

KARAKTERISTIK SAMPAH LAMA (*MINING LANDFILL WASTE*) TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SEBAGAI BAHAN BAKAR JUMPUTAN PADAT

Adolf Leopold SM Sihombing^a dan Ragil Darmawan SAC

Puslitbangtek Ketenagalistrikan, Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi
Jalan Pendidikan No.1, Pengasinan, Gunung Sindur, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, 16340

^aemail korespondensi: leopoldsihombing@gmail.com

ABSTRAK

Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan SNI 8966:2021 guna mempercepat pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan bakar jumputan padat atau *Refused Derived Fuel* (RDF) di pembangkit listrik. Pemanfaatan sampah lama (*mining landfill*) dapat meningkatkan porsi biomassa dalam bauran energi sekaligus menyelesaikan permasalahan lingkungan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Paper ini bertujuan untuk melihat karakteristik sampah lama (*mining landfill*) di beberapa kota (Semarang, Manado, Yogyakarta, Pontianak dan Tangerang Selatan) melalui pengujian *proximate* dan *ultimate* serta melakukan analisis komparasi terhadap SNI 8966:2021. Hasil pengujian menunjukkan kadar air sampah lama sekitar 41,80% - 57,70%. Nilai ini masih diatas SNI 8966:2021 yang mensyaratkan kadar air sebesar 15-20%. Nilai kalor sampah lama berada pada rentang 470-1232 kkal/kg atau 1,97-5,16 MJ/kg. Pengujian parameter sampah lama di TPA Jatibarang pada kedalaman 2 meter dan 5 meter masing-masing sebesar 0,9-2,6 MJ/kg dan 1,2-4,4 MJ/kg. Secara perhitungan teoritis, nilai kalor sampah lama akan mengalami peningkatan menjadi 750-2500 kkal/kg atau 3-10 MJ/kg pada kadar air 17%. Nilai kalor sampah lama masih dibawah nilai standar yang ditetapkan dalam SNI 8966:2021 yaitu minimal 10 MJ/kg. Pemanfaatan sampah lama sebagai bahan baku RDF perlu dikombinasikan dengan biomassa lainnya sehingga memenuhi komposisi dan nilai parameter yang disyaratkan dalam menjaga performa pembangkit eksisting.

Kata kunci: *sampah lama, bahan bakar jumputan padat, nilai kalor, pembangkit listrik*

PENDAHULUAN

Pada tahun 2019, porsi penggunaan batubara dalam bauran energi primer sebesar 35,87% dengan kapasitas terpasang PLTU Batubara sebesar 30.406,17 MW atau 43,63% dari kapasitas total nasional (KESDM, 2019). Penggunaan bahan bakar fosil memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Hal ini mendorong berbagai upaya untuk mencari alternatif bahan bakar pengganti bahan bakar fosil pada pembangkit sekaligus mengurangi dampak terhadap lingkungan (Mar Edo, 2016).

Di sisi lain pengelolaan sampah berbasis *landfill* juga memiliki permasalahan seperti pencemaran lingkungan dan ketersediaan lahan. Belum optimalnya proses pemilahan menyebabkan terjadinya penumpukan sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang berdampak pada berkurangnya umur TPA (Najmi, 2018). Salah satu cara memperpanjang umur TPA dengan memanfaatkan sampah lama (*mining landfill waste*) sebagai sumber energi dalam bentuk bahan bakar jumputan padat / *Refused Derived Fuel* (RDF). Langkah ini dapat menjadi solusi pengelolaan sampah yang volumenya terus bertambah seiring dengan pesatnya industrialisasi, penambahan populasi dan peningkatan ekonomi (Lei Zhao, 2016).

Pemerintah Indonesia saat ini telah mengeluarkan SNI 8966:2021 guna mempercepat pemanfaatan limbah biomassa sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar jumputan padat atau RDF di pembangkit listrik

