



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

TREnD

ISSN : 2962-3855 (online)

PROCEEDING

Technology of Renewable Energy and
Development (TREnD) Conference

2

TREnD

“Sustainable of Renewable
Energy and Material for Future”

Konferensi Virtual - 25 Juni 2022



FTI Jayabaya Press Jakarta

www.trend.fti-uj.web.id

DEWAN EDITOR

Penanggungjawab	:	Dekan FTI-UJ
<i>Sterring Committee</i>	:	1. Ir. Herliati, M.T, Ph.D 2. Dr. Ir. Wike Handini, M.T 3. Dr. Yeti Widyawati, S.T, M.Si
Ketua Pelaksana	:	Dra. Sri Wiji Lestari
Wakil Ketua Pelaksana	:	Lukman Nulhakim, S.T, M.Eng.
Bendahara	:	Dr. Yeti Widyawati, S,T, M.Si
Acara dan Desain	:	1. Dody Guntama, S.T, M.Eng 2. Fauzhia Rahmasari,S.Si, M.Si
Sekretariat dan Publikasi	:	1. Gilang Lukman Hakim 2. Renggo Mike Al'Aziz
IT, Dokumentasi dan Perlengkapan	:	1. Nur Witdi Yanto, S.T, M.Kom 2. Abdul Rahmat Fauzhi
Reviewer	:	1. Dr. Herlina, S.T, M.T 2. Dr.Ir.La Ode Firman. MT 3. Dr. Ing Farid Thalib 4. Nurul Hidayati Fithriyah, S.T., M.Sc.Ph.D
MC	:	Salsabilla Putri Azizah
Penyunting	:	Lukman Nulhakim
Setting/ Layout	:	Renggo Mike Al'Aziz

Sekretariat:

Ruang Dekanat, Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya
Jalan Raya Bogor Km. 28,8 Cimanggis, Jakarta Timur Indonesia
Email: trend.ftiuj@gmail.com

TABLE OF CONTENTS

ARTICLES

Pengaruh Variasi Elektroda Pengelasan SMAW Baja A36 Terhadap Kekuatan Sambungan Las PDF

Nani Kurniawati, Harry Pangestu, Tri Surawan

Optimasi Konsentrasi Etanol Dan Waktu Maserasi Terhadap Ekstrak Flavonoid Dalam Bonggol Pisang Ambon (Musa Acuminata Colla) PDF

Harini Agusta, Fitri Ardiyani, Salsabil Nurazizah Tabriz Arijanto

Pengaruh Laju Alir Metildiethanolamina (MDEA) pada Proses Penyerapan Hidrogen Sulfida PDF

Daniel Parningotan M, Mubarokah N Dewi

Pengaruh Foto Periode dalam Budidaya dan Penggunaan Plate and Frame Filter Press dalam Pemanenan Spirulina sp PDF

Dantje Marten, I Dewa Ray Rahendra Astawa, Lukman Nulhakim

Optimalisasi Proses Pencucian Filter Ac Kereta Pada Pekerjaan Monthly Maintenance Mrt Jakarta PDF

Erma Yuniaty, Sambas Rudini

Pengaruh Jenis Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K-1000 PDF

Giovani Anggasta, Herliati Rahman

Mikroalga : Bioenergi dan Lingkungan Berkelanjutan PDF

Fandika Agustiyar

Superkapasitor Dari Limbah Kulit Buah Lontar Dan Kulit Buah Jengkol PDF

Tri Surawan, Yudi Kurniawan

Limbah Ampas Kopi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Industri Untuk Menggantikan Penggunaan Batubara PDF

Albert Yansen, Danny Indra Satya, Thom Deutmar Londo Doaly, Dokman Marulitua Situmorang

Hybrid Aerator based on Savonius Wind Turbine and Solar Photovoltaic Technology for Shrimp Pond PDF

Indra Dwi Suryanto, Rizal Justian Setiawan

Analisis Nilai Ekonomis Penggunaan Kapasitor Bank Pada Gedung Telkom Sto Bekasi PDF

