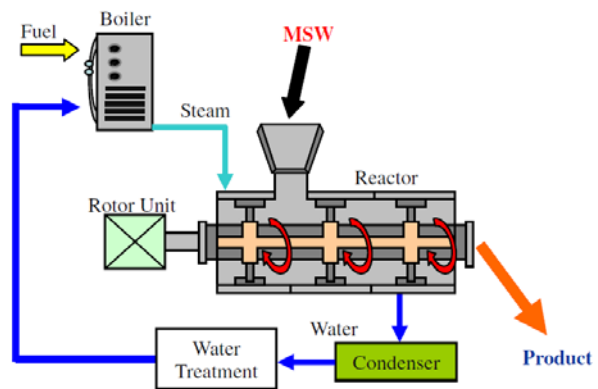


a. sebelum diolah b. setelah diolah
Gambar 1. Kondisi sampah yang diolah dengan teknologi Hidrotermal (Lu dkk, 2011).

Gambar 1. Merupakan bentuk sampah yang diolah (a) dan produk setelah pengolahan (b). Pengolahan sampah dengan teknologi hidrotermal menghasilkan sebuah produk baru. Produk tersebut mengalami peningkatan energy pada setiap jenis bahan baku sampah yang digunakan. Peningkatan ini terjadi antara 1,01 – 1,41 kali dari energy per satu satuan berat dan 6,39 – 9,00 kali dari energy persatuan volumenya. Selain energy, terdapat juga peningkatan di jumlah karbon dan abu (Lu dkk, 2011). Produk ini dilaporkan dapat memiliki rata – rata nilai kalori 20 MJ/kg yang setara dengan nilai kalori batubara sub-bituminus *grade* rendah (Prawisudha dkk, 2012).

Selain pada skala laboratorium, pengujian

juga telah ada yang dilakukan dalam skala pilot plat seperti tampak pada gambar 2. Dalam skala pilot plant procedure proses yang berlangsung sedikit berbeda. Pada proses awalnya, sampah dimasukkan dalam reaktor. Boiler yang telah dipanaskan, diharapkan dapat menghasilkan uap air dengan tekanan dan suhu yang telah ditentukan untuk proses hidrotermal. Uap air yang telah memenuhi parameter proses hidrotermal kemudian dialirkan kedalam reaktor yang telah berisikan sampah. Didalam reaktor sampah, uap air diaduk selama selang waktu yang telah ditentukan. Selang waktu atau waktu tinggal didalam reaktor tergantung atas produk yang ingin dihasilkan. Selain produk, reaktor ini juga menghasilkan sisa uap air yang dapat di daur ulang untuk proses selanjutnya.



Gambar 2. Pilot Plant Pengolahan sampah dengan teknologi hidrotermal (Prawisudha dkk, 2012).

Sama halnya dengan *Hydrothermal liquefaction* untuk biomassa, teknologi hidrotermal untuk pengolahan sampah juga mengalami kendala dalam hal tingginya biaya investasi. Penerapan teknologi hidrotermal memiliki biaya investasi yang tinggi dibandingkan dengan dengan teknologi konversi biomassa lainnya seperti pirolisis dan gasifikasi. Tingginya biaya ini disebabkan oleh biaya yang timbul untuk proses dalam tekanan tinggi dan material yang digunakan (Zhu dkk, 2014).

Tabel 1. Komposisi sampah yang telah diolah menggunakan teknologi hidrotermal (Lu dkk, 2011)

Sampah	Komposisi umum (% berat)					
	Kertas	Plastik	Kayu	Food	Textiles	Inert
Jepang	42,9	6,8	9,0	35,9	4,4	1,0
India	27,2	4,0	40,8		5,7	22,3
Cina	12,8	13,0	9,1	58,8	4,4	1,9

