



Uji Kuat Tekan dan Kekerasan dengan Variasi Komposisi dan Ukuran Partikel pada Biobriket Tempurung Kelapa (*Cocos Nucifera*), Tongkol Jagung (*Corn Cob*) dan Kotoran Sapi

Ummi Kalsum¹, Sahara Sahara^{1*}, dan Jumardin Jumardin¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Email: sahara.syamsuddin@uin-alauddin.ac.id

*Corresponding Author

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik mekanik briket yang dibuat dari campuran tempurung kelapa, tongkol jagung, dan kotoran sapi dengan perekat tapioka. Briket diuji berdasarkan sifat mekaniknya untuk kerapatan menggunakan jangka sorong dan untuk kuat tekan dan kekerasan menggunakan *Universal Testing Machine*. Sampel dibuat dalam komposisi campuran yang berbeda dengan ukuran partikel 60 mesh dan 100 mesh. Hasil penelitian menunjukkan variasi ukuran partikel dan komposisi bahan berpengaruh signifikan terhadap kualitas biobriket. Biobriket dengan ukuran partikel 100 mesh memiliki kerapatan, kuat tekan, dan kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan partikel 60 mesh. Komposisi bahan dengan perbandingan 44:44:12 menghasilkan karakteristik terbaik dengan nilai kerapatan 0,94 g/cm³, kuat tekan 9,32 kg/cm², dan kekerasan 41,10 HB. Penelitian ini membuktikan bahwa biobriket yang dihasilkan memenuhi kriteria sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan memiliki potensi untuk mengurangi limbah biomassa sekaligus menyediakan energi terbarukan yang efisien.

Kata kunci: Biobriket Tempurung Kelapa, Kekerasan, Kotoran Sapi, Kuat Tekan, Tongkol Jagung.

Abstract

This study aims to examine the mechanical characteristics of briquettes made from a mixture of coconut shells, corn cobs, and cow dung with tapioca adhesive. Briquettes were tested based on their mechanical properties for density using a vernier caliper and for compressive strength and hardness using a Universal Testing Machine (UTM). Samples were made in different mixture compositions with particle sizes of 60 mesh and 100 mesh. The results showed that variations in particle size and material composition significantly affected the quality of biobriquettes. Biobriquettes with a particle size of 100 mesh have higher density, compressive strength, and hardness than 60 mesh particles. The material composition with a ratio of 44:44:12 produced the best characteristics with a density value of 0.94 g/cm³, compressive strength of 9.32 kg/cm², and hardness of 41.10 HB. This study proved that biobriquettes meet the criteria as an environmentally friendly alternative fuel and have the potential to reduce biomass waste while providing efficient renewable energy.

Keywords: Coconut Shells Biobriquettes, Compressive Strength, Corn Cobs, Cow Dung, Hardness.

1. PENDAHULUAN

Biomassa merupakan energi alternatif dari limbah pertanian [1] dan hewan [2]. Bahan biomassa meliputi hasil pertanian hortikultura seperti daun-daunan [3] dan peternakan seperti limbah peternakan, serta limbah pertanian [4]. Dibandingkan sumber energi lain, pengembangan energi biomassa menjadi prioritas. Biomassa diolah dan digunakan sebagai pengganti bahan bakar, misalnya membuat biobriket. Beberapa contoh biomassa dari limbah pertanian antara lain batok kelapa [5] dan tongkol jagung [6] serta limbah dari peternakan dapat berupa kotoran sapi [7]. Biomassa dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan karena bahan tersebut dapat diubah menjadi biobriket sebagai bahan bakar padat yang dibuat dari sisa bahan organik setelah dikarbonisasi. Di Indonesia, biobriket digunakan untuk menggantikan batu bara sebagai bahan bakar terutama dalam pengolahan makanan. Biobriket dikembangkan karena ramah lingkungan [8], bentuk energi terbarukan [9], kaya bahan baku [10], dan tidak beracun [11].

