

Pengaruh Tekanan Pembriketan Terhadap Sifat Fisika Briket Cangkang Kelapa Sawit dan Plastik LDPE

Effect of Briquetting Pressure on the Physical Properties of Palm Oil Shell Briquettes and LDPE Plastic

Yusraida Khairani Dalimunthe^{(1,a)*}, Listiana Satiawati⁽¹⁾, Harin Widiyatni⁽¹⁾
dan Afiat Anugrahad⁽²⁾

⁽¹⁾Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia, 11440

⁽²⁾Teknik Geologi, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia, 11440

Email : ^(a*)yusraida@trisakti.ac.id

Diterima (23 Desember 2023), Direvisi (05 Oktober 2023)

Abstract. *This study aimed to analyze the influence of briquette pressure on the physical properties of briquettes made from palm oil husk waste and LDPE plastic, such as density values, elastic modulus, and ultimate strength of the briquettes themselves. The method applied in this research is by varying the briquetting pressure, namely (80; 70; 60; 50; 40; 30) N/m². The results obtained are that the highest density value of briquettes is 808.713 kg/m³ produced at a pressure of 50 N/m² and the lowest density value of briquettes is 763.872 kg/m³ produced at a pressure of 80 N/m², the highest briquette modulus of elasticity is 40 MPa produced from a pressure of 70 N/m² and a pressure of 40 N/m², then the lowest briquette modulus of elasticity is 20 MPa resulting from a pressure of 60 N/m² and the highest ultimate strength value of briquettes is 3.402 MPa resulting from a pressure of 40 N/m² and the ultimate strength value the lowest briquette is 2.813 MPa produced from a pressure of 80 N/m².*

Keywords: *palm oil shell, LDPE plastic, renewable energy, biomass, briquette*

Abstrak. Penelitian ini dilakukan guna melihat pengaruh dari tekanan pembriketan terhadap sifat fisika briket yang dibuat dari limbah cangkang kelapa sawit dan plastik LDPE yang meliputi nilai densitas, modulus elastisitas maupun ultimate strength dari briket itu sendiri. Metode penelitian ini yaitu memvariasikan tekanan pembriketan sebesar (80; 70; 60; 50; 40; 30) N/m². Hasil yang didapat adalah nilai densitas briket tertinggi yaitu 808,713 kg/m³ dihasilkan dari tekanan 50 N/m² dan nilai densitas briket terendah yaitu 763,872 kg/m³ dihasilkan dari tekanan 80 N/m², nilai modulus elastisitas briket tertinggi yaitu 40 MPa dihasilkan dari tekanan 70 N/m² dan tekanan 40 N/m², selanjutnya nilai modulus elastisitas briket terendah yaitu 20 MPa dihasilkan dari tekanan 60 N/m² dan nilai ultimate strength briket tertinggi yaitu 3,402 MPa dihasilkan dari tekanan 40 N/m² dan nilai ultimate strength briket terendah yaitu 2,813 MPa dihasilkan dari tekanan 80 N/m².

Kata kunci: biomass, briket, cangkang kelapa sawit, energi terbarukan, plastik LDPE

PENDAHULUAN

Konsumsi energi Indonesia terus meningkat. Tercatat pada tahun 2015, tiga sektor konsumen energi terbesar di Indonesia adalah sektor domestik (38%), industri maupun jasa (29%) dan transportasi (27%). Pemerintah berupaya menyikapi peningkatan konsumsi energi dengan menggabungkan energi dari berbagai sumber. Hampir 90% kebutuhan energi Indonesia dipenuhi dari bahan bakar fosil, termasuk minyak bumi serta batu bara. Saat ini, industri tersebut adalah pengguna energi fosil terbesar (32,17%) dan hampir seluruh industri tekstil di Pulau Jawa kini telah beralih ke batu bara [1]. Saat ini, industri merupakan sektor pengguna energi fosil terbesar (32,17%) dan hampir seluruh industri tekstil di Pulau Jawa beralih ke batu bara [2].