Dian Samodrawati, Ilham Ilham

Analisis Kebutuhan Air Pendingin pada Gas Conditioning Tower (GCT) Raw Mill PDF

Gilang Lukman Hakim, Herliati herliati, Ali Akbar

Perilaku Hemat Energi pada Generasi Milenial PDF

Ahmad Khulaemi

ANALISA PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PERHOTELAN PADA SISTEM 20 KV PT. PLN ULP CIBITUNG PDF

Agus Maulana, Wike Handini

Review : Pemanfaatan Limbah Panas Dari Internal Combustion Engine Sebagai Energi Terbarukan Melalui Proses Pemulihan Gas Buang PDF

Aji Digdoyo, Tri Surawan, Djamhir Djamruddin, Erma Yuniati, Ardiyan Anjas Saputra

Analisis Moisture Content dan Heating Value Oil Sludge Sebagai Bahan Bakar Alternatif Untuk Rotary Kiln PDF

Yeti Widyawati, Garrett Kirana Permana Putri

Analisis *Moisture Content* dan *Heating Value Oil Sludge* Sebagai Bahan Bakar Alternatif Untuk *Rotary Kiln*

Yeti Widyawati ^{*}, Garrett Kirana Permana Putri

Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya

^{*}) *Corresponding author*: widyaftijayabaya28@gmail.com

Abstract

Cement industry is an industry that requires a large enough energy. Cement plants are looking for alternative energy sources given limited fossil fuel reserves at inflated prices. The use of alternative energy in the cement industry should not reduce the quality of the cement itself, therefore quality control is required. One of the wastes that can be utilized to become an energy alternative to the cement industry is oil sludge. The purpose of this study was to find out the best temperature and time of oil sludge of moisture content and heating value. The research method is carried out by heating oil sludge at a temperature of 105°-165 ° C with the method of gravimetry and karlfischer. The results of the analysis of moisture content produced at 105 ° C at 3,4 and 5 hours amounted to 54.48%, 54.97%, and 55.25%. At 165 ° C a tempertaure of 30,45, 60 and 120 minutes obtained moisture content of 43.14%, 50%, 52.99% and 54.58%. By the method karl fischer obtained moisture content of 50.97%. Futhermore high oil mud moisture content then heating value low.

Abstrak

Industri semen merupakan industri yang memerlukan energi cukup besar. Beberapa pabrik semen mencari sumber energi alternatif mengingat cadangan bahan bakar fosil terbatas dengan harga yang meningkat. Penggunaan energi alternatif pada industri semen tidak boleh mengurangi kualitas dari semen itu sendiri, oleh karena itu diperlukan pengontrolan kualitas. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi alternatif energi industri semen adalah lumpur minyak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui suhu dan waktu terbaik lumpur minyak terhadap *moisture content* dan nilai *heating value*. Metode penelitian dilakukan dengan cara pemanasan lumpur minyak pada suhu 105°-165°C dengan metode gravimetri dan karl fischer. Hasil analisis *moisture content* yang dihasilkan pada suhu 105°C waktu 3, 4 dan 5 jam sebesar 54.48%, 54.97%, dan 55.25%. Pada suhu 165°C waktu 30, 45, 60 dan 120 menit diperoleh *moisture content* sebesar 43.14%, 50%, 52,99% dan 54,58%. Dengan metode karl fischer diperoleh *moisture content* sebesar 50.97%. Apabila *moisture content* lumpur minyak tinggi maka *heating value* rendah.

Kata kunci: *heating value, moisture content, oil sludge*

PENDAHULUAN

Industri semen adalah industri yang memerlukan energi panas dan listrik, sehingga sekitar 40% dari keseluruhan biaya operasional dihabiskan untuk pengadaan energi [1]. Bahan bakar fosil, seperti batu bara dan minyak bumi, secara umum telah digunakan sebagai sumber energi dalam industri semen [2]. Tingginya kebutuhan semen dan terbatasnya energi fosil mendorong industri semen untuk mencari alternatif pengganti batu bara yang merupakan sumber energi utama. Salah satu upaya untuk mengatasi berbagai persoalan tersebut adalah memanfaatkan limbah sebagai sumber energi sehingga membantu pengelolaan limbah sekaligus mengamankan pasokan bahan bakar tak terbaharukan.

