

STUDI PEMANFAATAN LIMBAH B3 SLUDGE PRODUCED WATER SEBAGAI BAHAN BAKU REFUSE DERIVED FUEL (RDF)

UTILIZATION STUDY OF SLUDGE PRODUCE WATER HAZARDOUS WASTE AS THE MAIN MATERIAL FOR REFUSE DERIVED FUEL (RDF)

***¹Anggi Pertiwi Putridan ²Sukandar**

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha No.10 Bandung 40132

e-mail : ¹anggipertiwiputri@gmail.com dan ²sukandar2001@yahoo.com

Abstrak: Kebutuhan sumber energi terbarukan semakin penting mengingat kebutuhan akan energi yang terus meningkat. "Waste to Energy" adalah konsep yang sesuai untuk memecahkan masalah ini. Refuse derived fuel (RDF) sebagai salah satu aplikasi dari konsep tersebut yang menggunakan residu memiliki nilai kalor yang tinggi sebagai bahan bakar. Sludge produce water merupakan salah satu limbah industri minyak dan gas bumi kategori limbah bahan berbahaya dan beracun yang memiliki karakteristik kandungan C-organik mencapai 52,03%, total petroleum hidrokarbon sebesar 32,216% dan nilai kalor mencapai 4.100,39 kal/gr yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif aplikasi waste to energi dengan metode RDF. Sementara biomassa seperti kompos, serbuk gergaji, dan tandan kelapa sawit mudah ditemukan namun belum banyak dimanfaatkan juga berpotensi menjadi bahan campuran RDF dalam upaya meningkatkan nilai kalor. Sludge produced water dan biomassa dapat dimanfaatkan menjadi RDF dengan kombinasi yang tepat sehingga menghasilkan nilai kalor yang optimum untuk bahan bakar. Penelitian ini meninjau karakteristik dan nilai kalor bahan dengan proximate analysis dan bom kalorimeter. Penelitian dilakukan dengan mencampurkan biomassa dan sludge produced water dengan rasio 1:3, 2:2, dan 3:1 serta menambahkan bahan perekat berupa tepung kanji dengan konsentrasi 1%, 2%, dan 5%. Nilai kalor paling baik yang dihasilkan adalah dari kombinasi sludge produced water dan serbuk gergaji perbandingan 1:3 dengan konsentrasi perekat 5% yang menghasilkan nilai kalor sebesar 4.933,95 kal/gram. Waste to energi dalam bentuk RDF ini dapat dijadikan alternatif pemanfaatan limbah B3 sludge produced water.

Kata kunci : Nilai kalor, Refuse Derived Fuel, Sludge Produced Water.

Abstract: Renewable source of energy is an important issue due to the needs of greater energy source. Refuse Derive Fuel (RDF) as one of waste to energy applications uses biomass and residue containing high caloric value as fuel. Oil and gas industry produce sludge produce water categorized as hazardous waste with the C-organic content approximately 52,03%, total petroleum hydrocarbon around 32,216% and caloric value as much as 4.100,39kal/gram can be used as one of the alternative of waste to energy applications with refuse derived fuel method. On the other hand, biomasses like compost, sawdust, and bunches of palm oils are easily found but not much utilized also potential as RDF material. Sludge produced water and biomass could be utilized as RDF materials with proper combination so it can produce optimum caloric value for fuel. The study was conducted by mixing biomass and sludge produced water with the ratio 1:3 2:2, and 3:1 also added with starch as an adhesive material with the concentration of 1%, 2%, and 5%. From the analysis we found the optimum heating value of the material mixing with the composition of the sludge produced water 25% and 75% sawdust (1:3) with 5% concentration of adhesive. The calorific value of this composition reaches 4.933,95 kal/gram. Waste to energy in the form of RDF can be an alternative to utilize sludge produced water hazardous waste.