Dengan bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan energi juga bertambah oleh karena itu diperlukan energi alternatif lain. Di antara sumber energi terbarukan yang dapat perhatian khusus dalam pengembangannya yaitu biomassa [3].

Biomassa merupakan hasil fotosintesis, khususnya daun hijau yang berfungsi seperti tenaga surya, bersumber dari energi matahari untuk mengubah karbon dioksida menjadi air serta senyawa yang di dalamnya terdapat karbon. Hidrogen juga oksigen pada senyawa ini bisa dianggap sebagai energi terserap yang bisa diubah menjadi produk lainnya. Produk konversinya bisa berupa arang maupun batu bara, alkohol, dan sebagainya. Energi ini bisa dipakai guna membakar kayu, selain itu panas yang tersimpan bisa dipakai guna proses memasak [4].

Energi biomassa memiliki banyak keunggulan dan dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak bumi, sebagai contoh dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan karena merupakan sumber daya terbarukan, relatif bebas sulfur sehingga tidak menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan, polusi juga dapat menambah efisiensi penggunaan sumber daya kehutanan serta pertanian. Biomassa adalah campuran bahan organik, termasuk lemak, karbohidrat, protein, serta mineral lain contohnya fosfor, natrium, zat besi, jugakalsium [5].

Berbagai penelitian yang membahas pengaruh tekanan pembriketan terhadap mutu briket sudah banyak dilakukan diantaranya penelitian yang dilakukan [6] yang membahas pengaruh tekanan serta suhu pada briket arang limbah serbuk *shorea selanica*, selanjutnya penelitian tentang pengaruh tekanan dan komposisi briket batubara [7]. pengaruh tekanan terhadap biobriket bambu [8], pengaruh tekanan terhadap briket arang tempurung kelapa [9], pengaruh tekanan terhadap briket bonggol jagung dan sekam padi [10], pengaruh tekanan terhadap briket pelepah daun kelapa sawit [11]. pengaruh tekanan terhadap briket limbah daun cengkeh [12]. pengaruh tekanan terhadap briket pelepah kelapa [13], pengaruh variasi tekanan terhadap waktu sulut briket [14]. pengaruh tekanan terhadap briket limbah kayu sengon [15].

Bagi sebagian pemilik perkebunan sawit terutama di daerah Sumatera, cangkang kelapa sawit tidak berarti apa-apa. Banyak cangkang kelapa sawit yang dibuang dengan tidak adanya tindakan pengelolaan limbah, padahal jika didaur ulang bisa menjadi alternatif pengganti bahan bakar fosil yang bermanfaat. Tidak cuma ramah lingkungan juga merupakan bahan bakar alternatif yang bisa menjadi prioritas pembangunan guna mengatasi penurunan bahan bakar fosil. Cangkang kelapa sawit sendiri berwarna hitam keabuan yang bentuknya tidak teratur, teksturnya kekerasannya terbilang tinggi dan tersusun dari lignin serta selulosa. Adapun kandungan yang terkandung dalam kelapa sawit meliputi air 25,5%, abu 2,42%, silika 0,92%, lignin 50,03%, selulosa 65,45% dan kalor 4465 cal/gr [16].

Tekanan pada saat proses pembriketan adalah tekanan cetak pada saat proses pembriketan. Perubahan tekanan briket mempengaruhi sifat termal dan fisiknya. Jika tekanan makin tinggi maka nilai kalornya juga makin tinggi. Beban tekanan tinggi menjadi sebab bertambahnya berat jenis briket sehingga menghasilkan kekuatan mekanik yang lebih kuat, namun jika terlalu besar, pada keadaan tertentu penambahan tekanan malah akan merusak struktur dasar dari bahan pembuat briket sehingga berakibat nilai kekuatan mekaniknya malah menjadi rendah [17].

LDPE (Low Density Polyethylene) bermassa jenis $\pm 0,742$ gr/ml dan berviskositas 0,78 gr/ml, meleleh pada 115°C , berketahanan kimia sangat tinggi, serta gampang larut pada benzena juga tetrachlorocarbon (CCl_4). LDPE biasa digunakan sebagai kresek, plastik pembungkus daging beku [18]. Oleh sebab itu diharapkan juga penambahan plastik low density polyethylene pada pembuatan beriket dengan cangkang kelapa sawit dapat memberikan karakteristik briket yang lebih baik.