Industri semen dalam memanfaatkan bahan bakar bersumber dari limbah B3 dan non-B3 terhadap total penggunaan bahan bakar 1,03%. Pemanfaatan bahan bakar biomassa terhadap total penggunaan bahan bakar sebesar 2,11% dan bahan baku alternatif 1,33% dan tingkat substitusi klinker dalam *cementitious* sebesar 2,36% [3].

Salah satu penggunaan bahan bakar alternatif pada industri semen adalah lumpur minyak bumi (*oil sludge*), dimana minyak lumpur (*oil sludge*) merupakan kotoran minyak yang terbentuk dari proses pengumpulan dan pengendapan kontaminan minyak yang tidak dapat digunakan kembali dalam proses produksi. *minyak lumpur (oil sludge)* tersebut berupa lumpur atau pasta yang berwarna hitam, kadang-kadang tercampur dengan tanah, kerikil, air dan bahan lainnya. Minyak lumpur (*oil sludge*) adalah salah satu limbah B3 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif karena diduga memiliki nilai kalor yang tinggi sekitar 7000-8000 kkal/kg. Lumpur minyak biasanya terdiri dari air, minyak dan berbagai padatan dan umumnya mengandung banyak racun, senyawa mutagenik dan karsinogenik. Lumpur ini dengan demikian memiliki risiko mencemari tanah dan air tanah (seperti hidrokarbon) serta zat volatil senyawa organik, dan termasuk dalam katalog nasional limbah berbahaya [4]. Saat ini pengolahan lumpur minyak untuk membuatnya tidak berbahaya menjadi energi alternatif merupakan penelitian yang menarik. Biasanya, lumpur minyak dapat dibuang dengan oksidasi [5], mikroba degradasi [6] dan dengan mendaur ulang menjadi minyak yang dapat digunakan kembali [7]. Namun, metode ini memiliki kapasitas terbatas dan juga dapat menghasilkan polutan sekunder.

Metode *co-processing* merupakan salah satu metode pemanfaatan limbah untuk menggantikan bahan baku mineral alam dan bahan bakar fosil. Metode *co-processing* pada industri semen dapat dilakukan pada proses pembakaran di tanur pada proses pencampuran bahan di *raw mill* ataupun di *cement mill*. Pada *co-processing* melalui tanur, walaupun sama-sama merupakan proses termal, *co-processing* berbeda dengan insinerasi pada sistem pengelolaan limbah. *Insinerasi* bertujuan memusnahkan limbah melalui pembakaran, sedangkan *co-processing* adalah pembakaran limbah dengan memanfaatkan limbah sebagai sumber energi dan bahan baku alternatif. Pemusnahan limbah terjadi sebagai akibat dari pembakaran tersebut.

Penggunaan bahan bakar alternatif pada industri semen tidak boleh mengurangi kualitas dari semen itu sendiri, beberapa parameter yang dijaga meliputi *Moisture content*, *Ash Content*, *Heat Content*, *Total Organic Halide*, *Polychlorinated Biphenyls*, dan *Sulfur*, sehingga itu menjadi pertimbangan terhadap minyak lumpur (*oil sludge*) sebagai salah satu bahan bakar alternatif yang digunakan. Oleh karena itu diperlukannya untuk menganalisis minyak lumpur (*oil sludge*) dengan membandingkan dua metode parameter spesifik yang digunakan sebagai syarat dalam penggunaan bahan bakar alternative. Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui apakah minyak lumpur (*oil*

sludge) dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif ditinjau berdasarkan *moisture content* yang sudah dianalisa, serta dapat mengetahui ketepatan prinsip kerja *quict test*. Tujuan penelitian adalah menganalisis *moisture content* dan *heating value* terhadap pengaruh suhu dan waktu pemanasan minyak lumpur (*oil sludge*) menggunakan metode gravimetri dan *karl fisher*.

METODE PENELITIAN

Bahan Dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak lumpur (*oil sludge*) dari PT Multihana. Peralatan yang digunakan adalah oven, piringan sampel, seperangkat alat *karl fischer*, timbangan, botol sampel, sendok, pereaksi *karl fischer*, *tissue*.

