

Analisis Kualitas Briket Biomassa dari Limbah Sekam Padi dan Daun Kering sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan

Enda Apriani^{1*}, Markus Nanda Andika²

^{1,2} Prodi Teknik Industri, Universitas Proklamasi 45
Jl. Proklamasi No. 1, Caturtunggal, Depok, Sleman

*Penulis Korespondensi: endaapriani@up45.ac.id

Abstract

Rice husk waste and dry leaves can be found all around us. If not managed properly, it can pollute the environment. For this reason, this waste can be used to make products with economic value, for example briquettes are an alternative energy source. The trial design for making briquettes in this study used a comparison ratio (75: 25). Mixing rice husk charcoal and ground dry leaves with a ratio of 75% rice husk charcoal and 25% dry leaf charcoal, as well as adding 5% tapioca adhesive and 30% water. The briquette compression test results show that sample 1 with a maximum force of 6038.5 N has the highest compression value of 9.67 Mpa. Sample 2 with a maximum force of 713.46 N produces a compression value of 1.88 Mpa, while sample 3 with a maximum force of 1121.14 N has a compression value of 3.00 Mpa. The result is that sample 1 has the highest pressure value. The results of observing the microstructure using SEM testing showed that the size was larger, namely at 50x magnification compared to other particle size magnifications (300x, 500x 800x, and 1,000x), namely 500 μm .

Keywords: Briquettes, dry leaves, pressure test, rice husk waste, SEM test

Abstrak

Limbah sekam padi dan daun kering dapat ditemukan di sekitar kita. Apabila tidak dikelola dengan baik, maka dapat mencemari lingkungan. Untuk itu limbah tersebut bisa dimanfaatkan menjadi produk yang bernilai ekonomis, misalnya briket menjadi salah sumber energi alternatif. Rancangan uji coba pembuatan briket pada penelitian ini menggunakan rasio perbandingan (75 : 25). Pencampuran arang sekam padi dan daun kering yang sudah dihaluskan dengan perbandingan 75% arang sekam padi dan 25% arang daun kering, serta tambahan perekat tapioka 5% dan air 30%. Hasil uji tekan briket menunjukkan sampel 1 dengan gaya maksimum 6038,5 N memiliki nilai tekan tertinggi 9,67 Mpa. Sampel 2 dengan gaya maksimum 713,46 N menghasilkan nilai tekan 1,88 Mpa, sedangkan sampel 3 dengan gaya maksimum 1121,14 N memiliki nilai tekan 3,00 Mpa. Hasilnya adalah sampel 1 memiliki nilai tekanan paling tinggi. Hasil pengamatan struktur mikro dengan pengujian SEM didapatkan ukuran yang lebih besar nilainya, yaitu pada pembesaran 50x dibandingkan pembesaran ukuran partikel lainnya (300x, 500x, 800x, dan 1.000x), yaitu sebesar 500 μm .

Keywords: Briket, daun kering, limbah sekam padi, uji SEM, uji tekan

Pendahuluan

Di Indonesia sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui tersedia cukup banyak, antara lain biomassa yang berasal dari limbah organik. Saat ini krisis terhadap energi menjadi topik perbincangan di dunia. Hal

ini memberikan dampak besar bagi masyarakat Indonesia karena masih banyak yang bergantung pada bahan bakar fosil (Adhani et al., 2020). Sekarang ini kebutuhan energi pun meningkat pesat. Energi alternatif

terbarukan dan berkelanjutan diperlukan untuk memenuhi kesenjangan antara menipisnya bahan bakar fosil dan energi tuntutan. Biomassa merupakan sumber energi primer global ketiga setelah batu bara dan minyak bumi (Murni et al., 2021). Pembuatan briket biomassa menjadi alternatif energi terbarukan untuk bahan bakar fosil, dengan potensi pengembangan skala besar di negara-negara berkembang (Kpalo et al., 2020).

Penggunaan biomassa sebagai sumber terbarukan bioenergi dan biomaterial dapat mengatasi berbagai kebutuhan masyarakat (Zuhri & Mikhratunnisa, 2023). Biomassa dapat diolah menjadi bahan bakar alternatif seperti pembuatan briket (Eka Putri & Andasuryani, 2017). Proses produksi briket banyak yang menggunakan dari biomassa.