Maka dilakukanlah penelitian terkait briket berbahan dasar limbah cangkang kelapa sawit dan limbah plastik LDPE untuk melihat pengaruh tekanan pembriketan terhadap kualitas briket secara fisika.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlangsung di laboratorium Biofisika serta Fisika Lanjut, Institut Teknologi Bandung di bulan Januari 2023. Adapun peralatan yang digunakan yaitu drum pembakaran, sutil (pengaduk), ulekan, ayakan lolos 60 mesh, panci, lilin, korek api, sendok, neraca digital, press hidrolik briket dengan cetakan berbentuk silinder, gelas ukur, kalkulator, jangka sorong, alat Universal Testing Machine dan alat tulis. Selanjutnya untuk bahan briket adalah limbah cangkang kelapa sawit, plastik LDPE, tepung kanji serta air.

Prosedur penelitian; membuat serbuk arang cangkang kelapa sawit. Yang pertama dilakukan yaitu membersihkan limbah cangkang kelapa sawit, selanjutnya mengeringkannya di bawah sinar matahari. Melakukan penimbangan terhadap cangkang kelapa sawit sebanyak 5 kg lalu memasukkannya ke dalam drum pembakaran dan dibakar selama kurang lebih delapan jam hingga menjadi arang. Mengulek arang yang sudah jadi hingga berbentuk butiran lalu kemudian menyaring bubuk arang tersebut dengan saringan 60 mesh. Selanjutnya untuk plastik LDPE dilakukan dengan mencacah plastik hingga berukuran (0,5 x 0,5) cm.

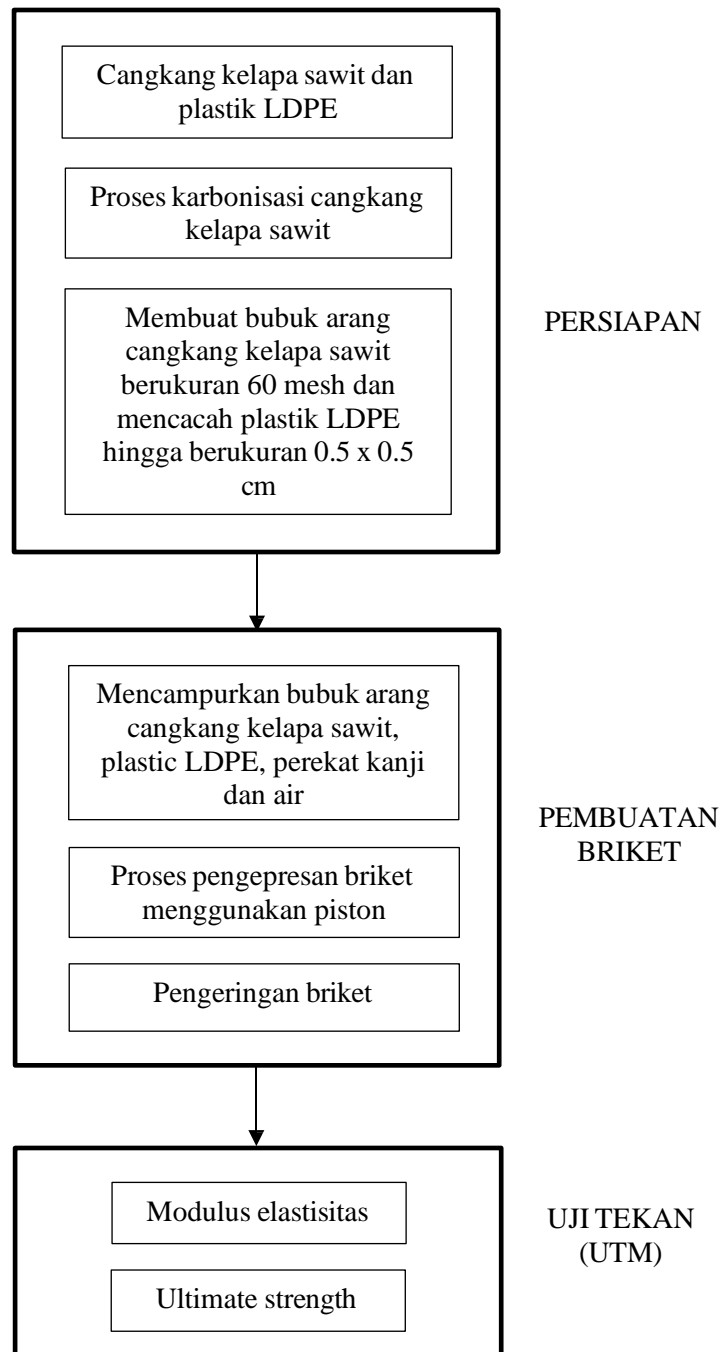
Membuat perekat; Perekat dibuat dengan mencampurkan 2 gr tepung kanji, plastik LDPE 0,8 gr dan air 15 ml untuk setiap cetakan, kemudian campuran tersebut dipanaskan dengan menggunakan 3 buah lilin sambil diaduk hingga mendidih dan membentuk lem selama kurang lebih 3 menit.