(BSN, 2021). RDF merupakan salah satu teknik penanganan sampah dengan mengubah sampah menjadi sesuatu yang bermanfaat yaitu bahan bakar. RDF dihasilkan dari pemisahan fraksi yang mudah terbakar (*combustible fraction*) dan fraksi sampah yang sulit dibakar (*non combustibile fraction*) dari sampah secara mekanik (Irma, 2017). Beberapa referensi mengenai pemanfaatan sampah lama telah dilakukan, seperti studi yang dilakukan oleh Irma (2017) yang menunjukkan nilai kalor sampah pada zona pasif di TPA Jatibarang di kedalaman 0-1 meter, 1-2 meter dan 2-3 meter masing-masing dengan nilai sebesar 5,25 kkal/ton, 5,76 kkal/ton, dan 6,31 kkal/ton. Studi pemanfaatan material RDF terhadap sampah di negara Singapura dilakukan dengan mengkombinasikan sampah mudah terbakar (*combustible*) dengan campuran kotoran ternak dan *landfill mining*. Hasilnya menunjukkan bahwa sampah RDF memiliki nilai kalor 23,7 MJ/kg, sedangkan sampah RDF dengan campuran kotoran ternak memiliki nilai kalor 16,1 MJ/kg, dan sampah RDF dengan campuran *landfill mining* memiliki nilai kalor 17,6 MJ/kg (Lei Zhao, 2016).

Paper ini akan mengkaji karakteristik sampah lama (*mining landfill waste*) melalui pengujian *proximate* dan *ultimate* serta melakukan analisis komparasi terhadap SNI 8966:2021.

METODE PENELITIAN

Studi ini dilakukan di beberapa lokasi seperti: TPA Piyungan Yogyakarta, TPA Cipeucang Tangerang

Selatan, TPA Sumompo Manado, TPA Batulayang Pontianak, dan TPA Jatibarang Semarang. Lingkup studi meliputi perhitungan komposisi sampah lama (*mining landfill waste*) dan uji karakteristik sampah.

Uji karakteristik sampah meliputi analisis *proximate* dan *ultimate* guna mendapatkan data karakter sampah seperti kadar air, nilai kalor serta komposisi unsur CHON. Nilai *gross calorific value* (adb) RDF berdasarkan hasil uji laboratorium kemudian dikonversi guna mendapatkan *Net Calorific*

Value (ar). Perhitungan nilai kalor sampah RDF yang berasal dari sampah segar dan sampah *mining* mengacu pada ASTM 5865/3180 *Constant Pressure*.

Hasil uji karakteristik sampah lama akan dianalisis sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8966:2021 tentang Bahan Bakar Jumputan Padat untuk Pembangkit Listrik (BSN, 2021). Beberapa parameter penting yang perlu diperhatikan mengacu pada SNI tersebut tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Parameter Bahan Bakar Jumputan Padat

| No | Parameter | Satuan | Kelas | | |
|----|-----------------------------------|--------------|------------|--------------------|--------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Kadar Material Organik | %, min | ≥ 95 | $87,5 \leq x < 95$ | $80 \leq x < 87,5$ |
| 2 | Kadar Air (ar) | % berat | < 15 | < 20 | < 25 |
| 3 | Kadar Abu (ar) | % berat | < 15 | < 20 | < 25 |
| 4 | Kadar <i>Volatile Matter</i> (ar) | % berat maks | 65 | 70 | 75 |
| 5 | Kadar <i>Fix Carbon</i> (ar) | % berat | > 15 | > 10 | > 5 |
| 6 | Nilai Kalor Netto (ar) | MJ/kg | ≥ 20 | ≥ 15 | ≥ 10 |
| 7 | Kadar Sulfur Total (ar) | % berat | $\leq 1,5$ | $\leq 1,5$ | $\leq 1,5$ |
| 8 | Kadar Klorin (ar) | % berat | $\leq 0,2$ | $\leq 0,6$ | ≤ 1 |