Hydrothermal liquefaction memiliki potensi yang tinggi untuk sampah dengan kadar air tinggi (Elliott dkk, 2015). Namun pengembangan teknologi hidrotermal masih memiliki kendala dalam modeling proses untuk skala komersial dan juga pengembangan akan katalis dalam reaksinya (Toor dkk, 2011). Salah satu sisa pembakaran yang tidak sempurna dari sampah yaitu berupa organik Cl. Organik Cl berbahaya dalam proses pembakaran karena dapat membentuk senyawa *dioxin*. Teknologi hidrotermal dapat mengubah organik CL menjadi inorganik Cl pada kondisi tertentu. Inorganik Cl hasil pengolahan sebagian besar akan dibuang melalui pembakaran produk ke dalam debunya. Namun hal ini sangat bergantung pada sampah yang diolah, sehingga model pembakarannya perlu investigasi mendalam apakah akan selalu dapat mengurangi gas berbahaya (Zhao dkk, 2014). Pengolahan sampah yang lebih homogen akan memudahkan pemodelan penggunaan teknologi hidrotermal untuk pengolahan sampah. Pengolahan sampah padat dari perkebunan kelapa sawit dilaporkan juga memiliki nilai kalori yang tinggi yaitu 20,5 – 22,8 MJ/kg (Srikandi dkk, 2014). Pengolahan limbah kelapa sawit ini dapat menghasilkan produk samping berupa pupuk organik cair. Hal ini karena nutrisi dari kelapa sawit sebesar 37% nitrogen, 65% potassium dan 10% phosphor larut kedalam air produk akibat proses hidrotermal (Nurdiawati dkk, 2015).

Pengolahan sampah yang homogen tampak lebih menjanjikan dibandingkan sampah heterogen seperti sampah perkotaan yang telah diujikan dengan teknologi hidrotermal. Selain mengenai modeling pengolahan sampah dengan proses hidrotermal tantangan pengembangan masih tampak dari segi mekanisme pengeringan produk, optimasi desain, biaya dan operasional dengan memperhatikan berbagai aspek kesetimbangan energy, perlakuan terhadap produk yang dihasilkan hingga proses pengeringan (Zhao dkk, 2014).

III. KESIMPULAN

Teknologi hidrotermal merupakan teknologi konversi termokimia. Teknologi hidrotermal untuk pengolahan sampah berlangsung pada suhu 220 °C dan tekanan 2,4 MPa. Teknologi hidrotermal mampu mengolah sampah baik itu sampah homogen ataupun campuran, dengan kadar air yang tinggi seperti sampah organik. Hasil olahan, desain dan proses teknologi hidrotermal sangat dipengaruhi

oleh komposisi sampah yang akan diolah. Hasil dari pengolahan sampah dengan teknologi hidrotermal dapat berupa bahan bakar padat dengan nilai kalor setara dengan batubara sub-bituminus *grade* rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alprida Harahap, Evi Naria, Devi Nuraini Santi. 2012. Analisis Kualitas Air Sungai Akibat Pencemaran Tempat Pembuangan Akhir Sampah Batu Bola dan Karakteristik serta Keluhan Kesehatan Pengguna Air Sungai Batang Ayumi di Kota Padangsidempuan Tahun 2012. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Imran SL Tobing. 2005. Dampak Sampah terhadap Kesehatan Lingkungan dan Manusia. Lokakarya “Aspek Lingkungan dan Legalitas Pembuangan Sampah serta Sosialisasi Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Bahan Baku Pembuatan Kompos”. Jakarta.
- Intan Nurhadyana. 2012. Faktor – Faktor yang Berhubungan dengan Perilaku membuang Sampah pada Siswa Sekolah Dasar Negeri (SDN) di Kecamatan Bantar Gebang, Tahun 2012. Universitas Indonesia. Jakarta
- K. Byrappa dan T. Adschiri. 2007. *Hydrothermal Technology for Nanotechnology*. Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials. Doi:10.1016/j.pcrysgrow.2007.04.001
- Linda Fidiawati dan Sudarmaji. 2013. Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kabupaten Jombang dan Kesehatan Lingkungan Sekitarnya. Jurnal Kesehatan Lingkungan Volume 7 Nomor 1. Surabaya.
- Liang Lu, Tomoaki Namioka dan Kunio Yoshikawa. 2011. *Effects of hydrothermal treatment on characteristics and combustion behaviors of municipal solid wastes*. Applied Energy 88. www.elsevier.com/locate/apenergy
- Lukas Jasiunas, Thomas H. Pedersen, Saqib S. Toor, Lasse A. Rosendahl. 2017. *Biocrude production via supercritical Hydrothermal co-liquefaction of spent mushroom compost and aspen wood sawdust*. Renewable Energy 111. www.elsevier.com/locate/renene
- Munawir. 2012. Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di RT 04/RW 01 Cipadu, Larangan, Tangerang. Jurnal Manajemen & Bisnis Aliansi.

