

Analisis Kadar Air dan Kadar Abu Briket Lumpur IPAL dan Fly Ash dengan Penambahan Serbuk Gergaji Kayu

Milenia Yayi Prameswari Setyono¹, Yayok Suryo Purnomo²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN Veteran Jawa Timur

Email: ¹mileniayayips@gmail.com, ²yayoksp.tl@upnjatim.ac.id

Abstract

WWTP sludge which is the result of industrial wastewater treatment that has the potential for environmental pollution that must be managed by the industry concerned. utilization of waste sludge into briquettes can be an alternative that needs to be reviewed in order to improve energy efficiency. The purpose of this study was to determine the IPAL mud, fly ash, and wood sawdust can be used as alternative fuels in the form of briquettes, to determine the effect of variations of IPAL mud, fly ash, and wood sawdust on the quality of briquettes in the form of ash content and moisture content. Based on the results of the research that has been carried out, it can be concluded that the raw materials for WWTP mud, fly ash, and wood sawdust can be used as raw materials for making briquettes according to SNI 4931-2010 with type B briquette classification. All briquettes produced are included in the set standards because all briquettes research results show a figure of <5% which is certainly below the established quality standard, which is 12% in each briquette produced. Briquettes of a mixture of sewage sludge, fly ash, and sawdust with a concentration of 40%: 30%: 30% and an adhesive percentage of 20% have the highest ash content in each percentage of molasses.

Keywords: Briquettes, WWTP Sludge, Fly Ash.

Abstrak

Limbah lumpur IPAL yang merupakan hasil pengolahan air limbah dalam industri yang berpotensi pencemaran lingkungan yang wajib dikelola oleh pihak industri yang bersangkutan. pemanfaatan limbah lumpur menjadi briket dapat menjadi alternatif yang perlu ditinjau demi meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui lumpur IPAL, fly ash, dan serbuk gergaji kayu dapat dijadikan bahan bakar alternatif berupa briket, mengetahui pengaruh variasi lumpur IPAL, fly ash, dan serbuk gergaji kayu terhadap mutu briket berupa kadar abu dan kadar air. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa bahan baku lumpur IPAL, fly ash, dan serbuk gergaji kayu dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan briket sesuai dengan SNI 4931- 2010 dengan klasifikasi briket tipe B. Seluruh briket yang dihasilkan masuk dalam standar yang ditetapkan karena seluruh hasil penelitian briket menunjukkan angka <5% yang sudah tentu berada dibawah standar baku mutu yang ditetapkan, yaitu 12% pada setiap briket yang dihasilkan. Briket campuran limbah lumpur, fly ash, dan serbuk gergaji dengan konsentrasi 40%: 30%: 30% dan persentase perekat 20% memiliki kadar abu yang paling tinggi di setiap persentase molase.

Kata Kunci: Briket, Lumpur IPAL, Fly Ash.

1. PENDAHULUAN

Lumpur instalasi pengolahan air limbah industri belum dimanfaatkan dengan baik, sehingga menjadi salah satu pencemar lingkungan potensial yang harus ditangani oleh industri yang terkena dampak. Namun, lumpur limbah industri memiliki fitur dengan kandungan air yang tinggi, membuat proses pengeringan menjadi sangat penting. (Susantini and Oktariani, 2021). Limbah lumpur yang telah mengalami proses

pengeringan lumpur dalam unit screw press akan mengurangi kadar air dan minyak dari lumpur tersebut namun tetap tidak mengurangi timbulan lumpur yang dihasilkan (Bimantara and Hidayah, 2019). Menurut (Selintung, M., et al, 2016), Screw press merupakan salah satu proses pengeringan lumpur dengan menghilangkan semaksimal mungkin pada kadar air dalam lumpur setelah proses pengentalan. Lumpur primer terbentuk dihasilkan dari pengolahan proses fisika-kimia, sedangkan lumpur sekunder berasal dari pengolahan biologis yang sifatnya lebih sulit dipekatkan dan dipress (Allan, 1993). Tingginya kadar air dapat berpengaruh terhadap analisis nilai kalor. Oleh karena itu diperlukan perlakuan awal terhadap sampel lumpur harus dikeringkan dahulu pada suhu konstan (105°C). Lumpur yang diambil memiliki kadar air 2,57%, kadar abu 79,2 %, kadar volatile 4,76%, *fixed carbon* 13,47%, nilai kalor 1.172 kkal/kg (Rahmaulina, Hartati and Marganiningrum, 2022).