Pembuatan sampel briket; Menimbang 20 gr serbuk arang berukuran 60 mesh kemudian mencampurkannya dengan perekat yang telah dibuat sampai tercampur rata. Memasukkan adonan yang telah dibuat ke dalam cetakan briket lalu mengatur posisinya pada alat press hidrolik untuk selanjutnya dilakukan proses pengempaan dengan variasi tekanan yaitu (80; 70; 60; 50; 40; 30) N/m^2 selama 25 menit. Terakhir mengeluarkan briket dari cetakan dan mengeringkannya di suhu ruang selama seminggu.

Analisis data; Briket yang telah jadi selanjutnya diukur stabilitas dimensinya berdasarkan volume awal saat baru keluar dari cetakan dan volume akhir setelah briket dikeringkan, kemudian mengukur densitasnya menggunakan jangka sorong, necara analitik

dan bantuan kalkulator. Untuk analisis modulus elastisitas dan ultimate strength diproses dengan alat Universal Testing Machine.

Adapun tahanan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian briket

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Stabilitas Dimensi

Tabel 1 merupakan ukuran dimensi briket sesaat setelah keluar dari cetakan dan sesudah dikeringkan. Dari Tabel 1 diketahui bahwa nilai stabilitas dimensi briket tertinggi diperoleh dari briket cangkang kelapa sawit dan plastik LDPE dengan tekanan 50 N/m² yaitu 87,27%.

Tabel 1. Dimensi Briket

Tekanan pembri- ketan (N/m ²)	Dimensi		Massa		Volume		DS (%)
	Sebelum kering	Setelah kering	Sebelum kering	Setelah kering	Setelah kering	Sebelum kering	
80	$d_i = 40$ $l_i = 20$	$d_f = 42,12$ $l_f = 21,22$	$m_i=33,2$	$m_f=22,6$	$V_f= 29586,1$	$V_i=25142,8$	82.32
70	$d_i = 40$ $l_i = 20$	$d_f =41,92$ $l_f =21,42$	$m_i=32,3$	$m_f=22,6$	$V_f= 29582,0$	$V_i=25142,8$	82.34
60	$d_i = 40$ $l_i = 20$	$d_f =42,22$ $l_f =20,80$	$m_i=33,5$	$m_f=22,9$	$V_f= 29131,6$	$V_i=25142,8$	84.13
50	$d_i = 40$ $l_i = 20$	$d_f =42,50$ $l_f =19,97$	$m_i=34,1$	$m_f=22,9$	$V_f=28341,3$	$V_i=25142,8$	87.27
40	$d_i = 40$ $l_i = 20$	$d_f =42,52$ $l_f =19,97$	$m_i=33,3$	$m_f=22,6$	$V_f=28368,0$	$V_i=25142,8$	87.17
30	$d_i = 40$ $l_i = 20$	$d_f =41,85$ $l_f =21,55$	$m_i=32,5$	$m_f=22,8$	$V_f=29655,3$	$V_i=25142,8$	82.05