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan dengan cara proses fotosintesis (Imam Ardiansyah et al., 2022). Biomassa sebagai sumber energi dimanfaatkan untuk menghasilkan panas dengan cara dibakar atau mengubahnya menjadi berbagai bahan bakar biomassa. Energi baru terbarukan adalah energi alternatif berbahan biomassa yang dikembangkan menjadi bahan bakar padat atau briket (Patandung, 2017). Sekam padi dan daun kering merupakan biomassa sebagai bahan pembuatan briket. Sekam padi merupakan limbah hasil pertanian dari proses penggilingan padi yang belum dimanfaatkan secara optimal (Qistina et al., 2016).

Briket arang merupakan bahan bakar padat yang mengandung karbon, mempunyai nilai kalor yang tinggi, dan dapat menyala lama (Sunardi et al., 2019). Briket yang berkualitas baik mempunyai standar yang sesuai dengan kebutuhan (Widjaya et al., 2022). Briket biomassa yang terbuat dari campuran sekam padi dan serbuk kayu pinus memiliki daya tahan mekanis lebih dari 97,5%, memenuhi standar yang ada, dengan suhu pemadatan 110°C dan proporsi sekam padi tidak melebihi 60% (Niño et al., 2020).

Bahan pengikat digunakan untuk memastikan struktur arang yang kuat menjadi briket yang dihasilkan dengan meningkatkan daya rekat arang (Idris et al., 2021). Perikat tapioka bisa menjadi penambahan pembuatan briket dari limbah industri pengolahan kayu. Bahan baku terlebih dahulu diarangkan, lalu dihaluskan dengan cara ditumbuk. Selanjutnya dicampur dengan perekat, kemudian dicetak menggunakan sistem hidrolis manual lalu dikeringkan (Basuki et al., 2020).

Metodologi Penelitian

Bahan baku briket yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekam padi dan daun kering, serta sebagai perekat digunakan tepung tapioka.

A. Pembuatan Briket

Dalam proses pembuatan briket akan dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain sebagai berikut:

1. Pengumpulan limbah sekam padi dan daun kering.
2. Pengarangan berguna untuk mengubah limbah sekam padi dan daun kering menjadi arang yang akan digunakan untuk adonan pada briket.
3. Mencampurkan arang sekam padi dan arang daun kering yang dihaluskan menjadi satu. Kemudian ditambahkan dengan tepung tapioka dan air agar adonan arang tercampur merata.
4. Dengan tambahan air dan perekat tepung tapioka yang dicampurkan adonan yang dibentuk lebih mudah dipadatkan menggunakan mesin pencetak briket.
5. Pencetakan nanti akan dilakukan dengan menggunakan alat pencetak briket, dengan menggunakan daya dari mesin untuk mengompresi atau memadatkan adonan briket.
6. Pengeringan untuk membuat struktur briket lebih kuat dan tahan ketika akan digunakan untuk pembakaran.

B. Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan pada briket arang memiliki relevansi yang signifikan, terutama dalam konteks penggunaan

sebagai bahan bakar atau media pemanas. Tekanan tinggi membuat briket menjadi semakin padat, mempunyai kerapatan tinggi, halus permukaan dan seragam. Partikel material campuran briket dapat saling mengisi pori-pori yang kosong, dan menurunkan molekul air yang menempati pori-pori tersebut (Suryajaya, 2020). Untuk menghasilkan briket dengan lama bakar yang baik, maka diperlukan kepadatan yang baik pula (Sudirman & Santoso, 2021).

Dengan melakukan uji ini, kita dapat menilai sejauh mana briket arang dapat menahan tekanan selama proses pembakaran. Hasil uji membantu memastikan bahwa briket arang memiliki kekuatan yang memadai untuk memberikan performa bakar yang efisien dan konsisten. Oleh karena itu, uji kuat tekan tidak hanya memberikan gambaran tentang kualitas briket arang, tetapi juga membantu pengguna untuk memilih produk yang dapat diandalkan dan memberikan nilai yang optimal.