Biomassa merupakan sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) karena beberapa sifatnya yang menguntungkan yaitu dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbaharui (*renewable resources*), relatif tidak mengandung sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara. Menurut Silalahi (2000), biomassa merupakan campuran material organik yang kompleks, terdiri atas karbohidrat, lemak, protein, dan sedikit mineral lain seperti sodium, fosfor, kalsium, dan besi. Menurut Thoha, M.Y dan Fajrin (2010), biomassa dapat berasal dari tumbuhan atau bagian tumbuhan seperti bunga, daun, batang, ranting, akar, dan biji tumbuhan termasuk tanaman yang dihasilkan dari kegiatan pertanian, perkebunan, dan hutan. Energi biomassa dihasilkan dengan mengubah bahan mentah padat menjadi bentuk kompresi yang lebih bermanfaat yang dikenal sebagai briket. Briket memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah harga yang terjangkau, bahan yang mudah ditemukan, dan alat untuk pembuatannya mudah (Sucipto, 2012).

Briket adalah jenis bahan bakar yang terbuat dari biomassa yang diidentifikasi dan dibuat dengan jumlah gaya tekan tertentu dan biasanya berukuran besar, berbentuk tepung, relatif kecil, atau berukuran tidak beraturan. Briket dapat menggantikan batu bara dan kayu bakar (Hambali, 2007). Berdasarkan penelitian terdahulu pemanfaatan limbah lumpur menjadi briket dapat menjadi alternatif yang perlu ditinjau demi meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Briket batu bara merupakan briket yang sangat umum ditemukan di masyarakat, namun saat ini biomassa yang sering digunakan seperti serbuk gergaji kayu, arang, dan limbah biomassa lainnya. Serbuk gergaji kayu merupakan limbah hasil penggergajian kayu yang hingga saat ini masih belum dimanfaatkan dengan optimal dan hanya ditumpuk atau dibuang sembarangan sehingga akan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Menurut A. Setiawan, O. Andrio (2012), serbuk gergaji kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan briket arang karena memiliki nilai kalor yang relatif tinggi yaitu sekitar 4368 kal/gr. Dengan menggunakan serbuk gergaji sebagai biomassa briket akan meningkatkan nilai ekonomisnya dan mengurangi pencemaran lingkungan. Penggunaan *Fly ash* dalam pembuatan briket memiliki fungsi sebagai biomassa tambahan. Parameter kualitas sebelum menjadi biobriket adalah kadar air 7,2%, kadar abu 5,8%, *fixed carbon* 43,74%, dan nilai kalor 5.378,8 Kkal/kg (Triantoro, Mustofa and Saputri, 2021).

Selain bahan utama yang digunakan dalam pembuatan briket, diperlukan juga bahan tambahan berupa perekat. Perekat briket dibutuhkan untuk menyatukan serpihan bahan baku agar dapat dibentuk sesuai kebutuhan serta kuat tekan sesuai dengan baku mutu dalam SNI 4931 Tahun 2010 yang diuraikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Syarat Mutu Briket Berdasarkan SNI 4931: 2010

Kelas	Nilai Kalor (kal/g, adb)		Ukuran Ketebalan (mm)		
	Briket batubara terkarbonisasi	Briket batubara tanpa karbonisasi dan bio-batubara	Sarang tawon	Bantal /telur	Kenari
A	> 6000	5000 – 6000	> 125	> 49	> 26
B	4500 - 6000	4000 - 5000			

Sumber : Standar Nasional Indonesia, 2010

Bahan perekat yang sering digunakan yaitu molase, tepung tapioka dan tepung sagu. Menurut Saleh (2013), perekat tepung tapioka menghasilkan briket yang tidak berasap dan tahan lama namun memiliki nilai kalor yang lebih rendah daripada molase. Menurut Afriyanto (2011) briket arang dengan perekat molases memiliki suhu bara api yang tinggi dan kerapatan yang kecil sehingga kuat tekan dan dapat memudahkan saat awal pembakaran tetapi menyebabkan laju pembakaran yang cukup tinggi. Sehingga dalam penelitian ini menggunakan molase sebagai perekat briket.