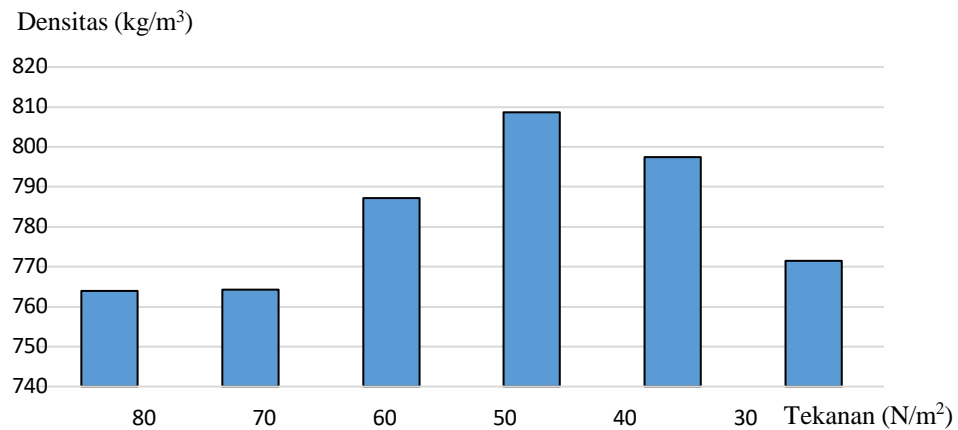
Dimana: m_i = massa awal (gr) m_f = massa akhir (gr)
 d_i = diameter awal (mm) d_f = diameter akhir (mm)
 l_i = tinggi awal (mm) l_f = tinggi akhir (mm)
 V_i = volume awal (mm³) V_f = volume akhir (mm³)

2. Pengujian Densitas

Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian densitas briket. Dari sana terlihat bahwa nilai densitas dari terendah hingga tertinggi berada pada rentang 763,872 kg/m³ hingga 808,713 kg/m³. Pada setiap variasi tekanan terlihat adanya perubahan nilai densitas, ketika briket diberi tekanan mulai dari tekanan tertinggi hingga menuju tekanan terendah terlihat bahwa nilai densitas semakin naik hingga mencapai puncak maksimal di tekanan 50 N/m², selanjutnya nilai densitas terlihat menurun kembali ketika diberi tekanan yang semakin kecil. Dari sini dapat disimpulkan bahwa briket mempunyai nilai densitas optimum pada tekanan 50 N/m².

Nilai densitas sendiri salah satunya dipengaruhi oleh tekanan pada saat proses pencetakan. Dimana jika semakin tinggi tekanan saat pencetakan akan menghasilkan densitas briket yang semakin tinggi karena tekanan yang semakin besar akan mengakibatkan butiran-butiran partikel penyusun briket terdesak guna mengisi bagian rongga yang kosong,