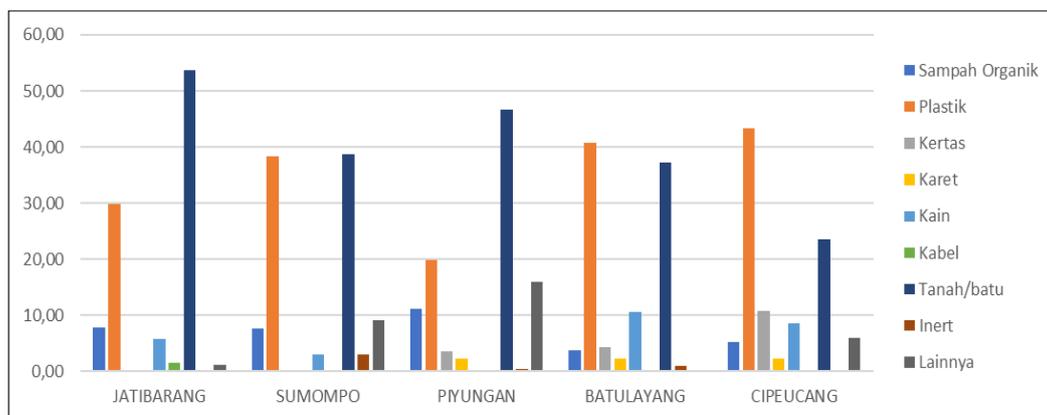
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 menunjukkan material pada sampah lama yang dapat digunakan untuk bahan baku RDF sekitar 43,53% - 70,36% yang berasal dari sampah organik, plastik, kertas, karet dan kain. Akan tetapi bila melihat komposisi jenis sampah pada Gambar 1, sampah lama mengandung tanah (kompos) dengan komposisi 23,63% - 53,69% diikuti oleh sampah plastik yang mencapai rata-rata 34%. Sedangkan porsi sampah

organik rata-rata hanya sebesar 7%. Tanah kompos merupakan komponen yang memiliki nilai kalor rendah dan tidak disarankan untuk dicampur sebagai bahan bakar RDF. SNI 8966:2021 mengatur komposisi sampah organik pada bahan bakar jumputan padat minimal 80%, sehingga perlu dipertimbangkan penggunaan biomassa segar lainnya untuk mencapai komposisi yang ditentukan.

Tabel 2. Persentase Sampah RDF

| No | Jenis | Jatibarang | Sumompo | Piyungan | Batulayang | Cipeucang |
|----|------------|------------|---------|----------|------------|-----------|
| 1 | RDF | 43,53 | 49,11 | 36,84 | 61,77 | 70,36 |
| 3 | Tanah/batu | 53,69 | 38,69 | 46,67 | 37,25 | 23,63 |
| 4 | Inert | 1,58 | 3,08 | 0,56 | 0,98 | 0,00 |
| 5 | Lainnya | 1,20 | 9,12 | 15,92 | 0,00 | 6,01 |



Gambar 1. Komposisi Sampah Lama (*Mining Landfill*)

Hasil uji *proximate* dan *ultimate* untuk sampah lama seperti pada Tabel 3. Sampah lama memiliki kadar air yang masih cukup tinggi antara 41,80% - 57,70%. Pengujian sampel sampah lama pada kedalaman 5 meter di TPA Jatibarang juga

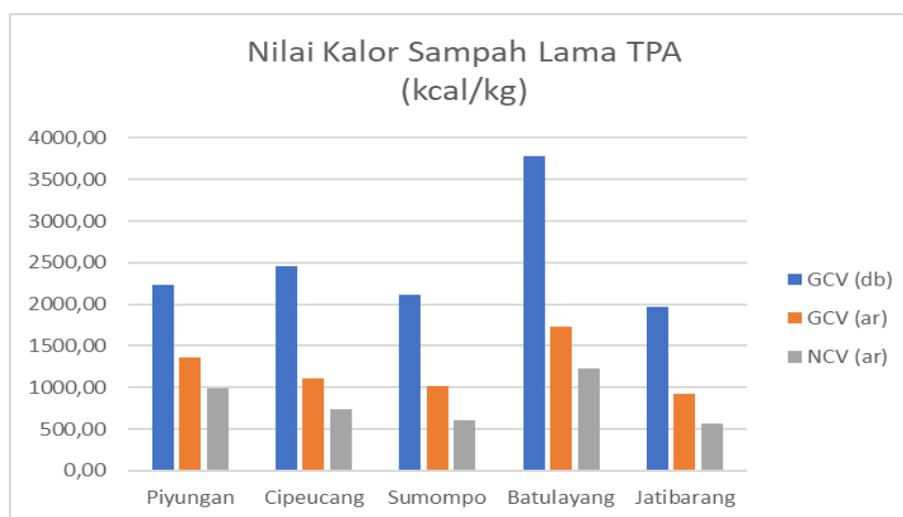
menunjukkan nilai kadar air sebesar 46-56% (Tabel 5). Nilai ini mendekati kadar air pada sampah segar yang berkisar 50-60%. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan sampah di beberapa TPA di Indonesia belum sesuai dengan kaidah *sanitary landfill / control*

landfill, sehingga masih dimungkinkan adanya infiltrasi air hujan. Terdapat beberapa nilai parameter data pada Tabel 3 yang tidak memenuhi standar SNI

bahan bakar jumputan padat (RDF) pada Tabel 1 antara lain kadar air, kandungan abu, dan total *fixed carbon*.