Pengujian kuat tekan briket dilakukan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada dengan melakukan 3 kali pengulangan untuk 1 sampel. Uji kuat tekan briket akan menunjukkan ketahanan briket terhadap tekanan dan menunjukkan tingkat kekerasan briket.

C. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Tujuan dari analisa SEM, yakni untuk mengetahui adanya perubahan struktur permukaan arang dan arang menjadi karbon aktif. *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang dirancang untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10-3.000.000 kali, depth of field 4-0,4 mm dan resolusi sebesar 1-10 nm. Pada penelitian ini dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui morfologi serat dan melakukan perhitungan densitas sebagai pengujian fisik (Hariyanto, 2023).

Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Uji Kuat Tekan Briket

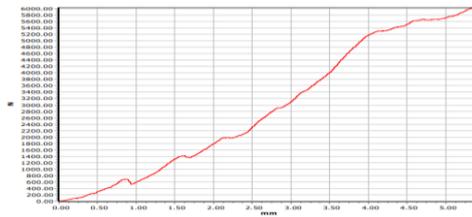
Kualitas briket juga ditentukan dari analisis fisik briket, salah satunya yaitu kuat tekan yang diberikan pada permukaan briket. Pengujian kuat tekan briket dengan menggunakan alat pengukur *tensile strength system* hidrolik di laboratorium Teknik Mesin dan Industri UGM.

Kuat tekan briket bermanfaat untuk mengetahui kualitas kekuatan briket dan seberapa besar daya tahan briket terhadap tekanan. Pada penelitian ini menggunakan 3 sampel pengujian untuk menghitung rata-rata dari nilai kalor dan *volatile* yang ada pada briket. Pengujian kuat tekan briket menggunakan 3 sampel yang dipilih secara *random*, dan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tekan Briket

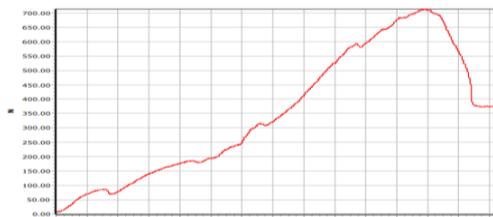
No.	Area (mm ²)	Displacement (mm)	Max. Force (N)	Compression Stress (Mpa)
1	624,64	5,37	6038,5	9,67
2	378,98	2,38	713,46	1,88
3	374,09	1,81	1121,14	3,00

Pada Tabel 1 diatas hasil pengujian kuat tekan briket sampel 1, 2, dan 3 berbeda. Luas area sampel 1 sebesar 624,64 mm², sampel 2 sebesar 378,98 mm² dan untuk sampel 3 sebesar 374,09 mm². Untuk *displacement* atau perpindahan sampel 1 sebesar 5,37 mm, sampel 2 sebesar 2,38 mm, dan sampel 3 sebesar 1,81 mm. Untuk maksimum gaya pada sampel satu sebesar 6038,5 N, untuk sampel 2 sebesar 713,46 N, dan sampel 3 sebesar 1121,14 N. Pada hasil kuat tekan sampel 1 yang didapat sebesar 9,67 Mpa untuk sampel 2 sebesar 1,88 Mpa dan sampel 3 sebesar 3,00 Mpa.



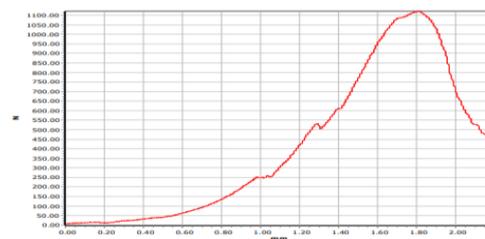
Gambar 1. Grafik Hasil Uji Tekan 1
Sumber : (Penulis, 2024)

Pengujian sampel 1, yang tergambar dalam grafik pada Gambar 1 mengungkapkan data yang signifikan. Luas area sampel ini mencapai 624,64 mm², dengan nilai *displacement* mencapai 5,37 mm. Kekuatan maksimum yang diperoleh pada pengujian ini mencapai 6038,50 N; yang menunjukkan tingkat ketahanan sampel terhadap tekanan. *Compression stress* yang dihasilkan pada sampel mencapai 9,67 M, mengindikasikan tingkat tegangan kompresi yang dihadapi oleh sampel selama uji tekan.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Tekan 2
Sumber : (Penulis, 2024)