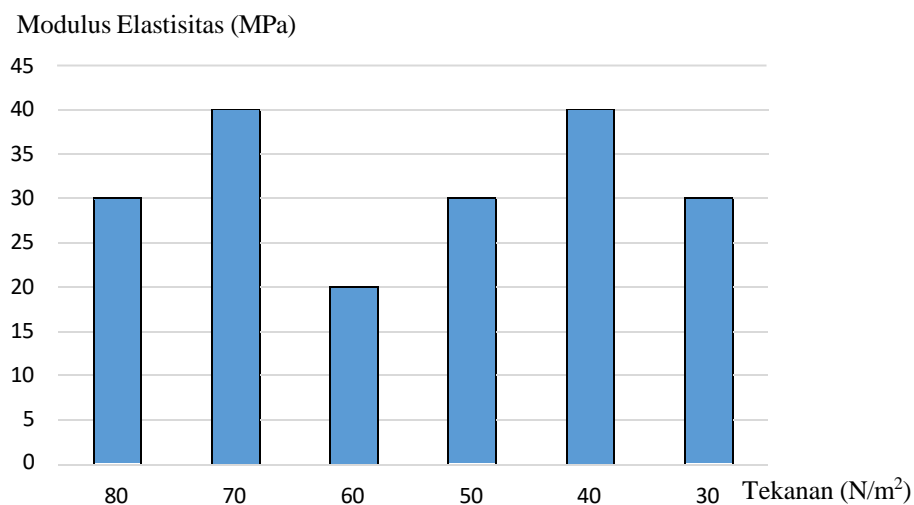
yang mengakibatkan porositas briket otomatis berkurang [15]. Namun pada hasil pengukuran dapat dilihat walaupun semakin besar tekanan pembriketan selayaknya membuat briket semakin kompak, pada kenyataannya pada tekanan terbesar yaitu tekanan 80 N/m² nilai densitas malah menjadi paling kecil di antara semuanya, ini menandakan ada yang dinamakan tekanan optimal pembriketan dimana pada tekanan pembriketan ini kualitas briket dari sisi densitas lebih baik di antara tekanan yang lainnya, karena bisa jadi ketika briket diberi tekanan pembriketan yang lebih besar lagi bisa jadi briket bukannya menjadi kompak malah menjadi hancur.



Gambar 2. Pengaruh Tekanan terhadap Densitas

3. Pengujian Modulus Elastisitas

Gambar 3 memperlihatkan pengukuran nilai modulus elastisitas briket. Modulus elastisitas sejatinya digunakan sebagai parameter untuk melihat kelakuan bahan kembali ke bentuknya semula segera sesudah gaya luar yang dikenakan pada bahan tersebut habis atau menghilang.



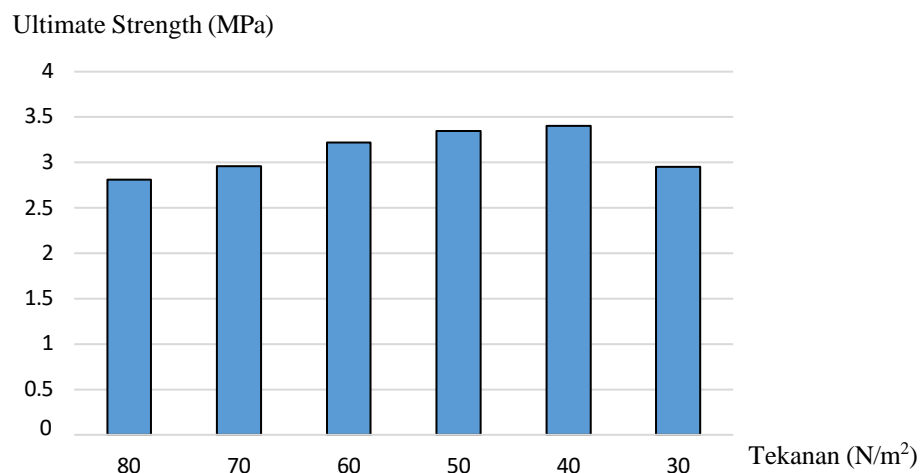
Gambar 3. Pengaruh Tekanan terhadap Modulus Elastisitas

Pada grafik di Gambar 3 memperlihatkan bahwa grafik modulus elastisitas membentuk grafik yang fluktuatif dimana ketika briket diberi tekanan pembriketan tinggi kemudian menuju tekanan pembriketan yang lebih rendah nilai modulus elastisitasnya bertambah lalu kemudian turun lagi ketika tekanan pembriketan yang diberi lebih rendah lagi, namun selanjutnya terlihat naik lagi ketika tekanan pembriketan yang diberi semakin rendah, begitu seterusnya bergantian hingga tekanan terendah. Pada pengukuran ini terlihat bahwa nilai modulus elastisitas tertinggi berada pada dua tekanan pembriketan yaitu pada tekanan pembriketan 70 N/m² dan pada tekanan pembriketan 40 N/m² yaitu berada pada nilai 40 MPa dan nilai modulus elastisitas terendah berada pada tekanan pembriketan 60 N/m² yaitu berada pada nilai 20 MPa. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai modulus elastisitas yang paling optimal berada pada tekanan pembriketan 70 N/m² dan 40 N/m² dimana memiliki nilai modulus elastisitas tertinggi.