- Mutaqin dan Totok Heru. 2010. Pengelolaan Sampah Limbah Rumah Tangga dengan Komposter Elektrik berbasis Komunitas. Jurnal Litbang Sekda DIY Biro Adm. Pembang. Yogyakarta.
- P. Biller dan A.B. Ross. 2011. *Potential yields and properties of oil from the hydrothermal liquefaction of microalgae with different biochemical content.* *Bioresource Technology.* www.elsevier.com/locate/biortech
- Panji Prawisudha, Tomoaki Namioka, dan Kunio Yoshikawa. 2012. *Coal alternative fuel production from municipal solid wastes employing hydrothermal treatment.* *Applied Energy* 90. www.elsevier.com/locate/apenergy
- Peitao Zhao, Yafei Shen, Shifu Ge, Zhenqian Chen, dan Kuni Yoshikawa. 2014. *Clean solid biofuel production from high moisture content waste biomass employing hydrothermal treatment.* *Applied Energy* 131. www.elsevier.com/locate/apenergy
- Reni Silvia Nasution. 2015. Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik. *Journal of Islamic Science and Technology* Volume 1 Nomor 1. Aceh
- Ririn Setyowati dan Surahma Asti Mulasari. 2013. Pengetahuan dan Perilaku Ibu Rumah Tangga dalam Pengelolaan Sampah Plastik. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional* Volume 7 Nomor 12. Yogyakarta.
- Saqib Sohail Toor, Lasse Rosendahl dan Andreas Rudolf. 2011. *Hydrothermal liquefaction of biomass: A review of subcritical water technologies.* *Energy* 36. www.elsevier.com/locate/energy
- Sri Wahyono. 2001. Pengolahan Sampah Organik dan Aspek Sanitasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan* Volume 2 Nomor 2. Jakarta
- Yan Zhao, Wen-Jing Lu, Hong-Tao Wang, Jin-Long Yang. 2009. *Fermentable hexose production from corn stalks and wheat straw with combined supercritical and subcritical hydrothermal technology.* *Bioresource Technology.* www.elsevier.com/locate/biortech
- Yunhua Zhu, Mary J. Bidy, Susanne B. Jones, Douglas C. Elliot, Andrew J. Schmidt. 2014. *Techno-economic analysis of liquid fuel production from woody biomass via hydrothermal liquefaction (HTL) and upgrading.* *Applied Energy* 129. www.elsevier.com/locate/apenergy
- Srikandi Novianti, M.K. Diddinika, Pani Prawisudha, dan Kunio Yoshikawa. 2014. *Upgrading of Palm Oil Empty Fruit Bunch Employing Hydrothermal Treatment in Lab-scale and Pilot Scale.* *4th International Conference on Sustainable Future for Human Security, Sustain 2013.*
- Anissa Nurdiawati, Srikandi Novianti, Ilman Nuran Zaini, Bakhtiyor Nakhshinieva, Hiroaki Sumida, Fumitake Takahashi, dan Kunio Yoshikawa. 2015. *Evaluation of Hydrothermal Treatment of Empty Fruit Bunch for Solid Fuel and Liquid Organic Fertilizer Co-Production.* *Energy Procedia.*