Prosedur pengujian sampel

Sebanyak 2gram sampel minyak lumpur (*oil sludge*) ditimbang dalam sebuah piring. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam lalu didinginkan dalam desikator. Sampel ditimbang dan pekerjaan ini diulangi hingga diperoleh bobot tetap.

$$\text{kadar air } \left(\% \frac{v}{b} \right) = \frac{w_1}{w} \times 100\%$$

Dimana :

w = bobot sampel sebelum dikeringkan (dalam gram).

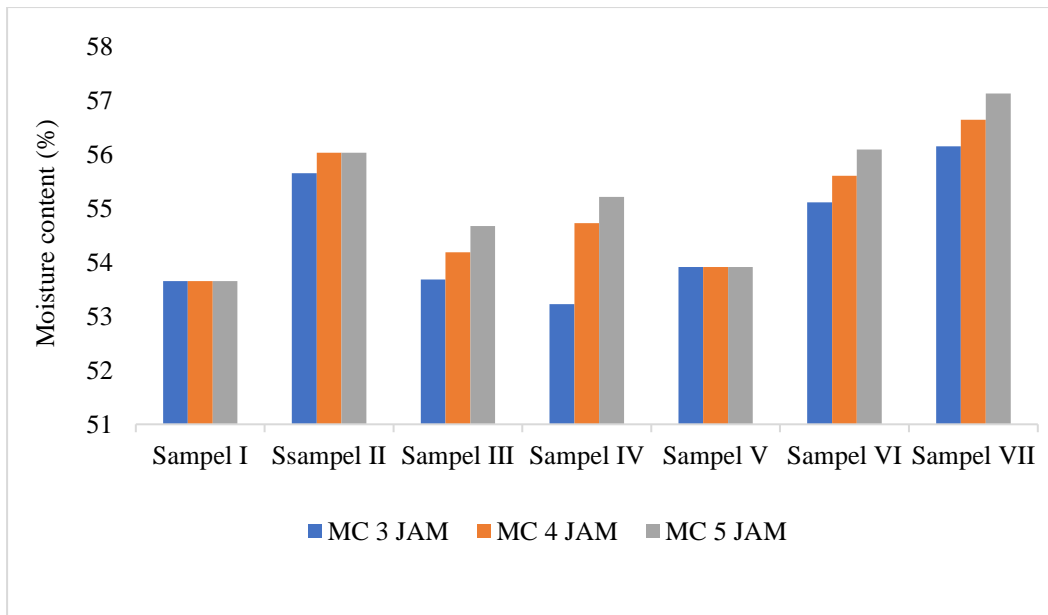
w₁ = kehilangan bobot setelah dikeringkan (dalam gram).

Pada pengujian ini menentukan moisture content di dalam sampel *Alternative Fuel* mengacu pada OP-5.4-QAL-PHYB-05 , OP-5.4-QAL-PHYB-06 , OP-5.4-QAL-PHYB-10.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Suhu dan Waktu Pemanasan Minyak lumpur (*oil sludge*) Terhadap *Moisture content* Metode Gravimetri

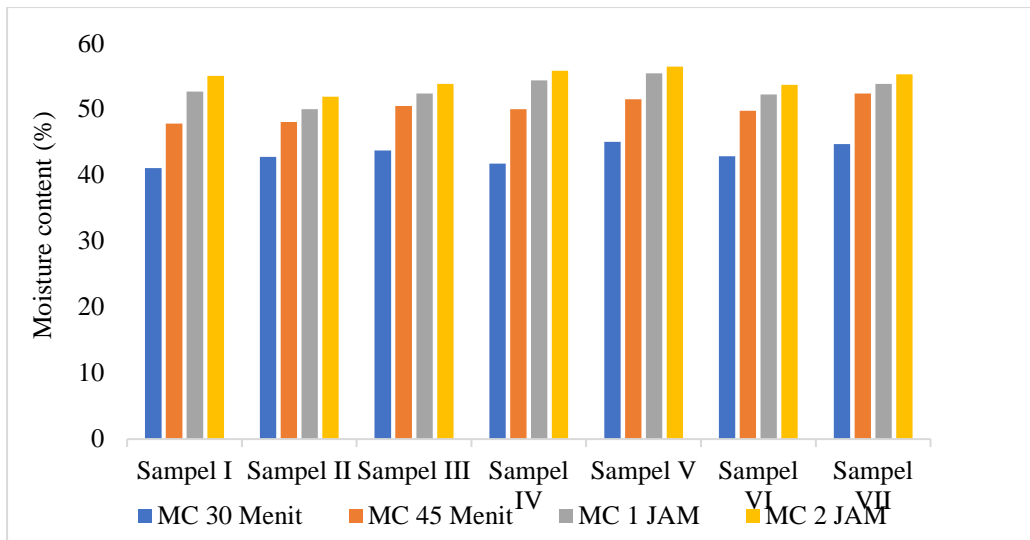
Pada penelitian ini sampel yang diuji adalah minyak lumpur (*oil sludge*) dari generator Multi Hana. Pengujian *moisture content* minyak lumpur (*oil sludge*) pada suhu 105°C dan 165°C, dengan metode gravimetri. Penentuan *moisture content* dilakukan dengan cara di panaskan ke dalam oven selama 3, 4, dan 5 jam. Hasil pengujian minyak lumpur (*oil sludge*) terhadap moisture content suhu 105 °C dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil pengujian sampel minyak lumpur (*oil sludge*) Suhu 105°C metode gravimetri