Key words: Calorific Value, Refused Derived Fuel, Sludge Produced Water

PENDAHULUAN

Dalam kegiatannya, industri minyak dan gas tidak hanya memproduksi minyak mentah (*crude oil*) namun juga limbah yang berdampak negatif bagi lingkungan yang menjadi masalah untuk industri minyak dan gas karena sifatnya yang berbahaya dan beracun. Limbah *produced water* merupakan limbah cair yang keluar dari sumur pengeboran bersama-sama dengan minyak dan gas yang kemudian dipisahkan dari minyak selama proses produksi menggunakan teknologi separator. Limbah *produce water* memiliki potensi dampak terhadap lingkungan yang sangat besar karena pembuangannya yang kontinyu. Produk sampingan dari penyisihan *suspended solid* limbah *produced water* adalah limbah padat dalam bentuk lumpur yang disebut *sludge produced water* (Mukhtasor,2000).

Ada berbagai metode pembuangan untuk lumpur yang berasal dari operasi kilang. Namun setiap kilang menggunakan metode tertentu yang didasarkan pertimbangan ekonomi dan geografi local (Alshammari et al,2008). Umumnya *sludge produced water* diolah dengan bioremediasi, solidifikasi, dan disposal. Sementara usaha pemanfaatan limbah B3 *sludge produced water* masih sangat minim.

Limbah *sludge produced water* adalah limbah B3 yang memiliki potensi untuk dijadikan bahan bakar alternatif dalam konsep *coprocessing* di industri karena mempunyai nilai kalor yang tinggi, yaitu 5.870 kkal/kg. Namun, perlu diperhatikan karakteristik dari *sludge produced water* yang tergolong ke dalam limbah B3 sebelum dimanfaatkan karena potensinya mencemari lingkungan, mengganggu kesehatan manusia serta sifatnya yang mudah terbakar (*flammable*) (Shie, Je-Lueng, 2000).

Dewasa ini, keberadaan sumber energi minyak dan gas bumi mulai terbatas. Oleh karena itu, perlu adanya inovasi-inovasi baru untuk mencari sumber energi terbarukan. Salah satu solusi yang dapat diterapkan di Indonesia adalah konsep “*waste to energi*”, yaitu dengan mengubah limbah menjadi salah satu sumber energi.

Refuse Derived Fuel (RDF) merupakan salah satu penerapan konsep *waste to energi* yang memanfaatkan bahan bakar alternatif yang berasal dari residu atau bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang tinggi. RDF dapat dibakar sebagai bahan bakar alternative atau pun dicampurkan dengan bahan bakar lainnya seperti batu bara. Pembuatan RDF memanfaatkan keberadaan sampah yang memiliki nilai kalor tinggi dalam jumlah dan kualitas yang sangat banyak. (Dong et.al,2008) Bahan bakar padat ini diproduksi dari pencampuran produk lumpur minyak (karbonasi RDF) dan dengan lumpur industri dengan rasio pencampuran tertentu. Material ini dapat diproses menjadi bentuk padat yang memiliki keandalan, bentuk penyimpanan, keterbakaran, dan nilai ekonomis yang baik (Hiroyuki Uesugi,2003).

Pendekatan RDF telah banyak diterapkan di negara-negara Asia seperti Korea dan Jepang. Kurangnya lahan untuk lahan landfill dan kurangnya pasokan energi mendorong mereka untuk memanfaatkan sampah menjadi RDF. Korea merupakan negara dengan kawasan industri yang memiliki beberapa jenis limbah padat yang potensial untuk RDF seperti kertas, kayu, tekstil, plastik, karet, dan lumpur yang berasal dari industri (Dong et.al,2008).