Uji tekan pada sampel 2 terdokumentasi dalam grafik pengujian pada Gambar 2 area sampel mencapai 378,98 mm², dengan *displacement* sebesar 2,38 mm. Kekuatan maksimum yang diberikan mencapai 713,46 N, dan *compression stress* yang dihasilkan mencapai 1,88 Mpa. Grafik pengujian ini memberikan gambaran sampel 2 terhadap tekanan seperti luas area, *displacement*, kekuatan maksimum, dan *compression stress*.



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Tekan 3
Sumber : (Penulis, 2024)

Dalam uji tekan pada sampel 3, data pengujian tergambar dengan jelas pada Gambar 3 dimana luas area sampel mencapai 374,09 mm², sedangkan *displacement* yang terjadi mencapai 1,81 mm. Kekuatan maksimum yang diperoleh pada pengujian mencapai 1121,14 N, dan pada saat itulah kekuatan tekan mencapai puncaknya, mencapai angka 3,00 Mpa. Grafik pengujian memberikan gambaran komprehensif mengenai sampel terhadap tekanan, mencakup luas area, *displacement*, dan kekuatan maksimum yang dicapai.

B. Hasil Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

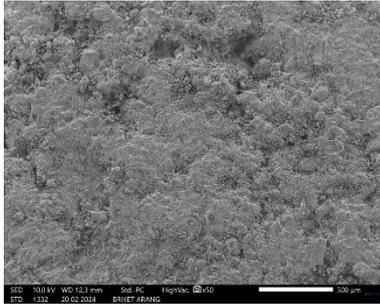
Adapun bentuk dan ukuran dari partikel mempunyai peranan penting terhadap kualitas ikatan bahan. Semakin kecil ukuran partikel yang berikatan, maka kualitas ikatan semakin baik. Hal ini disebabkan karena semakin luasnya kontak permukaan antara partikel yang berikatan satu sama lain. Ukuran partikel berpengaruh pada pendistribusian partikel. Hal ini dikarenakan semakin kecil partikel maka kemungkinan terdistribusi secara merata akan lebih besar. Hasil yang diperoleh pada proses pencampuran, yakni distribusi partikel yang homogen. Campuran homogen menentukan kualitas ikatan. Hal ini disebabkan selama proses kompaksi atau pengepresan bahan, maka gaya tekan yang diberikan terdistribusi dengan merata (Suryajaya, 2020).

Pada uji SEM didapatkan hasil bahwa semakin kecil ukuran partikel yang ada, maka pori-pori pada bahan juga semakin kecil ukurannya. Pengamatan struktur mikro ini dilakukan

pada 1 jenis spesimen dengan variasi 5 pembesaran serat yang berbeda sebagaimana dijelaskan berikut ini.

1. Hasil Analisis Citra Morfologi SEM EDX Pembesaran 50x

Rata-rata ukuran partikel serat yang diukur pada magnitudo 50x adalah: 12,3 mikrometer seperti terlihat pada Gambar 4.

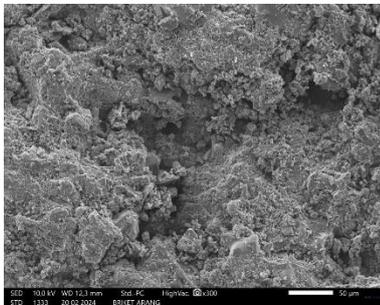


Gambar 4. Hasil Uji SEM 50x Pembesaran

Sumber : (Penulis, 2024)

2. Hasil Analisis Citra Morfologi SEM EDX Pembesaran 300x

Rata-rata ukuran partikel serat yang diukur pada magnitudo 300x adalah: 12,3 mikrometer seperti terlihat pada Gambar 5.