Tabel 3. Hasil Uji *Proximate* dan *Ultimate* Sampah Lama

| Parameter | Unit | Piyungan | Cipeucang | Sumompo | Batulayang | Jatibarang |
|-----------------------------|-------------|----------|-----------|---------|------------|------------|
| Total Moisture | % ar | 41,80 | 57,70 | 53,40 | 56,60 | 53,17 |
| <i>Proximate Analysis :</i> | | | | | | |
| - Moisture Analyst | % adb | 4,50 | 6,90 | 3,20 | 4,90 | 2,60 |
| - Ash Content | % adb | 40,60 | 58,30 | 49,70 | 38,10 | 45,92 |
| - Volatile Matter | % adb | 45,80 | 32,20 | 43,00 | 47,10 | 39,25 |
| - Fixed Carbon | % adb | 9,10 | 2,60 | 4,10 | 9,90 | 12,22 |
| Total Sulfur | % db | 0,09 | 0,47 | 0,17 | 0,35 | 0,25 |
| Gross Calorific Value | kkal/kg, db | 2239,00 | 2451,00 | 2109,00 | 3783,00 | 1967,67 |
| Chlorine | % | 0,68 | 0,17 | 0,33 | 0,07 | 0,20 |
| Gross Calorific Value | kkal/kg, ar | 1364,50 | 1113,61 | 1015,28 | 1726,42 | 922,19 |
| Net Caloric Value | kkal/kg, ad | 1865,27 | 2068,82 | 1704,66 | 3289,13 | 1607,88 |
| Net Caloric Value | kkal/kg, ar | 990,80 | 731,45 | 610,97 | 1232,58 | 562,43 |



Gambar 2. Perbandingan Nilai Kalor Sampah Lama

Nilai kalor sampah lama pada Gambar 2 menunjukkan hasil yang rendah dengan rentang 470 – 1232 kkal/kg atau 1,97-5,16 MJ/kg dalam kondisi nilai kadar air 41-57%. Rendahnya nilai kalor pada sampah lama salah satunya disebabkan oleh tingginya persentase kadar air dalam sampah. Beberapa teknologi yang telah diimplementasikan untuk mengurangi kadar pada sampah kota antara lain: *Biomass Operating System of Saguling* (BOSS) dikembangkan oleh PT Indonesia Power dan *Biodrying* yang dikembangkan oleh PT. Solusi Bangun Indonesia (SBI) di pabrik RDF Cilacap. Kedua teknologi ini mampu menurunkan kadar air hingga 15-20%. Secara perhitungan teoritis, nilai kalor sampah lama pada kadar air 17% seperti pada Tabel 4. Nilai kalor pada kadar air 17% masih dibawah standar yang ditentukan, sehingga untuk mencapai nilai kalor >

10 MJ/kg akan mempengaruhi persentase campuran bahan bakar antara RDF dan batubara yang saat ini masih sebesar 5%. Pengujian sampah lama dilakukan juga pada variasi kedalaman 2 meter dan 5 meter di lokasi TPA Jatibarang kota Semarang. Hasil uji ditunjukkan pada Tabel 5.

Gambar 3 memperlihatkan nilai kalor sampah mining pada kedalaman 5 meter lebih tinggi bila dibandingkan dengan sampah pada kedalaman 2 meter dengan rentang nilai antara 592 – 1453 kkal/kg. Perhitungan nilai kalor teoritis dari sampah lama dengan variasi kedalaman pada kadar air 17% seperti pada Tabel 6. Bila disandingkan dengan SNI bahan bakar jumputan padat, parameter sampel sampah lama pada kedalaman 5 m memenuhi nilai kalor minimal yang ditentukan dalam SNI.