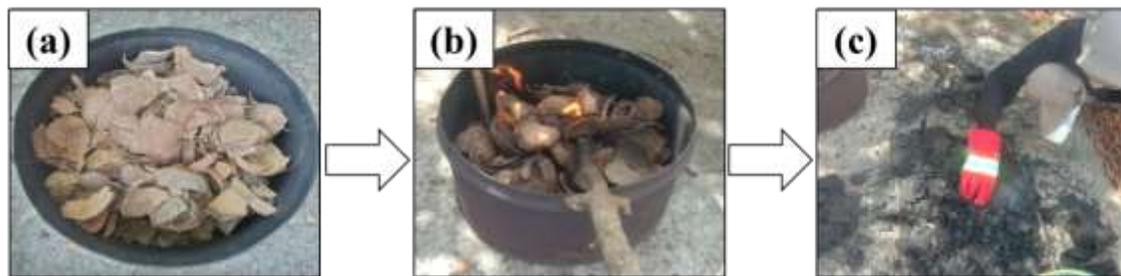
Pohon kelapa (*Cocos nucifera*) dapat tumbuh di seluruh dunia, baik di daerah tropis maupun subtropis sehingga buah kelapa tumbuh di sebagian besar Indonesia [12]. Tempurung kelapa dapat menghasilkan karbon aktif yang berkualitas baik. Oleh karena itu, bahan ini sangat baik digunakan sebagai bahan utama pembuatan biobriket. Tongkol jagung juga adalah limbah yang sangat besar dari pertanian. Kebanyakan jagung hanya dimanfaatkan bijinya sedangkan tongkolnya dibuang begitu saja, tidak terpakai dan menjadi limbah yang mencemari lingkungan [13]. Limbah dari tongkol jagung sebagai bahan bakar alternatif sangat mungkin digunakan untuk diubah menjadi arang aktif, tetapi limbah jagung belum dimanfaatkan secara optimal. Demikian juga pemanfaatan kotoran sapi dijadikan pupuk organik tidak digunakan disebabkan petani masih menggunakan pupuk kimia untuk meningkatkan kualitas produktivitas tanaman. Akibatnya banyak kotoran sapi tidak dimanfaatkan dan menjadi permasalahan lingkungan yang berdampak buruk bagi kesehatan [14]. Kotoran sapi mengandung unsur beberapa kimia [15], memiliki kalor sekitar 4000 kal/gr [16] dan gas metan yang merupakan unsur penting briket karena mudah terbakar [17].

Biobriket merupakan produk bioenergi padat yang dihasilkan melalui proses pemadatan dan pembakaran bahan-bahan organik. Karakteristik biobriket dapat dibagi menjadi beberapa aspek utama yang mencakup sifat fisik [18], kimia [19], dan mekanik [20] yang semuanya memainkan peran penting dalam menentukan efisiensi dan kegunaan produk. Sifat mekanik biobriket mencakup kekuatan tekan [21], laju pembakaran [22], kerapatan [23] dan kekerasan [24]. Kekuatan tekanan yang merupakan parameter yang paling penting dalam daya ketahanan biobriket terhadap tekanan eksternal selama proses pembentukan dan penggunaan. Selain itu, kuat tekan dan kekerasan memiliki peran dalam menentukan seberapa baik biobriket dalam mempertahankan bentuk dan struktur selama siklus pemakaian. Biobriket harus memiliki kualitas yang baik, meskipun terbuat dari bahan yang murah dan mudah dibuat. Biobriket harus lebih berharga daripada jenis bahan bakar lainnya yang akan menjadi opsi energi alternatif terbarukan. Adapun karakteristik yang akan diuji adalah sifat mekanik yang meliputi kuat tekan [25], kerapatan [26], dan kekerasan [24] dari biobriket. Menurut standar SNI, biobriket yang baik harus memenuhi syarat-syarat seperti kekuatan tekan, suhu, dan konsentrasi air dan abu [27]. Dalam proses produksi, sifat fisis