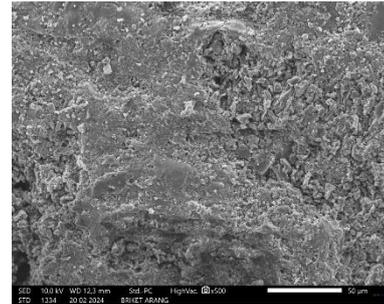


Gambar 5. Hasil Uji SEM 300x Pembesaran

Sumber : (Penulis, 2024)

3. Hasil Analisis Citra Morfologi SEM EDX Pembesaran 500x

Rata-rata ukuran partikel serat yang diukur pada magnitudo 500x adalah: 12,3 mikrometer seperti terlihat pada Gambar 6.

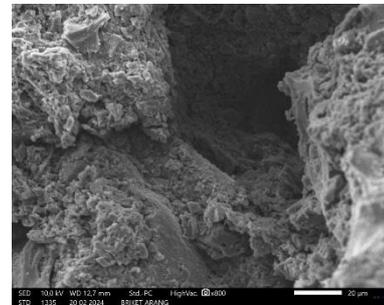


Gambar 6. Hasil Uji SEM Pembesaran 500x

Sumber : (Penulis, 2024)

4. Hasil Analisis Citra Morfologi SEM EDX Pembesaran 800x

Rata-rata ukuran partikel serat yang diukur pada magnitudo 800x adalah: 12,7 mikrometer seperti terlihat pada Gambar 7.

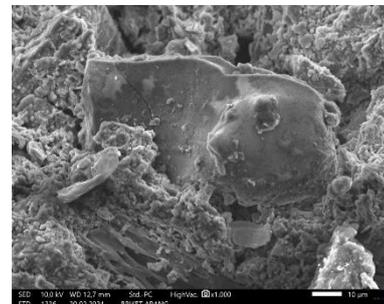


Gambar 7. Hasil Uji SEM Pembesaran 800x

Sumber : (Penulis, 2024)

5. Hasil Analisis Citra Morfologi SEM EDX Pembesaran 1000x

Rata-rata ukuran partikel serat yang diukur pada magnitudo 1000x adalah: 12,3 mikrometer seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Uji SEM Pembesaran 1.000x

Sumber : (Penulis, 2024)

C. Analisis Data Hasil

Berdasarkan analisis data yang didapatkan selama penelitian dapat

memberikan gambaran secara menyeluruh tentang tahapan pembuatan alat pencetak briket hingga uji coba pembuatan briket dan uji hasil laboratorium.

1. Analisis Uji Coba Pembuatan Briket

Proses pembuatan briket dimulai dari tahap pengarangan hingga pencetakan. Saat proses pengarangan lama waktu tunggu pengarangan menjadi kendala saat pembuatan briket. Untuk pengarangan sekam padi dan daun kering dilakukan terpisah. Waktu untuk mengarangkan sekam padi kurang lebih 8 jam, sedangkan daun kering kurang lebih 4 jam. Hal ini dipengaruhi beberapa faktor antara lain teknik pengarangan, peralatan yang digunakan, sumber api, dan faktor cuaca. Teknik pengarangan luar membutuhkan waktu yang lebih lama, namun arang yang dihasilkan lebih bagus dan merata. Peralatan yang digunakan untuk pembakaranpun seadanya, yaitu dengan kaleng cat bekas dan seng plat untuk penutupnya. Untuk sumber apinya menggunakan kayu bakar yang tentu panasnya tidak sebaik api dari tabung gas yang bisa lebih panas. Metode pembakaran luar dipilih karena mempertimbangkan efisiensi biaya dengan menggunakan peralatan pembakaran sederhana (Mansyur & Apriani, 2023).

Penggunaan kayu bakar membuat proses pengarangan terjadi lebih lama, namun disisi lain pengeluaran biaya untuk bahan bakar menjadi lebih murah dibanding menggunakan gas. Untuk faktor cuaca tentunya angin menjadi penghambat saat proses pembakaran, karena arah mata angin yang berubah-ubah setiap waktu tidak memaksimal panas dari titik api yang dihasilkan saat pembakaran.