Perlunya inovasi alternatif sumber energi dan adanya potensi bahan bakar dari *sludge produced water* memberikan pandangan *sludge produced water* dengan nilai kalor yang tinggi dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku *Refuse Derived Fuel*. Oleh karena itu dibutuhkan kajian mengenai pemanfaatan *sludge produced water* sebagai bahan baku *Refuse Derived Fuel*. Penelitian ini meninjau keterbakaran *sludge produced water* menggunakan proximate analysis dan bom kalorimeter setelah dicampur dengan biomassa seperti kompos, tandan kelapa sawit, dan serbuk gergaji.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian skala laboratorium dilakukan di Laboratorium Buangan Padat dan B3, Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Sampel *sludge produced water* berasal dari salah satu perusahaan eksplorasi minyak dan gas bumi yang berada di Indonesia. Selain itu dipilih 3 jenis biomassa sebagai bahan pencampur yaitu kompos, serbuk gergaji, dan tandan kelapa sawit. Keempat bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat di **Gambar 1**.



Gambar 1 Material Refused Derived Fuel (a) Serbuk Gergaji (b) Kompos (c) Sludge Produced Water (d) Tandan Kelapa Sawit

Tahapan penelitian dimulai dengan penentuan karakterisasi dari masing-masing biomassa dan *sludge produced water* yang terdiri dari penentuan kadar air, volatile, kadar abu, *fixed carbon*, dan nilai kalor. Nilai kalor diukur dengan Bom Kalorimeter Oksigen tipe 1108 PARR 1261 sedangkan kadar air, abu, volatil dan *fixed carbon* ditentukan dengan metode ASTM Standard D 3172 yang diusulkan oleh Brunner (1994). Selain itu untuk *sludge produced water* juga diukur kandungan C Organik, *Total Petroleum Hidrocarbon (TPH)*, dan kandungan logam berat. Biomassa dan *sludge produced water* kemudian dicampur dengan rasio 1:3 ; 2:2 ; 3:1 (w/w). Campuran kemudian ditambahkan dengan bahan perekat berupa tepung kanji dengan konsentrasi 1%, 2%, dan 5%. Analisa komposisi dan keterbakaran dilakukan guna menentukan komposisi campuran *sludge produced water* dan biomassa yang menghasilkan nilai kalor paling optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah B3 *Sludge Produced Water*

Sludge produced water digunakan sebagai bahan baku RDF. Untuk mengetahui karakteristik limbah B3 ini dilakukan uji kadar air, kadar volatil, kadar abu, dan kadar *fixed carbon* yang dihubungkan dengan nilai kalor yang terkandung dalam bahan tersebut. Untuk analisis *proximate* dilakukan secara duplo. Berikut ini adalah **Tabel 1** yang berisi data hasil analisa *proximate* limbah B3 *sludge produced water*.

Tabel 1. Karakteristik Sludge Produced Water

No	Kadar	Nilai	Unit
1	Volatile	37,579	%
2	Abu	30,306	%
3	<i>Fixed carbon</i>	3,215	%
4	Air	28,9	%
5	Nilai Kalor	4.100,39	Kal/gram

Pada **Tabel 1** dapat dilihat kadar air dari *sludge produced water* lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar air *sludge produced water* dari sumber limbah yang sama pada penelitian Udyani (2012) yang memiliki nilai kadar air mencapai 68,6%. Hal ini dikarenakan *sludge produced water* telah mengalami pengeringan secara alami selama kurang lebih 3 bulan dengan bantuan panas matahari. Menurut Damanhuri (2013) kadar air merupakan parameter paling penting dalam penentuan RDF dan nilainya sebaiknya dibawah 30%.

Kadar volatil dari limbah *sludge produced water* sebesar 37,579%. Nilai ini merupakan angka yang cukup tinggi karena diatas 30%. Semakin tinggi nilai kadar volatil, maka suatu bahan akan bersifat lebih reaktif dibandingkan dengan bahan yang memiliki kadar volatil lebih rendah. (Sondari, 2010; Sulistyanto, 2007). Hal ini menunjukkan bahwa limbah *sludge produced water* bersifat reaktif. Menurut Sari (2010) bila suatu bahan memiliki kandungan volatil yang tinggi, maka sifat penyalan (*ignition*) dan pembakarannya pun baik. Bila kandungan bahan yang mudah menguap semakin tinggi, maka selain penyalan dan pembakaran bahan menjadi mudah dan nyala api yang dihasilkan juga bagus (panjang). Kadar volatil juga menunjukkan asap yang terbentuk saat pembakaran. Menurut Ivanon *et al.* (2003) bahan bakar yang memiliki asap yang lebih sedikit biasanya mengandung tidak lebih dari 20% kadar volatil. Dengan kadar volatil sebesar 37,579% maka *sludge produced water* akan menghasilkan asap yang lebih banyak saat pembakaran.