4. Pengujian Ultimate Strength

Gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran nilai ultimate strength briket. Ultimate strength sejatinya digunakan sebagai parameter untuk melihat sebesar mana tegangan tertinggi yang mampu ditahan sebuah bahan sebelum bahan itu patah.

Pada grafik di Gambar 4 memperlihatkan bahwa grafik ultimate strength membentuk grafik yang berbentuk seperti parabola dimana ketika briket diberi tekanan pembriketan tinggi kemudian menuju tekanan pembriketan rendah nilai ultimate strengthnya bertambah terus hingga mencapai nilai maksimal ketika mencapai tekanan pembriketan 40 N/m², lalu kemudian turun lagi ketika tekanan pembriketan yang diberi lebih rendah. Pada pengukuran ini terlihat bahwa nilai ultimate strength tertinggi berada pada tekanan pembriketan 40 N/m² yaitu berada pada nilai 3,402 MPa dan nilai ultimate strength terendah berada pada tekanan pembriketan 80 N/m² yaitu berada pada nilai 2,813 MPa. Adanya nilai fluktuatif ini bisa saja disebabkan karena adanya penambahan potongan plastik LDPE yang menyebabkan kurang homogenya ikatan antar partikel antara bubuk arang cangkang kelapa sawit dan LDPE yang membentuk briket sehingga berpengaruh pada nilai ultimate strength briket yang fluktuatif.



Gambar 4. Pengaruh Tekanan terhadap Ultimate Strength

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Nilai densitas briket tertinggi dihasilkan dari tekanan 50 N/m² dan nilai densitas briket terendah dihasilkan dari tekanan 80 N/m².
2. Nilai modulus elastisitas briket tertinggi dihasilkan dari tekanan 70 N/m² dan tekanan 40 N/m², selanjutnya nilai modulus elastisitas briket terendah dihasilkan dari tekanan 60 N/m².
3. Nilai ultimate strength briket tertinggi dihasilkan dari tekanan 40 N/m² dan nilai ultimate strength briket terendah dihasilkan dari tekanan 80 N/m².
4. Berdasarkan nilai modulus elastisitas dan ultimate strength, maka briket paling optimal diperoleh dari briket dengan tekanan 40 N/m² karena memiliki nilai modulus elastisitas dan ultimate strength tertinggi.
5. Selanjutnya untuk penelitian selanjutnya akan dilakukan analisis proximate melalui uji kimia untuk melihat nilai kalor, kadar abu, kadar air, kadar zat mudah menguap serta kadar karbon terikat dari masing-masing briket.
6. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan cetakan yang sama untuk masing-masing briket dengan variasi tekanan guna menghasilkan briket dengan kualitas baik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Universitas Trisakti atas dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini dan terima kasih kepada Institut Teknologi Bandung yang telah meminjamkan alat Universal Testing Machine untuk kepentingan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] D. Marganingrum., L.M. Estiati, "Value Increasing of Reject Coal with Biomass Adding as Bio-Coal Briquette", Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology, vol.3, no.2, pp.123-135, April 2020.
- [2] Sulistyowati, N. A, "Bata Beton Berlubang dari Abu Batubara (Fly Ash dan Bottom Ash) yang Ramah Lingkungan", Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan. vol.15, no.1, pp. 87-96, 2013.
- [3] Harlan., A. Kadir., A.I. Imran, "Pengaruh Kompaksi Terhadap Karakteristik Briket Kulit Buah Kakao dan Kulit Biji Jambu Mete", ETHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin, vol.5, no.1, pp.09-14, Maret 2020.
- [4] M. E. D. Tana., D. B. N. Riwu., A. Y. Tobe, "Analisis Pengaruh Variasi Tekanan dan Dimensi Briket Sekam Padi Terhadap Temperatur dan Lama Nyala Api", vol.08, no.02, pp. 29-34, Oktober 2021.
- [5] Suhartoyo., Sriyanto, "Efektifitas Briket Biomassa", Prosiding SNATIF Ke-4, 2017.
- [6] J. Titarsole and J. Fransz, "Effect of Pressure and Temperature on The Density and Calorific Value of Charcoal Briquettes of Shorea Selanica Sawdust Waste", Hutan Pulau-Pulau Kecil, vol.7, no.1, pp.97-104, April 2023.