Dengan melakukan upaya dalam pemanfaatan limbah lumpur IPAL dan fly ash dengan serbuk gergaji dapat menjadi energi alternatif terbarukan sebagai bahan bakar menjadi produk briket dalam mengatasi pencemaran lingkungan dan kekurangan lahan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

1. Limbah lumpur hasil Screw Press Industri Rumput Laut PT Centram
2. Fly Ash industri Pupuk PT Petrokimia Gresik
3. Serbuk Gergaji kayu diambil dari tukang kayu Rungkut, Surabaya
4. Tetes tebu (Molase) sebagai perekat arang briket

Alat

1. Cetakan berbentuk silinder dengan diameter 6 cm dan tinggi 6 cm
2. Ayakan ukuran 100 mesh
3. Oven
4. Alat press
5. Loyang
6. Baskom
7. Timbangan digital
8. Furnace
9. Desikator
10. Lesung
11. Penumbuk

Cara Kerja

Proses yang dilakukan dalam pembuatan briket, yaitu:

1. Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku yang disiapkan adalah limbah lumpur, fly ash, serbuk gergaji kayu, dan bahan perekat

2. Proses Karbonisasi

Limbah lumpur dan serbuk gergaji kayu selanjutnya akan melalui proses karbonisasi. Sebelum melalui proses karbonisasi, limbah lumpur yang sudah dikeringkan dan serbuk gergaji kayu akan ditumbuk untuk membuat ukuran partikel yang lebih kecil, setelah itu dimasukkan dalam furnace untuk proses karbonisasi dengan suhu 450°C selama 60 menit. Kemudian bahan dimasukkan ke dalam desikator dan ditunggu hingga suhu turun menuju ke suhu ruangan. Setelah suhu mencapai suhu ruangan, bahan limbah lumpur dan serbuk gergaji kayu yang sudah dikarbonisasi diayak dengan ayakan yang telah direncanakan.

3. Percobaan Utama

- 1) Menyiapkan cetakan berbentuk silinder dari pipa besi atau pipa talang dengan diameter 6cm dan tinggi 5cm
- 2) Mencampurkan limbah lumpur, fly ash dan serbuk gergaji kayu dengan perekat (Molase)
- 3) Memasukkan campuran limbah lumpur, fly ash, serbuk gergaji kayu, dan perekat yang sudah tercampur rata ke dalam cetakan
- 4) Campuran dicetak dalam cetakan tersebut menggunakan alat pres hidrolik berupa dongkrak
- 5) Mengeluarkan briket dari cetakan kemudian diletakkan pada Loyang untuk dimasukkan ke dalam oven
- 6) Memasukkan Loyang ke dalam oven lalu dipanaskan dengan suhu 105°C selama 12 jam untuk menghilangkan kadar air pada briket
- 7) Setelah proses pemanasan di dalam oven, briket didinginkan dalam desikator selama 15 menit
- 8) Briket siap diuji berdasarkan parameter penelitian dan baku mutu SNI 4931 Tahun 2013

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kadar Air Briket

Analisis kadar air digunakan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada briket, kadar air yang masih terkandung didalam briket adalah air yang terperangkap didalam partikel lumpur, fly ash, dan serbuk gergaji kayu yang pada saat pengeringan bahan tidak dapat keluar secara sempurna dan sejumlah air yang terperangkap didalam bahan perekat yang digunakan yaitu molase. Kadar air briket sangat berpengaruh terhadap nilai kalor. Semakin kecil nilai kadar air briket akan semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan oleh briket tersebut.

Dengan kadar air briket dipengaruhi oleh waktu proses tekan dan pengeringan. Semakin lama proses pengepresan dan pengeringan akan semakin banyak kadar air yang terbuang. Hal ini dikarenakan pada saat pengepresan dan pengeringan yang dilakukan kadar air akan ikut terbuang keluar. Faktor lain yang dapat mempengaruhi kadar air dalam briket yaitu suhu dan kelembapan udara, serta cara penyimpanan briket yang dapat mempengaruhi penyerapan air pada briket. Antal, M. J.; Mochidzuki, K.; Paredes, (2003) menyatakan bahwa pada suhu ± 400°C arang telah terbentuk.