juga harus dipertimbangkan biobriket biomassa, diantaranya kekerasan dan kerapatan briket. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik yang terdiri dari kerapatan, kuat tekan, dan kekerasan biobriket yang terbuat dari campuran tongkol jagung, tempurung kelapa, dan kotoran sapi dengan variasi ukuran partikel dan komposisi bahan. Hasil penelitian diharapkan dapat diperoleh kualitas biobriket yang baik sesuai standar SNI sehingga dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif yang murah, efisien dan ramah lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan (60 mesh dan 100 mesh), baskom, pengaduk, timbangan digital, cetakan berbentuk silinder, kompor, hot press, oven, gelas ukur, alat pencetak briket, *stopwatch*, korek api, sarung tangan, wadah briket, drum, alat tulis, kamera dan *Universal Testing Machine*. Bahan yang digunakan adalah tempurung kelapa atau batok kelapa, tongkol jagung, kotoran sapi, tepung tapioka, dan air. Prosedur penelitian ini meliputi persiapan bahan baku, pengarangan, penumbukan arang, penyaringan arang, pencampuran arang dengan perekat, pencetakan dan pengeringan briket arang, serta pengujian kerapatan, kuat tekan dan kekerasan biobriket.



Gambar 1. Proses pembuatan arang (a) tempurung kelapa, (b) pembakaran dan (c) arang tempurung kelapa.



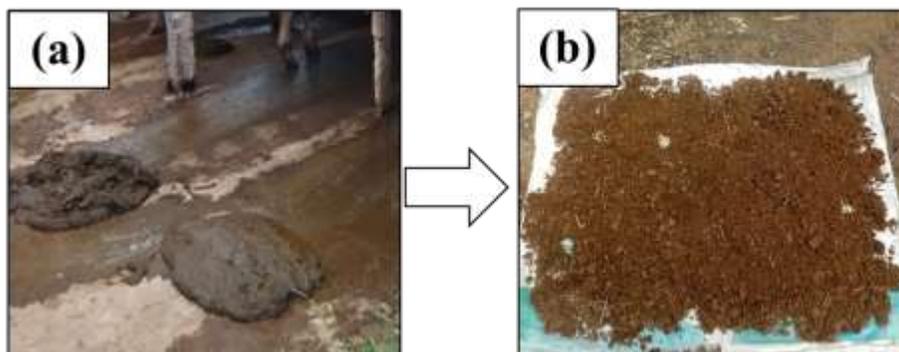
Gambar 2. Proses pembuatan arang (a) tongkol jagung, (b) pembakaran dan (c) arang tongkol jagung.

Preparasi sampel dilakukan dengan cara menyediakan bahan sampel seperti kotoran sapi, tempurung kelapa dan tongkol jagung. Kemudian membersihkan tempurung kelapa dari

sabuk, memotong tongkol jagung dan memilih kotoran sapi yang baik untuk digunakan. Mengeringkan bahan baku di bawah sinar matahari selama tiga hari, tiap hari bahan di keringkan selama 8 jam hingga proses pengeringannya sampai 24 jam. Proses pengarangan dilakukan dengan cara memasukkan tempurung kelapa (bahan baku) kedalam drum pembakaran yang telah disiapkan sebelumnya (Gambar 1a). Menuangkan bensin kedalam drum pembakaran yang telah diisi dengan tempurung (bahan baku) dan menyalakan api menggunakan korek (Gambar 1b). Setelah api dinyalakan dan dilakukan proses pengarangan selama ± 3 jam sesekali diaduk agar proses pengarangan merata. Setelah bahan menjadi arang kemudian mendinginkan bahan selama 1-2 jam (Gambar 1c). Untuk sampel tongkol jagung ulangi seperti proses sampel tempurung kelapa. Tongkol jagung diarang dengan waktu ± 2 jam. Setelah bahan menjadi arang matikan api dan sampel dikeringkan sebelum ke proses penggilingan (Gambar 2).