Transfer energi panas dari kayu bakar ke wadah pengarangan menjadi kurang stabil dan berubah-ubah, yang menjadi salah satu faktor pengaran lebih lama. Untuk pengarangan disarankan menggunakan bahan bakar yang lebih baik lagi seperti gas ataupun sejenisnya. Untuk tempat pembakaran lebih baik

diruang tertutup yang disediakan corong tempat mengeluarkan asap agar tidak terhambat oleh pengaruh angin. Peralatan yang digunakan juga disarankan untuk membuat pengarangan khusus yang lebih baik dan besar untuk memudahkan saat pengarangan.

2. Analisis Hasil Pengujian Kuat Tekan Briket

Dalam pengujian kuat tekan pada sampel 1, 2, dan 3, perbedaan karakteristik mekanik muncul dengan jelas. Hasil kuat uji tekan briket menggunakan satuan Kg/cm^2 , sedangkan pada pengujian kuat tekan briket yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan satuan Mpa (*Megapascal*). Hasil uji kuat tekan pada briket harus harus dikonversi dari satuan Kg/cm^2 ke Mpa, jika di konversikan maka 1 Kg/cm^2 sama dengan 0,0981 Mpa. Perbandingan hasil kuat tekanan untuk 3 sampel yang dikonversikan, dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Kuat Tekanan Briket

Sampel	Mpa	Kg/cm^2
1	9,67	98,607
2	1,88	19,171
3	3,00	30,591

Dalam Tabel 2 sampel 1 menonjol dengan luas area yang besar, mencapai $624,64 \text{ mm}^2$, dan kekuatan maksimum yang sangat tinggi sebesar 6038,50 N. Perpindahan yang signifikan sebesar 5,37 mm menunjukkan kemampuannya mengatasi tekanan dengan deformasi yang cukup besar. *Compression stress* yang tinggi sebesar 9,67 Mpa atau 98,607 Kg/m^2 yang menandakan daya tahan terhadap tekanan. Namun hal ini bukan tanpa dasar, karena pada saat pengujian posisi peletakan briket sampel 1 dilakukan secara horizontal, sehingga mempengaruhi gaya tekanan yang diberikan.

Sementara itu, sampel 2 memiliki luas area yang lebih kecil, yaitu $378,98 \text{ mm}^2$, dan kekuatan maksimum sebesar 713,46 N. Meskipun memiliki daya

tekanan rendah sebesar 1,88 Mpa, atau 19,171 Kg/m². Sampel 2 menunjukkan kemampuan menahan tekanan yang cukup baik dengan perpindahan sebesar 2,38 mm. Sampel 3, dengan luas area 374,09 mm², memiliki nilai kekuatan maksimum sebesar 1121,14 N dan daya tekan sebesar 3,00 Mpa atau 30,591 Kg/m². Meskipun perpindahan yang relatif kecil sebesar 1,81 mm. Sampel 3 tetap menunjukkan karakteristik yang kuat dalam menahan tekanan.

Sampel 2 dan 3 posisi peletakan briketnya secara vertical, maka tekanan yang diberikan akan lebih kuat dan terasa dibandingkan dengan posisi horizontal. Ini berdasarkan prinsip gaya tekan semakin jauh poros gaya dengan alas penampang maka akan semakin besar gaya tekan yang dihasilkan. Pada gambar grafik terlihat jelas bagaimana perbedaan proses penekanan terhadap briket antara sampel 1, dan sampel 2, serta 3. Grafik menggambarkan dari tekanan awal naik hingga ke titik kompresi tertinggi dan kemudian mengalami kemerosotan akibat batas kemampuan tekanan briket yang dapat dilihat pada gambar pengujian kuat tekan briket, menunjukkan bahwa struktur briket telah hancur dengan tekanan maksimum yang didapatkan dari masing-masing sampel briket.

Pengujian kuat tekan briket yang terdiri dari 3 sampel, yaitu untuk *compression stress* atau hasil kuat tekanan tertinggi ada pada sampel 1 dengan nilai mencapai 9,67 Mpa, sedangkan terendah adalah sampel 2 yaitu sekitar 1,88 Mpa. Untuk *maximum force* atau gaya maksimal tertinggi yang didapat disampel 3 yang mencapai 1121,14 N, dan terendah pada sampel 2 sekitar 713,46 N. Untuk *displacement* atau perpindahannya terbesar pada sampe 1 mencapai 5,37 mm, dan terendah sampel 3 sekitar 1,81 mm.