Gambar 1. memperlihatkan bahwa pengujian sampel minyak lumpur (*oil sludge*) sampel ke I dan sampel ke IV tidak memiliki perubahan secara signifikan saat dimasukkan ke dalam oven selama 3 jam, 4 jam, 5 jam. Berbeda dengan sampel II, III, IV, VI, dan VII yang memiliki perubahan ketika dimasukkan ke dalam oven dengan waktu yang berbeda. Namun perubahan pada data-data tersebut telah dipastikan ketepatannya berdasarkan pengujian grubb's yang sudah dilakukan sehingga dapat dipastikan tidak adanya data *range* yang melampaui batas. Hasil uji grubb's test data diatas didapat nilai *Max* sebesar 1.40 dan nilai *Min* sebesar 0.34 dari pemanasan minyak lumpur (*oil sludge*) selama 3 jam, didapatkan nilai *Max* sebesar 1.38 dan *Min* sebesar 0.38 dari pemanasan minyak lumpur (*oil sludge*) selama 4 jam, dan didapatkan nilai *Max* sebesar 1.43 dan *Min* sebesar 0.51 dari pemanasan minyak lumpur (*oil sludge*) selama 5 jam. Hasil perhitungan diatas dibandingkan dengan tabel Grubb's yang didapat sebesar 1.94. Dari hasil tersebut terlihat sangat jelas nilai Tabel Grubb's > nilai hitung yang berarti bahwa tidak adanya data pengujian sampel yang outlier sehingga tidak diperlukannya eliminasi data dari data pengujian yang sudah didapatkan. Setelah dilakukannya uji Grubb's, pada pemanasan suhu 105°C, dilakukan uji Homogenitas pada sampel. Uji homogenitas yang dilakukan pada suhu 105°C adalah uji Bartlett, uji Bartlett dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah terdapat kesamaan dalam variansi-variansi data. Hasil uji Bartlett dari data diatas didapatkan nilai χ^2 hitung sebesar 0.0943 dan χ^2 tabel sebesar 5.99148. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa χ^2 hitung < χ^2 tabel yang berarti bahwa tidak adanya perbedaan data dalam sampel dengan kata lain terdapat kesamaan dalam variansi-variansi data.

Pengujian *moisture content* minyak lumpur (*oil sludge*) pada suhu 165°C, dengan metode gravimetri dapat dilihat pada Gambar 2.