Tabel 4. Nilai Kalor Teoritis pada Kadar Air 17% di beberapa Lokasi TPA

| Parameter | Unit | Sampah Lama TPA Jatibarang | | | | |
|-----------|---------|----------------------------|-----------|---------|------------|------------|
| | | Piyungan | Cipeucang | Sumompo | Batulayang | Jatibarang |
| NCV (ar) | kkal/kg | 1658,46 | 1989,51 | 1538,17 | 2882,87 | 1485,46 |
| | MJ/kg | 6,95 | 8,34 | 6,44 | 12,08 | 6,22 |

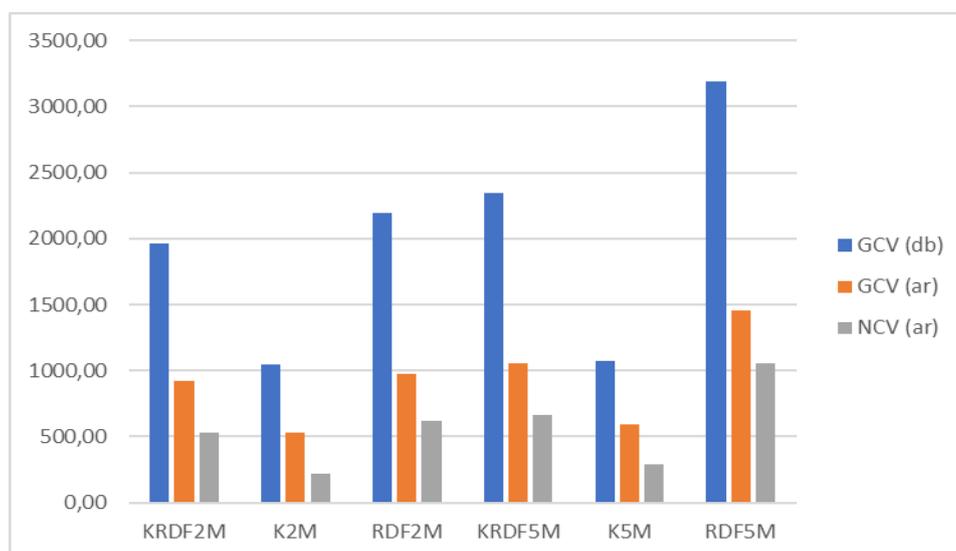
Tabel 5. Hasil uji sampah lama pada variasi kedalaman 2 meter dan 5 meter

| Parameter | Unit | Sampah Lama TPA Jatibarang | | | | | |
|-----------------------------|-------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | KRDF2M | K2M | RDF2M | KRDF5M | K5M | RDF5M |
| Total Moisture | % ar | 54,30 | 49,80 | 56,80 | 56,10 | 46,00 | 56,00 |
| Proximate Analysis : | | | | | | | |
| - Moisture Analyst | % adb | 3,20 | 1,70 | 3,00 | 2,20 | 2,10 | 3,40 |
| - Ash Content | % adb | 37,00 | 63,40 | 28,60 | 57,10 | 71,70 | 17,70 |
| - Volatile Matter | % adb | 48,70 | 22,40 | 58,40 | 32,70 | 24,30 | 49,00 |
| - Fixed Carbon | % adb | 11,10 | 12,50 | 10,00 | 7,90 | 1,90 | 29,90 |
| Total Sulfur | % db | 0,35 | 0,16 | 0,20 | 0,36 | 0,21 | 0,19 |
| GCV (db) | kkal/kg, db | 1959,00 | 1044,00 | 2193,00 | 2345,00 | 1074,00 | 3191,00 |
| Chlorine | % | 0,12 | 0,14 | 0,43 | 0,08 | 0,11 | 0,30 |
| GCV (ar) | kkal/kg, ar | 924,86 | 533,15 | 976,68 | 1052,61 | 592,40 | 1453,46 |
| Net Caloric Value | kkal/kg, ad | 1567,38 | 726,08 | 1836,33 | 1956,78 | 768,53 | 2792,18 |
| NCV (ar) | kkal/kg, ar | 533,27 | 215,26 | 620,03 | 664,42 | 286,95 | 1054,67 |

Keterangan:

K = Kompos/Organik

RDF = Plastik/Kertas/Karet/Kain



Gambar 3. Perbandingan Nilai Kalor Sampah Lama pada variasi kedalaman

Tabel 6. Nilai Kalor Teoritis dengan variasi kedalaman pada Kadar Air 17%

| Parameter | Unit | Sampah Lama TPA Jatibarang | | | | | |
|-----------|---------|----------------------------|---------|--------|--------|---------|---------|
| | | KRDF2M | K2M | RDF2M | KRDF5M | K5M | RDF5M |
| NCV (ar) | kkal/kg | 1438,69 | 1769,27 | 732,29 | 750,42 | 1721,98 | 2500,08 |
| | MJ/kg | 6,03 | 7,41 | 3,07 | 3,14 | 7,22 | 10,48 |

Keterangan:

K = Kompos/Organik

RDF = Plastik/Kertas/Karet/Kain

Berdasarkan Tabel 6 bahwa sampah lama dengan komposisi plastik dan kertas masih dimungkinkan dan berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan RDF. Kadar air pada kedalaman 2 m dan 5 m tidak terlalu signifikan hal ini disebabkan pada kedalaman tersebut infiltrasi air masih cukup besar dan didukung dengan sistem pengelolaan TPA yang belum memenuhi standar.