Berdasarkan data yang didapatkan semakin besar nilai *displacement* maka *maximum force* yang didapatkan semakin kecil dan nilai *compression stress* juga akan kecil. Sebaliknya jika *displacement* yang didapatkan kecil, maka nilai

maximum force dan *compression stress* yang didapatkan jauh lebih besar.

3. Analisis Hasil Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Dari kelima hasil foto SEM yang dilakukan, pada pembesaran 50x secara visual morfologinya kelihatan lebih tersusun rapi dan beraturan pada permukaan matriksnya. Pada pembesaran 300x secara visual morfologinya kelihatan agak tersusun rapi dan beraturan pada permukaan matriksnya. Pada pembesaran 500x secara visual morfologinya masih tersusun rapi dan beraturan pada permukaan matriksnya. Pada pembesaran 800x secara visual morfologinya terlihat ada rongga besar pada permukaan matriksnya. Pada pembesaran 1.000x secara visual morfologinya terlihat masih ada rongga pada permukaan matriksnya dan tidak rapi (tidak beraturan) di permukaan matriksnya.

Dan pada pengamatan struktur mikro adapun ukuran partikel serat dari sampel yang diukur pada magnitude 50x adalah 500 µm, ukuran partikel serat dari sampel yang diukur pada magnitude 300x adalah 50 µm, ukuran partikel serat dari sampel yang diukur pada magnitude 500x adalah 50 µm, ukuran partikel serat dari sampel yang diukur pada magnitude 800x adalah 20 µm, ukuran partikel serat dari sampel yang diukur pada magnitude 1.000x adalah 10 µm. Ukuran yang lebih besar nilainya, yaitu pada pembesaran 50x dibandingkan pembesaran ukuran partikel lainnya.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan bahwa sekam padi dan daun kering dapat dijadikan briket sebagai sumber energi terbarukan. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil uji sampel di laboratorium, didapatkan hasil uji tekan pada sampel 1 sebesar 9,67 Mpa, sampel 2 sebesar 1,88 Mpa, dan sampel 3 sebesar 3,00 Mpa. Hasil uji tekan yang paling besar adalah untuk sampel 1. Penggunaan alat cetak