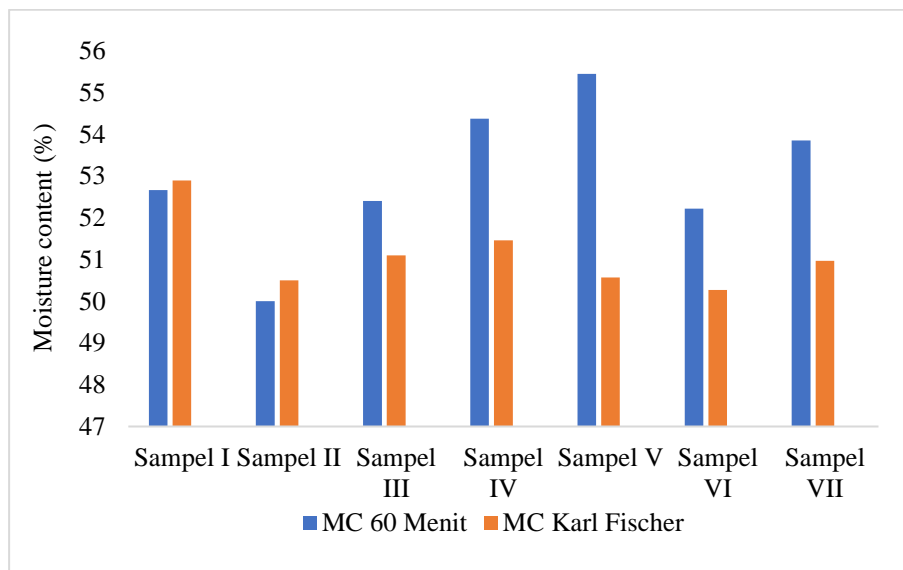
Gambar 2. Hasil pengujian sampel minyak lumpur (*oil sludge*) suhu 165°C terhadap *moisture content* metode gravimetri

Gambar 2. memperlihatkan bahwa pengujian sampel minyak lumpur (*oil sludge*) suhu 165°C terdapat adanya perubahan secara signifikan dari sampel ke I hingga sampe ke VII. Sama halnya dengan pemanasan suhu 105°C, pada suhu ini juga telah dilakukan pengujian grubb's untuk mengetahui ketepatan dari data sampel hasil penelitian. Hasil uji Grubb's pada suhu 165°C didapatkan nilai *Max* sebesar 1.301 dan nilai *Min* sebesar 1.415 dari pemanasan minyak lumpur (*oil sludge*) selama 30 menit, didapatkan nilai *Max* sebesar 1.437 dan nilai *Min* sebesar 1.305 dari pemanasan pemanasan minyak lumpur (*oil sludge*) selama 45 menit, didapatkan nilai *Max* sebesar 1.392 dan nilai *Min* sebesar 1.696 dari pemanasan pemanasan minyak lumpur (*oil sludge*) selama 1 jam, dan didapatkan nilai *Max* sebesar 1.208 dan nilai *Min* sebesar 1.734 dari pemanasan pemanasan minyak lumpur (*oil sludge*) selama 2 jam. Sama hal nya dengan pengujian 105°C, pada pengujian Grubb's dengan suhu 165°C Hasil perhitungan diatas dibandingkan dengan Tabel Grubb's yang telah didapat sebesar 1.94. Dari hasil tersebut terlihat sangat jelas nilai Tabel Grubb's > nilai hitung yang berarti bahwa tidak adanya data pengujian sampel yang outlier sehingga tidak diperlukannya eliminasi data dari data pengujian yang sudah didapatkan.

Setelah dilakukan persiapan pengujian dari pemanasan dengan dua suhu yang berbeda, dilakukan uji perbandingan untuk mengetahui apakah data dari dua pengujian tersebut saling berpasangan atau tidak saling berkaitan. Uji perbandingan yang dilakukan dalam hal ini menggunakan uji *Independent Sampel t – test*. Pengujian *t – test* pada sampel minyak lumpur (*oil sludge*) dengan suhu 105°C dan 165°C menggunakan metode gravimetri didapatkan hasil terbaik dengan nilai *t* hitung sebesar 1.377 dan nilai *t* Tabel sebesar 2.447 pada titik suhu 165°C pada pemanasan 1 jam dan pada titik suhu 105°C pada pemanasan 3 jam . Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai *t* hitung (1.377) < *t* tabel (2.447), yang berarti bahwa kedua data tersebut saling, dengan kata lain pada saat memanaskan minyak lumpur (*oil sludge*) pada suhu 105°C selama 3 jam didapatkan kadar *moisture content* yang sama dengan memanaskan minyak lumpur (*oil sludge*) dengan suhu 165°C selama 1 jam.