Kadar abu merupakan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran. Residu tersebut berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran. Salah satu unsur utama abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan. (Nailul, 2009) Kadar abu yang dimiliki oleh *sludge produced water* cukup besar yaitu senilai 30,306%. Menurut Sondari (2010) semakin rendah nilai kadar abu yang dimiliki oleh suatu bahan bakar terutama arang atau batu bara, sama halnya dengan RDF akan memiliki kualitas lebih baik. Nilai kadar abu yang tinggi akan mengakibatkan masalah pada bahan bakar pada saat dibakar pada suhu yang tinggi. Persentase kadar abu juga menunjukkan persentase residu yang akan dihasilkan setelah pembakaran. Besarnya kadar abu yang dimiliki *sludge produced water* akan mempengaruhi pengolahan setelah proses pembakaran RDF. Kadar *fixed carbon* yang terkandung dalam *sludge produced water* sebesar 3,215% berat keringnya. Kadar *fixed carbon* dipengaruhi oleh kadar volatil dan kadar abu. Semakin besar kadar zat volatil dan kadar abu maka akan menurunkan kadar *fixed carbon* (Nailul, 2009).

Nilai kalor yang dihasilkan oleh *sludge produced water* adalah sebesar 4100.39 kal/gram. Sampel dihitung nilai kalornya dengan menggunakan bom kalorimeter dengan sampel 0,8-0,9 gram setelah sebelumnya dipanaskan di oven 105°C (kadar kering). Agar bermanfaat, layak dan efektif sebagai bahan bakar, RDF perlu memiliki nilai kalor yang cukup tinggi atau kisaran nilai yang tinggi dan konsisten dan diproduksi untuk spesifikasi yang akan menghasilkan pembakaran yang efektif dan efisien (Environment Protection Authority, 2010).

Nilai kalor merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas RDF. Nilai kalor adalah sejumlah kalor yang dihasilkan oleh suatu bahan pada saat proses termal dilakukan terhadap bahan tersebut. RDF diharapkan dapat memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga efisiensi penggunaan energi pada saat pembuatan RDF lebih kecil daripada energi yang dapat dihasilkan dari RDF tersebut

Selain *proximate analysis* dan nilai kalor dihitung pula parameter C Organik dan Total Petroleum Hidrokarbon dari *sludge produced water* yang bisa dilihat pada **Tabel 2**. Kadar TPH dari *sludge produced water* lebih dari 15% yaitu sebesar 31,216% sehingga potensi pemanfaatannya masih sangat tinggi. Sementara untuk kandungan C-Organik dari *sludge produced water* cukup tinggi mencapai 52,03% dari berat kering. Bila dibandingkan dengan penelitian Udyani (2012) nilai C Organik dan TPH tidak berbeda jauh yaitu sebesar 51,72% dan 30,516% dari berat keringnya. Menurut Sondari (2010) semakin banyak kandungan C dan H dalam suatu material, maka akan semakin tinggi nilai kalor yang dapat dihasilkan oleh material tersebut. Nilai kalor *sludge produced water* yang cukup tinggi dipengaruhi oleh tingginya kadar C Organik dan Total Petroleum Hidrokarbon.