briket sangat membantu di dalam pembuatan briket dengan ukuran yang seragam. Hasil pengamatan struktur mikro dengan pengujian SEM, didapatkan ukuran partikel serat dari sampel yang diukur pada magnitudo 50x adalah 500 μm , ukuran partikel serat dari sampel yang diukur pada magnitudo 300x adalah 50 μm , ukuran partikel serat dari sampel yang diukur pada magnitudo 500x adalah 50 μm , ukuran partikel serat dari sampel yang diukur pada magnitudo 800x adalah 20 μm , ukuran partikel serat dari sampel yang diukur pada magnitudo 1.000x adalah 10 μm . Ukuran yang lebih besar nilainya, yaitu pada pembesaran 50x dibandingkan pembesaran ukuran partikel lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengembangan kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Proklamasi 45 (UP45), Fakultas Teknik UP45 dan Yayasan UP45 yang telah mendanai penelitian ini dan kepada seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adhani, L., Marsya, M. A., Oktavia, S., & Sindiany, I. I. (2020). Analisis bahan bakar Alternatif Komposit Biobriket dari Eceng gondok dengan Perekat Kotoran Sapi. *Al-Kimiya*, 6(2), 81–86. <https://doi.org/10.15575/ak.v6i2.6505>
- Basuki, H. W., Yuniarti, Y., & Fatriani, F. (2020). Analisa Sifat Fisik Dan Kimia Briket Arang Dari Campuran Tandan Kosong Aren (Arenga Pinnata Merr) Dan Cangkang Kemiri (Aleurites trisperma). *Jurnal Sylva Scientiae*, 3(4), 626. <https://doi.org/10.20527/jss.v3i4.2346>
- Eka Putri, R., & Andasuryani, A. (2017). Studi Mutu Briket Arang Dengan Bahan Baku Limbah Biomassa. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 21(2), 143. <https://doi.org/10.25077/jtpa.21.2.143-151.2017>
- Hariyanto, A. (2023). Analisis SEM (Scanning Electron Microscope) Dan Foto Mikro Pada Material Komposit Serat Tangkai Jagung Dengan Matriks Plastik Polipropilen. *AutoMech : Jurnal Teknik Mesin*, 3(01). <https://doi.org/10.24269/jtm.v3i01.6889>
- Idris, S. S., Zailan, M. I., Azron, N., & Abd Rahman, N. (2021). Sustainable Green Charcoal Briquette from Food Waste via Microwave Pyrolysis Technique: Influence of Type and Concentration of Binders on Chemical and Physical Characteristics. *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(3), 425–433. <https://doi.org/10.14710/ijred.2021.33101>
- Imam Ardiansyah, Yandra Putra, A., & Sari, Y. (2022). Analisis Nilai Kalor Berbagai Jenis Briket Biomassa Secara Kalorimeter. *Journal of Research and Education Chemistry*, 4(2), 120. [https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4\(2\).10735](https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4(2).10735)
- Kpalo, S. Y., Zainuddin, M. F., Manaf, L. A., & Roslan, A. M. (2020). A Review of Technical and Economic Aspects of Biomass Briquetting. *Sustainability*, 12(11), 4609. <https://doi.org/10.3390/su12114609>
- Mansyur, S., & Apriani, E. (2023). Analysis of the effect of temperature and raw material mixes on the pyrolysis process with single retort-rocket stove technology on the characteristics of sawdust charcoal briquettes. *International Journal of Industrial Optimization*, 38–46. <https://doi.org/10.12928/ijio.v4i1.6688>
- Murni, S. W., Setyoningrum, T. M., & Nur, M. M. A. (2021). Production of briquettes from Indonesia agricultural biomass waste by using pyrolysis process and comparing the characteristics. *Eksergi*, 18(1), 13. <https://doi.org/10.31315/e.v0i0.4572>
- Niño, A., Arzola, N., & Araque, O. (2020). Experimental Study on the Mechanical Properties of Biomass Briquettes from a Mixture of Rice Husk and Pine Sawdust. *Energies*, 13(5), 1060. <https://doi.org/10.3390/en13051060>
- Patandung, P. (2017). Pengaruh Jumlah Tepung Kanji Pada Pembuatan Briket Arang Tempurung Pala. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 6(2), 95. <https://doi.org/10.33749/jpti.v6i2.3195>

- Qistina, I., Sukandar, D., & Trilaksono, T. (2016). Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa. *Jurnal Kimia VALENSI*, 0(0). <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.4054>
- Sudirman, S., & Santoso, H. (2021). Pengujian Kuat Tekan Briket Biomassa Berbahan Dasar Arang Dari Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 8(2), 101–108. <https://doi.org/10.36706/jptm.v8i2.15319>
- Sunardi, Djuanda, & Mohammad Ahsan S. Mandra. (2019). Characteristics of Charcoal Briquettes from Agricultural Waste with Compaction Pressure and Particle Size Variation as Alternative Fuel. *International Energy Journal*, 19, 139148. <https://www.researchgate.net/publication/343738493>
- Suryajaya, N. H. H. H. W. (2020). Pengaruh Tekanan Pada Briket Arang Alaban Ukuran Partikel Kecil. *Risalah Fisika*, 4(1), 19–26. <https://doi.org/10.35895/rf.v4i1.170>
- Widjaya, D., Sinatrya, A. N., Kusumandaru, W., Jupriyanto, A., & Nijkamp, R. T. (2022). Utilization of Several Agricultural Wastes into Briquette as Renewable Energy Source. *PLANTA TROPIKA: Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)*, 10(2), 169–176. <https://doi.org/10.18196/pt.v10i2.13773>
- Zuhri, D., & Mikhratunnisa. (2023). Uji Karakteristik Briket Berbahan Baku Tempurung Kelapa dengan Perekat Tepung Kanji Berdasarkan Variasi Ukuran Partikel dan Dimensi. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Ilmu Pertanian*, 1(3), 53–70.