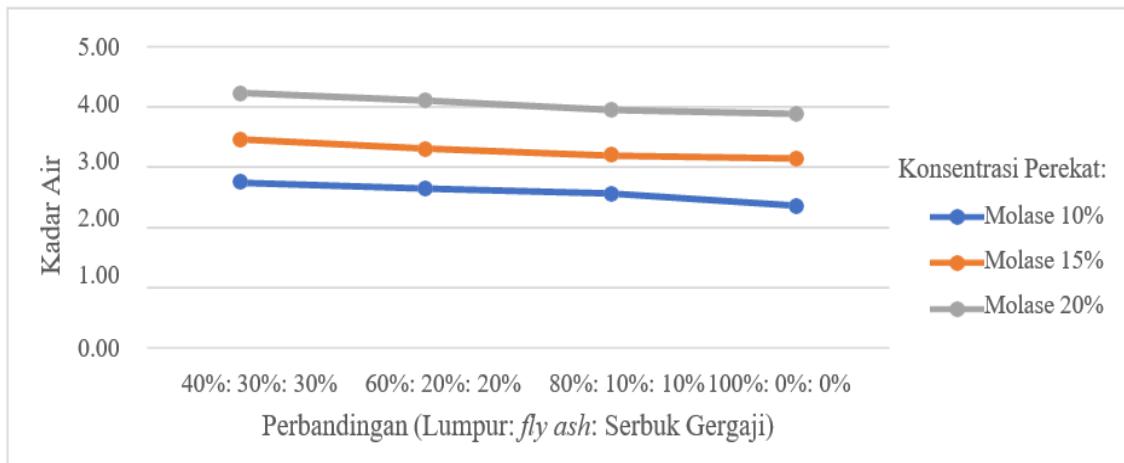
Tabel 2. Kadar Air Briket

Perbandingan (Lumpur: <i>fly ash</i> : Serbuk Gergaji)	Molase 10%(%)	Molase 15%(%)	Molase 20%(%)
40%: 30%: 30%	2.74	3.46	4.24
60%: 20%: 20%	2.65	3.31	4.11
80%: 10%: 10%	2.56	3.20	3.95

100%: 0%: 0%	2.36	3.15	3.89
--------------	------	------	------

Sumber: Hasil Analisa

Pada Tabel 1 terdapat hasil kadar air briket pada berbagai parameter, briket dengan kadar air tertinggi ditunjukkan oleh briket dengan konsentrasi perbandingan 40%: 30%: 30% dengan konsentrasi molase 20% yaitu sebesar 4,24%. Untuk kadar air terendah ditunjukkan oleh briket dengan konsentrasi 100%: 0%: 0% dengan konsentrasi molase 10% yaitu sebesar 2,36%. Hal ini membuktikan bahwa briket yang terbuat dari bahan baku limbah lumpur tanpa campuran serbuk gergaji kayu dan fly ash memiliki kadar air paling sedikit, terlepas dari penambahan konsentrasi bahan perekat. Bahan perekat molase yang digunakan dalam pembuatan briket berbentuk fisik cair, sehingga semakin banyak konsentrasi molase yang ditambahkan dalam briket, maka kadar air akan semakin tinggi.



Gambar 1 Hubungan Perbandingan Lumpur, fly ash, dan serbuk Gergaji Kayu Terhadap Kadar Air dengan Konsentrasi Perekat

Menurut SNI 4931:2010 tentang Briket Batubara, klasifikasi, syarat mutu dan metode pengujian menyatakan bahwa standar untuk briket batubara terkarbonisasi baik kelas A dan kelas B sebesar <12%. Dalam penelitian ini seluruh briket yang dihasilkan masuk dalam standar yang ditetapkan karena seluruh hasil penelitian briket menunjukkan angka <5% yang sudah tentu berada dibawah standar baku mutu yang ditetapkan, yaitu 12% pada setiap briket yang dihasilkan.

Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui bahwa semakin banyak kadar molase yang ditambahkan ke dalam campuran briket akan menambah kadar air dari briket tersebut. Kadar air briket dengan penambahan perekat molase sebanyak 20% lebih banyak daripada briket dengan persentase perekat molase 10% dan 15%. Kadar air juga dapat dipengaruhi oleh campuran bahan yang digunakan karena tiap bahan baku memiliki kadar air masing-masing. Dalam grafik yang dihasilkan, terjadi penurunan kadar air di setiap penambahan konsentrasi perekat pada bahan baku briket yang digunakan. Sehingga, semakin banyak bahan yang akan dicampurkan akan menambah kadar air dari briket yang dihasilkan karena setiap bahan yang dicampurkan memiliki kadar air masing-masing yang terkandung di dalamnya.

Kadar air yang terperangkap didalam briket disebabkan pada saat pengeringan berlangsung bagian luar briket terlebih dahulu mengalami pengeringan membentuk ikatan yang kuat oleh adanya bahan perekat yaitu tetes tebu. Selain itu proses penekanan briket oleh alat press yang memanfaatkan molekul – molekul partikel lumpur IPAL

sebagai salah satu penyebab sejumlah air yang masih mengalami kesulitan untuk menguap (Rahmaulina, Hartati and Marganingrum, 2022). Semakin tinggi gaya tekan pengempaan pada proses pembuatan briket maka kandungan air yang tersisa didalam briket akan mengalami penurunan cukup signifikan, hal ini disebabkan pemampatan volume ruangan akibat naiknya gaya tekan yang diberikan terhadap suatu benda dalam hal ini sekumpulan partikel lumpur IPAL yang dibuat menjadi briket akan berimplikasi pada penurunan sejumlah air yang terkandung di dalamnya (Eka Putri and Andasuryani, 2017).

3.2. Kadar Abu Briket

Analisis kadar abu pada briket dilakukan untuk mengetahui jumlah bagian yang tidak terbakar setelah terjadinya pembakaran sempurna. Kadar abu yang tinggi dapat mempersulit proses operasi dan pemeliharaan alat pembakaran. Semakin rendah kadar abu dalam suatu briket maka semakin baik briket tersebut.

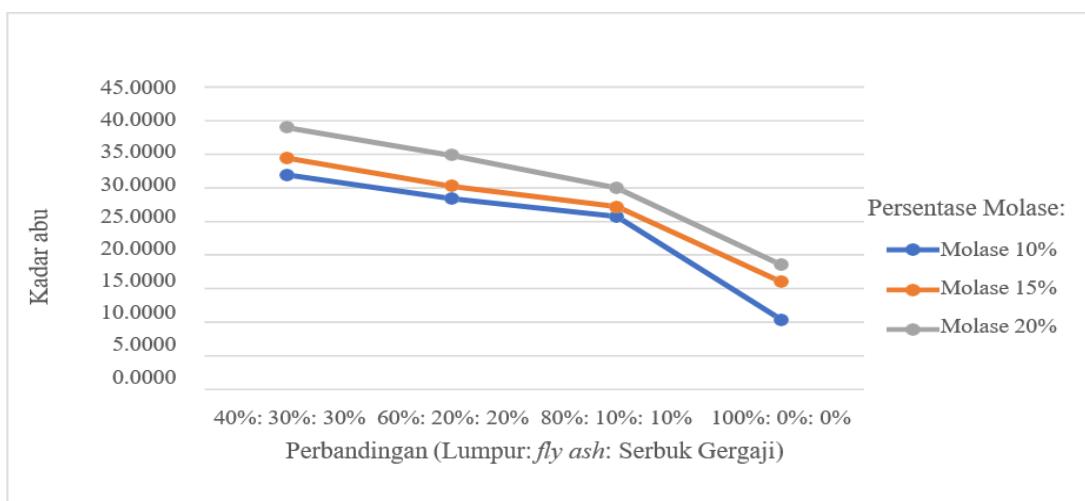
Abu merupakan bagian yang tersisa dari hasil pembakaran, dalam hal ini abu yang dimaksud adalah abu sisa pembakaran briket. Abu terdiri dari bahan mineral seperti lempung, silika, kalsium, magnesium oksida dan lain – lain. Unsur utama yang terkandung dalam abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan pada briket. Tinggi rendahnya kadar abu dalam briket dapat dipengaruhi oleh tingginya kandungan bahan anorganik yang terdapat pada limbah biomassa serta kadar perekat yang digunakan dalam pembuatan briket.