Tabel 2. Kandungan C Organik dan TPH Sludge Produced Water

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	C-organik	52,03	% BK
2	TPH	31,216	%BK

Sludge produced water juga dianalisa kandungan logam beratnya dengan metode AAS. Hasilnya bisa dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Kandungan *trace metal* pada *sludge produced water* dan perbandingan dengan baku mutu RDF

Parameter	Unit	Sludge	Baku Mutu
As	mg/Kg	1,0	10
Ba	mg/Kg	182,01	-
Cd	mg/Kg	0,8	10
Cr	mg/Kg	0,2	200
Cu	mg/Kg	2,8	200
Co	mg/Kg	2,3	200
Pb	mg/Kg	1,0	200
Hg	mg/Kg	0,7	2
Mo	mg/Kg	0,4	20
Ni	mg/Kg	1,3	200
Sn	mg/Kg	0,5	200
Se	mg/Kg	1,0	10
Ag	mg/Kg	0,2	-
Zn	mg/Kg	37,0	500

Sumber: Gendenbien et al., 2003

Bila dibandingkan dengan baku mutu logam berat menurut *Gendenbien et al.* 2003 pada laporan RDF Uni Eropa. Hasil limbah *sludge produced water* tidak ada yang melebihi baku mutu yang ditetapkan. Kandungan logam berat ini perlu dipertimbangkan dalam pembuatan RDF karena setelah pembakaran akan dihasilkan residu dengan kandungan logam berat seperti persentase tersebut dalam bentuk *fly ash* maupun *bottom ash*. Selain itu perlu juga dipertimbangkan untuk logam berat seperti tembaga (Cu) yang merupakan katalis terbaik untuk pembentukan dioksin serta besi (Fe), seng (Zn), kalium (K) dan natrium (Na) yang juga telah ditemukan berkorelasi dengan peningkatan dioksin.

Analisa Karakteristik Kompos dan Biomassa

Selain *sludge produced water* sebagai bahan baku *refused derived fuel* ditambahkan juga kompos dan biomassa sebagai bahan campuran untuk mendapatkan nilai kalor yang optimum. Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah tandan kelapa sawit dan serbuk gergaji. Biomassa yang dipilih merupakan biomassa agrikultural yang mudah didapatkan di Indonesia sebagai negara agraris. Pada **Tabel 4** dapat dilihat karakteristik *proximate analysis* dan nilai kalor biomassa yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 4. Karakterisasi Biomassa

Biomassa	Kadar air (%)	Kadar volatile (%)	Kadar abu (%)	Kadar fixed carbon (%)	Nilai kalor (kal/gr)
Kompos	46,2	24,85	19,25	9,419	1748,4
Tandan kelapa sawit	12,96	70,8	7,050	9,120	3922,58
Serbuk gaji	14,75	72,9	2,184	10,12	4368,01

Pada **Tabel 4** dapat dilihat kadar air, volatil, abu, *fixed carbon* dan nilai kalor dari masing-masing biomassa. Untuk kadar air nilai yang paling tinggi adalah kompos sebesar 46,2% hal ini sesuai karena proses pengomposan menghasilkan H₂O dan CO₂ pada akhir prosesnya. Untuk tandan kelapa sawit dan serbuk gergaji memiliki kadar air yang lebih sedikit dibandingkan dengan kompos senilai 12,96% dan 14,75% hal ini sesuai karena memang kelapa sawit dan serbuk gergaji bertekstur sangat kering.

Nilai kadar volatil serbuk gergaji dan tandan kelapa sawit mencapai 72,9% dan 70,8% merupakan jumlah yang cukup besar dan menunjukkan kereaktifan yang sangat tinggi untuk kedua biomassa bila dibandingkan dengan kompos yang memiliki kadar volatil 42,26%. Namun ketiganya memiliki kadar volatil diatas 20% yang menandakan apabila dibakar, bahan tersebut akan menghasilkan asap yang cukup banyak.