Kendala dari pemanfaatan sampah *mining* adalah nilai kalor yang rendah, salah satunya disebabkan oleh kandungan air yang tinggi. Faktor yang menyebabkan hal tersebut adalah pengelolaan TPA yang tidak sesuai dengan kaidah *sanitary landfill* seperti pelapisan dan penutupan zona. Pemanfaatan sampah *mining* dengan *moisture* tinggi untuk teknologi termal tentunya memerlukan *pretreatment* guna mengurangi kadar air,

yang tentunya akan menambah nilai investasi awal dan/atau meningkatkan penggunaan energi internal. Penutupan zona tidak aktif dengan menggunakan *membrane* atau bahan sejenisnya dapat mengurangi infiltrasi air hujan, sehingga nilai kalor sampah *mining* dapat meningkat.

KESIMPULAN

Sampah lama memiliki nilai kadar air sebesar 41,80% - 57,70%. Kadar air yang tinggi pada sampah lama menyebabkan rendahnya nilai kalor sampah lama yaitu 1,97-5,16 MJ/kg. Nilai kalor sampah lama masih dibawah nilai standar yang ditetapkan dalam SNI 8966:2021 yaitu minimal 10 MJ/kg. Sampah lama memerlukan proses pengeringan untuk dapat meningkatkan nilai kalor. Pemanfaatan sampah lama

sebagai bahan baku RDF perlu dikombinasikan dengan biomassa lainnya maupun sampah *combustible* sehingga memenuhi komposisi dan nilai parameter yang disyaratkan dalam menjaga performa pembangkit PLTU eksisting.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pemerintah Daerah Kota Semarang, Kota Manado, Kota Depok, Kota Pontianak, dan Kota Tangerang Selatan untuk dukungan dalam pelaksanaan kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

BSN, 2021. SNI 8966:2021, *Bahan Bakar Jumputan Padat untuk Pembangkit Listrik*, Badan Standarisasi Nasional

Irma Natasya Hutabarat, Ika Bagus Priyambada, Ganjar Samudro, Baskoro Lokahita, Syafrudin, Irawan Wisnu Wardana, Mochtar Hadiwidodo, 2018. Potensi Material Sampah Combustible pada Zona Pasif TPA Jatibarang Semarang sebagai Bahan Baku RDF. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)* Volume 1 Nomor 7 ISSN 2549-2888

KESDM, 2019 Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia

KESDM, 2019, *Statistik Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2019, Edisi No.33*, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan

Lei Zhao, Apostolos Giannis, Wan-Yee Lam, Sheng-Xuan Lin, Ke Yin, Guo-An Yuan, Jing-Yuan Wang, 2016. Characterization of Singapore RDF resources and analysis of their heating value. <http://dx.doi.org/10.1016/j.serj.2015.09.003>.

Sustainable Environment Research 26 (2016) pp. 51-54

Mar Edo, Vitaliy Budarin, Ignacio Aracil, Per-Erik Persson, Stina Jansson, 2016. The combined effect of plastics and food waste accelerates the thermal decomposition of refuse-derived fuels and fuel blends. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.04.062>. *Fuel Journal* Volume 180, 15 September 2016 pp. 424-432

Najmi Nafisa Tuzzahra, Siti Ainun, 2018. Kajian Sisa Umur Pakai Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sumur Batu Kota Bekasi dengan Optimalisasi Sistem Pengolahan, *Jurnal Teknik Lingkungan*, Volume 24 No. 1 pp. 32-46

Najmi Nafisa Tuzzahra, Siti Ainun, 2018. Kajian Sisa Umur Pakai Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sumur Batu Kota Bekasi dengan Optimalisasi Sistem Pengolahan, *Jurnal Teknik Lingkungan*, Volume 24 No. 1 pp. 32-46