Pengaruh Suhu dan Waktu Pemanasan Minyak Lumpur (*oil sludge*) Terhadap Moisture content Metode Karl Fischer

Hasil terbaik yang didapatkan dalam *t – test*, dilakukan uji perbandingan kembali dengan data *moisture content* yang didapatkan menggunakan metode *karl fischer*. Hal ini bertujuan untuk membuktikan keakuratan dari metode *karl fischer* tersebut. Hasil pengujian sampel minyak lumpur (*oil sludge*) suhu 165°C terhadap *moisture content* metode *karl fisher* dapat dilihat pada Gambar 3.

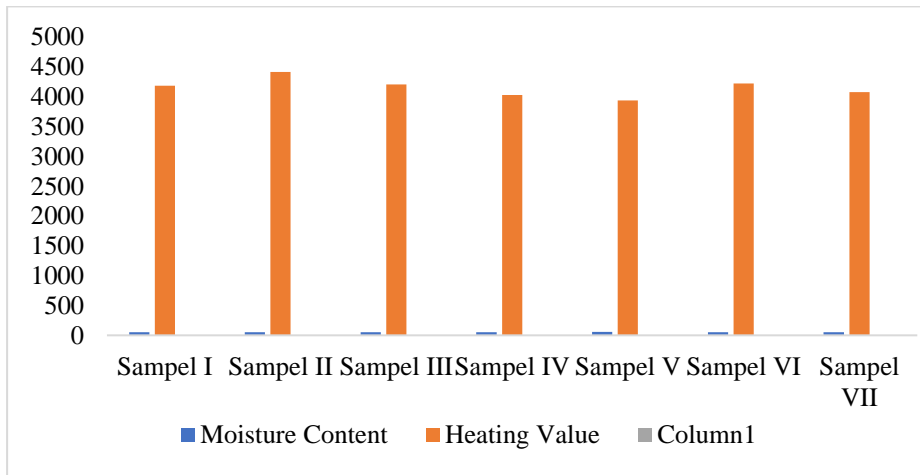


Gambar 3. Hasil pengujian sampel *minyak lumpur (oil sludge)* suhu 165°C terhadap moisture content metode *karl fisher*

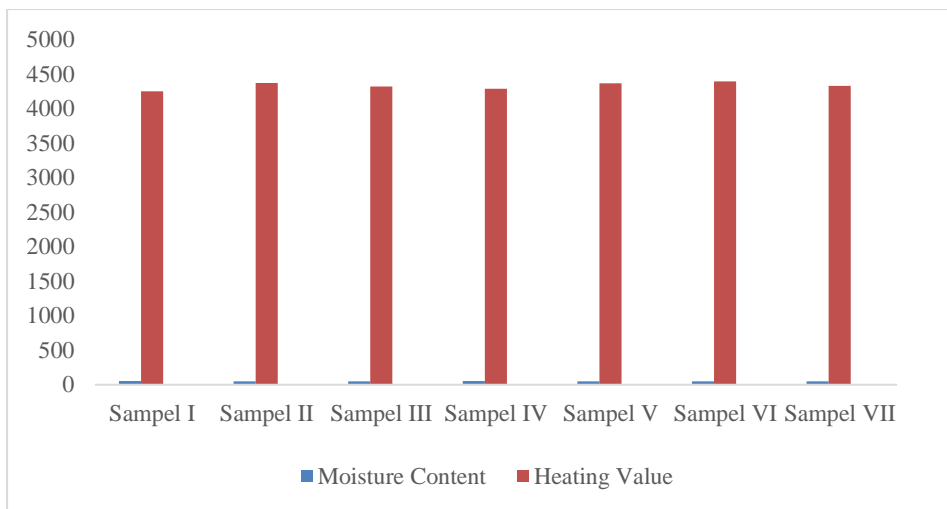
Gambar 3. memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan metode gravimetri dan *karl fischer*. Hasil perbedaan tersebut dilakukan pengujian *t – test* untuk mengetahui apakah data dari dua pengujian tersebut saling berpasangan atau tidak saling berkaitan. Nilai *t* hitung dari hasil pengujian tersebut sebesar 1.2154 dan nilai *t* tabel sebesar 2.447. dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa $t \text{ hitung } (1.2154) < t \text{ Tabel } (2.447)$ yang berarti bahwa kedua data tersebut saling berkaitan. Dengan kata lain pada saat memanaskan minyak lumpur (*oil sludge*) suhu 165°C selama 1 jam didapatkan moisture content yang sama dengan memanaskan minyak lumpur (*oil sludge*) menggunakan metode *karl fischer*.