Tabel 3. Kadar Abu Briket

Perbandingan (Lumpur: <i>flyash</i> : Serbuk Gergaji)	Molase 10%(%)	Molase 15%(%)	Molase 20%(%)
40%: 30%: 30%	31.9144	34.4257	38.9500
60%: 20%: 20%	28.4239	30.2402	34.8356
80%: 10%: 10%	25.7075	27.1974	29.9914
100%: 0%: 0%	10.3211	15.9709	18.5225

Sumber: Hasil Analisa

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai kadar abu briket, penelitian ini tergolong cukup tinggi. Sehingga ada yang mencapai 38.9% yang melebihi standar nilai maksimum kadar abu sesuai SNI yaitu 10-20% saja. Analisis kadar abu digunakan untuk mengetahui kandungan abu yang terdapat dalam produk briket.



Gambar 2. Hubungan Perbandingan Lumpur, fly ash, dan serbuk Gergaji Kayu Terhadap Kadar abu dengan Konsentrasi Perekat

Bahan baku yang memiliki kadar abu paling tinggi pada briket terdapat pada campuran lumpur, fly ash, serbuk gergaji kayu dengan perbandingan 40%: 30%: 30% dengan penambahan molase 20% yaitu sebesar 38.9%. Sedangkan untuk campuran bahan baku dengan kadar abu terendah terdapat pada campuran lumpur, fly ash, serbuk gergaji kayu dengan perbandingan 100%: 0%: 0% dengan penambahan molase 10% yaitu sebesar 10,322%. Kandungan abu yang terdapat pada biobriket terutama berasal dari komposisi fly ash batubara. Hal ini dikarenakan bottom ash tersebut didapatkan dari sisa hasil pembakaran PLTU. Kandungan abu pada fly ash sebelum dibuat menjadi biobriket adalah sebesar 21,80%. Sehingga briket dengan campuran fly ash akan menghasilkan kadar abu yang lebih tinggi dari campuran bahan baku tanpa fly ash.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa analisis kadar abu pada beberapa briket yang dihasilkan telah memenuhi standar yang telah ditetapkan, yaitu sebesar <15% untuk kelas A. Hal ini dikarenakan karena adanya pencampuran bahan baku hanya dari lumpur yang memiliki kadar abu yang jauh lebih baik dan memenuhi standar yang ditetapkan. Berdasarkan hasil analisis tersebut tampak bahwa tingginya kadar abu untuk keseluruhan sampel disebabkan oleh penggunaan fly ash dan serbuk gergaji kayu. Hasil yang ditunjukkan oleh grafik di atas dapat diketahui bahwa semakin sedikit persentase perekat yang digunakan maka semakin rendah kadar abu yang dihasilkan dan semakin sedikit bahan baku fly ash dan serbuk gergaji kayu yang digunakan maka semakin rendah pula kadar abu yang dihasilkan. Briket campuran limbah lumpur, fly ash, dan serbuk gergaji dengan konsentrasi 40%: 30%: 30% dan persentase perekat 20% memiliki kadar abu yang paling tinggi di setiap persentase molase. Hal tersebut dapat dipengaruhi karena adanya tambahan bahan baku fly ash yang merupakan sisa hasil batu bara berbentuk abu serta adanya penambahan bahan perekat yang semakin banyak akan menghasilkan abu yang semakin banyak pula. Berdasarkan penelitian Kezia Kartika (2018), karakteristik briket dengan campuran perekat lumpur Sidoarjo menghasilkan peningkatan nilai kalor yang cukup tinggi sebesar 5971,59 kal/gr, kadar lengas 5,67%, volatile matter 14,60%, kadar abu 8,1%, kadar karbon tertambat 71,62%, nilai kuat tekan 76,10 kg/cm². Sehingga jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian dengan campuran lumpur, fly ash, serbuk gergaji kayu dengan perbandingan 40%: 30%: 30% dengan penambahan molase 20% yaitu sebesar 38.9%, lebih tinggi 30,8% dari penelitian sebelumnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa bahan baku lumpur IPAL, fly ash, dan serbuk gergaji kayu dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan briket sesuai dengan SNI 4931- 2010 dengan klasifikasi briket tipe B. Campuran lumpur, fly ash, serbuk gergaji kayu dengan perbandingan 40%: 30%: 30% dengan penambahan molase 20% yaitu sebesar 38.9%.