Abu menunjukkan kandungan bahan inorganik bahan yang merupakan sisa setelah pembakaran bahan organik. Abu dapat ditelusuri karena adanya senyawa yang tidak terbakar yang mengandung unsur-unsur seperti kalsium, kalium, magnesium, mangan dan silikon. (Cahyono, 2008) Kadar abu yang terkandung dalam kompos sebesar 19,25% merupakan angka yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan kadar abu tandan kelapa sawit dan serbuk gergaji yang hanya 7,050% dan 2,184%. Menurut Sondari (2010) semakin rendah nilai kadar abu dari suatu bahan bakar akan lebih baik karena nilai kadar abu yang tinggi akan mengakibatkan masalah pada bahan bakar pada saat dibakar pada suhu yang tinggi. Untuk *fixed carbon*, nilai *fixed carbon* kompos 9,419%, lebih besar dibandingkan tandan kelapa sawit dan serbuk gergaji yang memiliki nilai 10,12% dan 9,120%.

Analisa Karakteristik Zat Perekat

Untuk membuat RDF juga diperlukan zat adhesif untuk merekatkan bahan baku RDF yaitu *sludge produced water* dan biomassa campurannya yaitu kompos, serbuk gergaji, dan tandan kelapa sawit. Uji karakteristik ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zat adhesif terhadap *proximate analisis* dan nilai kalor dari campuran RDF. Zat adhesif yang dipilih adalah tepung tapioka mengingat kemampuannya yang mampu merekatkan bahan. Bahan perekat berupa tepung kanji atau tepung tapioka bersifat higroskopis sehingga dapat dengan mudah menyerap air. Pada **Tabel 5** dapat dilihat karakteristik dari tepung tapioka yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 5. Karakteristik Zat Perekat

No	Kadar	Nilai	Unit
1	Volatil	57.001	%
2	Abu	8.597	%
3	<i>Fixed carbon</i>	16.601	%
4	Air	17.8	%
5	Nilai Kalor	3403.87	Kal/gram

Pencampuran

Setelah dilakukan uji karakteristik masing-masing bahan kemudian dilakukan pencampuran antara biomassa dan *sludge produced water* dengan perbandingan 1:3, 2:2, dan 3:1, yang ditambahkan zat perekat berupa tepung kanji dengan komposisi 1%, 2%, dan 5% Analisis kadar air dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari komposisi bahan dan konsentrasi bahan dan konsentrasi perekat terhadap nilai kadar air dari RDF yang dihasilkan. Hasil analisa kadar air untuk campuran *sludge produced water* dan biomassa dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil analisa perbandingan jenis bahan, komposisi bahan dan konsentrasi perekat terhadap kadar air

Bahan	Perbandingan	Nilai Kadar Air		
		1%	2%	5%
<i>Sludge produced water</i> :Kompos	1:3	41,409	42,345	40,593
	2:2	38,93	37,115	35,000
	3:1	34,053	32,886	29,404
<i>Sludge produced water</i> : Tandan Kelapa Sawit	1:3	14,954	16,96381	17,15
	2:2	22,895	20,8611	20,7633
	3:1	25,8358	24,7584	24,5361
<i>Sludge produced water</i> :Serbuk Gergaji	1:3	19,282	18,2767	17,7616
	2:2	22,7802	21,7364	20,6107
	3:1	25,278	27,1961	24,959

Semakin banyak kompos dalam komposisi RDF akan meningkatkan kadar air dalam RDF. Hal ini disebabkan nilai kadar air kompos yang lebih tinggi dari *sludge produced water*

Semakin banyak tandan kelapa sawit dan serbuk gergaji dalam komposisi RDF akan menurunkan kadar air yang disebabkan lebih tingginya kadar air *sludge produced water* dibandingkan kedua biomassa tersebut. Nilai kalor dan nilai *proximate analysis* suatu RDF ditentukan dari nilai kalor dan nilai *proximate analysis* bahan-bahan penyusunnya.