- [7] Sulistyowati, N. A, “Bata Beton Berlubang dari Abu Batubara (Fly Ash dan Bottom Ash) yang Ramah Lingkungan”, *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. vol.15, no.1, pp. 87-96, 2013.
- [8] T. Iskandar dan H. Poerwanto, “Identifikasi Nilai Kalor dan Waktu Nyala Hasil Kombinasi Ukuran Partikel dan Kuat Tekan pada Bio-Briket dari Bambu”, *Jurnal Teknik Kimia*, vol.9, no.2, pp.33-37, April 2015.
- [9] Sudirman and H. Santoso, “Testing The Compressive Strength of Biomass Bricket Based on Charcoal From Coconut Shell as Alternative Fuel”, *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, vol.8, no.2, pp.101-108, November 202.
- [10] S. Suryaningsih and A.Z. Nurussyifa, “Pengaruh Tekanan Pembriketan Terhadap Karakteristik Mekanik dan Karakteristik Pembakaran Pada Briket Campuran Sekam Padi dan Bonggol Jagung”, *JlIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, vol.04, no.01, pp. 23–28, 2020.
- [11] A. Nugraha., A. Widodo., S. Wahyudi, “Pengaruh Tekanan Pembriketan dan Persentase Briket Campuran Gambut dan Arang Pelepah Daun Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Pembakaran Briket”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol.8, no.1, pp.29 – 36, 2017.
- [12] A.B. Biantoro dan W. Widayat, “Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Perekat terhadap Karakteristik Briket Limbah Daun Cengkeh”, *Jurnal Inovasi Mesin*, vol.3, no.2, pp. 18-28, 2021.
- [13] A. Trisa., W. Nuriana., Mustafa, “Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Densitas, Kadar Air Dan Laju Pembakaran Pada Briket Pelepah Kelapa”, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII*, pp.421-426, 2019.
- [14] D. Komalasari dan S. Wulandari, “Pengaruh Variasi Tekanan pada Modifikasi Briket Batubara Terhadap Waktu Sulut”, *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika (JTMEI)*, vol.1, no.4, pp.29-38, 2022.
- [15] F. K. Pambudi., W. Nuriana., Hantarum, “Pengaruh Tekanan Terhadap Kerapatan, Kadar Air dan Laju Pembakaran Pada Biobriket Limbah Kayu Sengon”, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI*, pp.547-554, 2018.
- [16] R. Moeksin., KGS.A.A. Pratama., D.R. Tyani, “Pembuatan Briket Bioarang dari Campuran Limbah Tempurung Kelapa Sawit dan Cangkang Biji Karet”, *Jurnal Teknik Kimia*, no.3, vol.23, pp.146-156, Agustus 2017.
- [17] F. K. Pambudi., W. Nuriana., Hantarum, “Penurunan Nilai Kadar Air Dan Laju Pembakaran Pada Biobriket Limbah Kayu Sengon Dengan Variasi Tekanan”, *AGRI-TEK: Jurnal Ilmu Pertanian, Kehutanan dan Agroteknologi*, vol.19, no.2, pp.92-95, September 2018.
- [18] Nugroho, A.S, “Pengolahan Limbah Plastik LDPE dan PP untuk Bahan Bakar dengan Cara Pirolisis”, *Jurnal Litbang Sukowati : Media Penelitian dan Pengembangan*, vol.4, no.1, p. 10, 2020.