REFERENCES

- A. Setiawan, O. Andrio, dan P. C. (2012) ‘Pengaruh Komposisi Pembuatan Biobriket dari Campuran Kulit Kacang dan Serbuk Gergaji Terhadap Nilai Pembakaran’, *Jurnal Teknik Kimia*, 18, n, p. hal. 9–16.
- Afriyanto, M. R. (2011) *Pengaruh Jenis dan Kadar Bahan Perekat pada Pembuatan Briket Blotong sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Institut Pertanian Bogor.
- Allan, M. S. (1993) “*Industrial Environ-mental Control*”. Tappi Press.
- Antal, M. J.; Mochidzuki, K.; Paredes, L. S. (2003) ‘Flash carbonization of biomass’, *Ind. Eng. Chem. Res*, 42.
- Bimantara, S. E. and Hidayah, E. N. (2019) ‘Pemanfaatan Limbah Lumpur Ipal Kawasan Industri Dan

- Serbuk Gergaji Kayu Menjadi Briket', *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(1), pp. 21–27. doi: 10.20527/jukung.v5i1.6192.
- Eka Putri, R. and Andasuryani, A. (2017) ‘Studi Mutu Briket Arang Dengan Bahan Baku Limbah Biomassa’, *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 21(2), p. 143. doi: 10.25077/jtpa.21.2.143-151.2017.
- Kezia Kartika Windya, K. K. W., Wahyu Wilopo, W. W., & Ferian Anggara, F. A. (2018). KARAKTERISASI DAN PEMANFAATAN LUMPUR SIDOARJO UNTUK CAMPURAN BAHAN BAKU PEMBUATAN BRIKET. *Jurnal Geomine*. <https://doi.org/10.33536/jg.v6i3.242>
- Rahmaulina, D., Hartati, E. and Marganingrum, D. (2022) ‘Study of Utilization Textile Industry Sludge from WWTP as Raw Material for Briquettes’, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(1), pp. 35–43.
- Saleh, A. (2013) ‘Efisiensi Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Nilai Kalor Pembakaran Pada Biobriket Batang Jagung (*Zea May L*)’, *Jurnal Teknosains 7 no.1*, p. (78-89).
- Selintung, M., Lopa, R.T., Zubair, A., Bakri, B., Ibrahim, R. (2016) *Pengolahan Lumpur. Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. Universitas Hasanudin, Makassar.
- Silalahi (2000) *Penelitian pembuatan Briket Kayu dari Serbuk Gergajian Kayu, Hasil Penelitian Industri DEPERINDAG*. Bogor.
- Sucipto (2012) *Teknologi Pengolahan Daur Ulang Sampah*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- Susantini, N. M. and Oktariani, R. (2021) ‘Pemanfaatan Sludge dengan Campuran Black Liqour dan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Pembuatan Biobriket’, *Journal of Applied Science (Japps)*, 3(1), pp. 011–019. doi: 10.36870/japps.v3i1.227.
- Thoha, M.Y dan Fajrin, D. E. (2010) ‘Thoha, M.Y dan Fajrin, D. E.’, *Jurnal Teknik Kimia*, 17 no.1, p. (34-43).
- Triantoro, A., Mustofa, A. and Saputri, A. W. (2021) ‘Studi Pemanfaatan Campuran Bottom Ash Batubara Dengan Serbuk Kayu Dan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Biobriket Ditinjau Dari Parameter Kualitas’, *Jurnal GEOSAPTA*, 7(1), p. 65. doi: 10.20527/jg.v7i1.10235.