Pada **Tabel 7** dapat dilihat pengaruh signifikan komposisi bahan dan perekat terhadap kadar abu, volatil, dan *fixed carbon*. Komposisi bahan sangat mempengaruhi nilai kadar air, abu, volatil dan *fixed carbon*. Besar kecilnya bergantung kepada komposisi bahan penyusunnya. Misalnya untuk RDF dengan biomassa kompos akan memiliki kadar air yang tinggi dan kadar volatil yang rendah bila dibandingkan dengan kadar air dan kadar volatil RDF dengan biomassa serbuk gergaji dan tandan kelapa sawit. Hal ini di karenakan biomassa kompos memang memiliki kadar air yang tinggi dan volatil yang rendah. Kadar perekat memberikan pengaruh pada kadar air, abu, volatil dan *fixed carbon* namun kurang signifikan karena jumlahnya yang tidak terlalu besar dalam komposisi RDF.

Pada saat pemadatan ini, kadar air dari briket berkurang, dan nilai kadar volatil otomatis bertambah. Turunnya kadar air ini juga mengakibatkan kenaikan nilai kalor. Oleh karena proses pemadatan merupakan proses secara fisik, maka karakteristik kimiawi campuran biomassa dan *sludge produced water* tidak berubah ketika dibentuk menjadi RDF.

Tabel 7. Hasil Analisa Perbandingan Komposisi Bahan dan Konsentrasi Perekat terhadap Kadar Volatil, Abu, dan RDF

Bahan	Perbandingan	Nilai Kadar Volatil			Nilai Kadar Abu			Nilai Kadar Fixed Carbon		
		1%	2%	5%	1%	2%	5%	1%	2%	5%
<i>Sludge produced water</i> :Kompos	1:3	27,63	29,92	31,14	22,00	20,34	20,53	8,96	7,40	7,73
	2:2	29,55	34,39	32,48	24,53	24,58	24,47	6,99	6,03	5,94
	3:1	31,69	33,98	37,54	28,16	27,09	27,83	6,10	6,04	5,23
<i>Sludge produced water</i> : Tandan Kelapa Sawit	1:3	59,98	58,98	62,96	12,156	12,91	13,09	10,90	10,96	8,99
	2:2	52,30	53,24	48,02	18,31	17,467	19,71	8,41	8,53	9,38
	3:1	48,22	44,65	45,73	25,45	24,84	24,63	1,79	4,67	4,88
<i>Sludge produced water</i> :Serbuk Gergaji	1:3	63,17	60,72	67,85	11,08	12,55	9,43	7,47	7,45	4,96
	2:2	51,90	54,52	56,77	19,66	18,38	17,42	5,66	5,87	5,20
	3:1	41,59	45,74	49,13	26,48	25,48	22,62	4,73	3,50	3,29

Variasi kombinasi bahan diharapkan dapat menghasilkan nilai kalor yang tinggi pada RDF yang dihasilkan. Analisis nilai kalor ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari komposisi campuran bahan (biomassa dan *sludge produced water*) dan konsentrasi perekat terhadap nilai kalor dari RDF yang dihasilkan. Hasil analisa nilai kalor tersebut dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Analisa Perbandingan Komposisi Bahan dan Konsentrasi Perekat terhadap Nilai Kalor RDF

Bahan	Perbandingan	Nilai Kalor		
		1%	2%	5%
<i>Sludge produced water</i> :Kompos	1:3	2.348,273	2.359,887	2.593,245
	2:2	2.729,729	2.949,929	2.934,45
	3:1	3.464,54	3.510,004	3.706,613
<i>Sludge produced water</i> : Tandan Kelapa Sawit	1:3	3.754,64	3.617,7	3.837,042
	2:2	3.979,127	4.004,725	3.898,11
	3:1	4.048,12	4.021,589	4.041,683
<i>Sludge produced water</i> :Serbuk Gergaji	1:3	4.901,123	4.789,361	4.933,95
	2:2	4.224,963	4.490,19	4.592,789
	3:1	4.158,802	4.332,53	4.450,496

Nilai kalor tertinggi dicapai pada perbandingan *sludge produced water* dan serbuk gergaji (1:3) dengan perekat 5% yaitu 4.933,95 kal/gram. Hal ini sesuai dengan literatur (Hartoyo, 1983) yang menyatakan bahwa kualitas nilai kalor suatu briket dioengaruhi oleh nilai kalor atau energi penyusunnya, dimana nilai kalor *sludge produced water* mencapai 4.100,39kal/gram dan serbuk gergaji mencapai 4.368 kal/gram.