Pengujian Heating Value

Pengujian nilai *heating value* dilakukan untuk mendapatkan nilai karakteristik pada parameter *alternative fuel*. Hasil pengujian *heating value* dengan pemansana 165°C dan metode *karl fisher* dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Hasil pengujian *heating value* dengan MC 165°C



Gambar 5. Hasil pengujian *heating value* dengan *Karl Fischer*

Gambar 4. memperlihatkan bahwa apabila moisture content minyak lumpur (*oil sludge*) rendah maka kadar *heating value* minyak lumpur (*oil sludge*) tersebut tinggi, begitupun sebaliknya.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil uji grubbs' maka dapat dilihat bahwa data dari masing-masing sampel minyak lumpur (*oil sludge*) terdistribusi secara normal, dengan nilai grubbs' hitung < grubbs' Tabel (1.94). Dengan kata lain data dari sampel tersebut terjamin keakuratannya. Dari segi keragaman atau homogenitasnya, tidak terdapat perbedaan berarti antara kedua varians populasi sampel *minyak lumpur (oil sludge)* dengan pengujian suhu yang berbeda, dimana nilai Uji bartlett hitung (0.094301655) < Uji Bartlett Tabel (5.99148). Dengan kata lain perbedaan suhu pada pengujian sampel minyak lumpur (*oil sludge*) menggunakan metode gravimetri tidak mempunyai

pengaruh yang signifikan terhadap keragaman atau homogenitas sampel minyak lumpur (*oil sludge*).

Nilai Uji t hitung(1.377) < nilai Uji t Tabel(2.447), pada sampel minyak lumpur (*oil sludge*) suhu 105°C selama 3 jam, dan suhu 165°C selama 1 jam, tidak terdapat perbedaan dalam sampel minyak lumpur (*oil sludge*) antara MC 3 jam pada suhu 105 dengan MC 60 menit pada suhu 165. Dari hasil t hitung menggunakan alat oven tersebut dilakukan pengujian uji t kembali pada suhu 165°C dengan data hasil analisa menggunakan *karl fischer*, di dapatkan hasil nilai uji t hitung (1.2154) < nilai uji t Tabel (2.447) yang berarti tidak terdapat perbedaan antara *moisture content* 1 jam pada suhu 165°C dengan analisa *moisture content* menggunakan *karl fischer*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya dan PT Indocemnet Tunggal Prakasa Tbk yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Fatimah, A. Kurniawan and A. S. Yuwono, "Kajian Pengaruh Penggunaan Lumpur Minyak Terhadap Konsentrasi Total Partikulat Tersuspensi (TSP) dan Sulfur Dioksida (SO₂) dari Emisi Tanur Putar Industri Semen", *J. Manusia dan Lingkungan*, vol. 21, no. 3, pp. 261-269, 2014.
- [2] G. d. M. R. Mardiana, "Pemanfaatan Limbah Biomass Sebagai Bahan Bakar Alternatif dalam Kegiatan Co-Processing di Semen Gresik," in *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*, Jakarta Indonesia, 2010.
- [3] Anonim, "Agility for Sustainability Ketangkasan untuk Keberlanjutan," PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Indonesia, 2017.
- [4] J. Liu, X. Jiang, X. Han, "Devolatilization of oil sludge in a lab-scale bubbling," *J Hazard Mater*, vol. 185, no. 3, pp. 1205-1213, 2011.
- [5] B. Cui, F. Cui, G. Jing, S. Xu, W. Huo, S. Liu, "Oxidation of oily sludge in supercritical water," *J. Hazard. Mater*, vol. 165, no. 1-3, p. 2009, 511-517.
- [6] S. Verma, R. Bhargava, V. Pruthi, " Oily sludge degradation by bacteria from ankleshwar, India, Int. Biodeterior," *Biodegrad.* 5, vol. 57, no. 4, p. 207–213, 2006.
- [7] G. Hu, J. Li, G. Zeng, "Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: a review," *J. Hazard. Mater*, vol. 261C, no. 13, pp. 470-490, 2013.