Kesimpulan

Jenis bahan dan komposisi campuran bahan memberikan pengaruh terhadap kadar air, abu, volatil, *fixed carbon* dan nilai kalor. Pengaruh dari kadar perekat tidak terlalu besar terhadap *proximate analysis* dan nilai kalor. Kadar abu memiliki pengaruh terhadap nilai kalor. Semakin besar nilai kadar abu semakin rendah nilai kalor yang dihasilkan. Dari hasil laboratorium didapat hasil optimum untuk masing-masing jenis bahan yang digunakan. Untuk komposisi *sludge produced water* dan serbuk gergaji perbandingan 1:3 dengan konsentrasi perekat 5% yang menghasilkan nilai kalor sebesar 4.933,95 kal/gram. Nilai kalor paling baik yang diperoleh dari kombinasi kompos dengan *sludge produced water* adalah 1:3 senilai 3.706,613 kal/gram pada konsentrasi perekat 5%. Sedangkan Nilai kalor paling baik yang diperoleh dari kombinasi tandan kelapa sawit dan *sludge produced water* adalah 1:3 senilai 4.048,12 kal/gram pada perekat 1%. Campuran *sludge produced water* dan biomassa seperti kompos, tandan kelapa sawit, dan serbuk gergaji dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif yang memiliki nilai kalor yang cukup tinggi. Konsep *Waste to energi* dalam bentukan *Refuse Derived Fuel* (RDF) ini dapat dijadikan alternatif pemanfaatan limbah B3 *sludge produced water*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alshammari, J.S., F.K. Gad, A.A.M Elgibaly and A.R. Khan. (2008) A typical case study: solid waste management in petroleum refineries. *Am j Environ Sci.*, 4: 397-405. DOI:10.3844/ajessp.2008.397.405
- Damanhuri, Enri. (2010) *Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)*. Bandung: Penerbit ITB
- Dong, Trang T.T Byeong-Kyu Lee. (2008) "Analysis of Potential RDF Resources from Solid Waste and Their Energi Value in the largest Industrial City of Korea." *Waste Management*.

- Hiroiyuki, Uesugi. (2003) Journal of the Mining and Materials Proces Institute of Japan, VOL.119,NO.1,PP.27-3, Recovery Technology of Energi from Waste Tank Sludge: Institute of Japan.
- Klass Donald L. (1998) Biomass for Renewable Energi, Fuels, and Chemicals. USA: Academic Press.
- Putu, Ni Luh. (2012) Studi Awal Potensi Pengomposan Sludge dari Instalasi Pengolahan Produce Water Pada Industri Minyak dan Gas.
- Riana, Rina. (2010) Pemanfaatan Limbah B3 Spent Bleaching Earth dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Refuse Derived Fuel (RDF).
- Shie, Je-Lueng. (2000) Journal of Chemical Technology & Biotechnology Volume 75 Issue 6, Pages 443 – 450, Resources Recovery of Oil Sludge by Pyrolysis : Kinetics Study : Society of Chemical Industry.
- USEPA, 1996. Decision Maker's guide to Solid Waste Management. Volume II. Office of Solid Waste (5306). Municipal and Industrial Solid Waste Division.
- Wiena, Raden. (2010) Kajian Pemanfaatan Limbah Oil Sludge dalam Peningkatan Nilai Kalor Sampah Domestik. Studi kasus:Kecamatan Cibeunying Kaler.