Memasukkan arang tempurung kelapa sebagai sampel ke dalam mesin penggiling dan digiling hingga halus. Sampel dimasukkan ke dalam kedalam mesin penggiling secara berkala sampai sampel habis. Setelah sampel melalui proses penggilingan didalam mesin, sampel dipindahkan kedalam wadah. Perlakuan ini juga dilakukan pada sampel arang tongkol jagung. Setelah penghalusan sampel dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pengayakan. Mengayak sampel menggunakan ayakan otomatis, Pengayakan digunakan untuk menghasilkan serbuk ukuran 60 dan 100 mesh.

Proses perlakuan pada kotoran sapi dengan cara mengumpulkan kotoran sapi yang sudah setengah kering dari kandang sapi (Gambar 3a). Mengeringkan kotoran sapi dibawah sinar matahari selama beberapa hari hingga kering (Gambar 3b). Setelah kering, kotoran sapi digiling atau dihaluskan menggunakan mesin penghancur hingga menghasilkan tekstur yang halus. Mengayak kotoran sapi menggunakan ayakan otomatis, pengayakan dilakukan untuk menghasilkan ukuran serbuk 60 dan 100 mesh. Setelah diayak, kemudian sampel dipindahkan ke wadah yang telah disiapkan.



Gambar 3. Proses pengambilan (a) kotoran sapi dan (b) pengeringan kotoran sapi.

Proses pembuatan perekat dari tepung tapioka dengan cara menimbang tepung perekat tapioka sebanyak 20 gr dan masukkan kedalam wajan. Menyiapkan air 100 mL kemudian mencampur dengan tepung tapioka yang sudah disiapkan dan mengaduk hingga

merata dan homogen. Campuran larutan tepung tapioka dan air kemudian dipanaskan hingga larutan dan warna berubah dari yang awalnya putih menjadi bening dan mengental. Proses pencampuran dilakukan dengan menimbang masing-masing bahan yang akan dicampurkan dengan komposisi yang berbeda-beda yang terlihat pada tabel 1. Total bahan antara arang yang telah diayak dan perekat sesudah pencampuran yaitu sebesar 50 gr. Pencampuran dilakukan hingga merata (homogen).

Tabel 1. Ukuran partikel dan komposisi perbandingan sampel.

No.	Ukuran Partikel	Perbandingan Sampel
1	60 mesh	(A1) 40:40:20
		(B1) 42:42:16
		(C1) 44:44:12
2	100 mesh	(A2) 40:40:20
		(B2) 42:42:16
		(C2) 44:44:12

Percetakan sampel dengan cara memasukkan adonan kedalam alat pencetak yang terbuat dari pipa, kemudian adonan dipadatkan dengan cara menekannya kebawah dengan menggunakan pengepres manual. Setelah biobriket dicetak kemudian menjemurnya dibawah sinar matahari selama beberapa hari dengan tujuan kadar air yang ada pada briket berkurang dan briket tidak mudah hancur pada saat pengujian. Pengujian karakteristik biobriket pada kerapatan dengan cara menimbang massa sampel yang telah dikeringkan. Menghitung tinggi dan volume sampel, kemudian menghitung kerapatan sampel. Pengujian kerapatan dilakukan untuk mengetahui nilai kerapatan biobriket dan dapat dihitung perbandingan antara berat dengan volume briket menggunakan persamaan (1) [28]. V adalah volume (cm^3), r adalah jari-jari (cm), t adalah tinggi biobriket (cm) dan nilai π adalah 3,14.

$$V = \pi r^2 t \quad (1)$$

Kuat tekan dilakukan dengan cara meletakkan biobriket pada landasan uji alat *Universal Testing Machine*. Menyalakan alat uji tersebut. Menekan tombol reset pada tampilan ukuran gaya dan regangan. Memberikan pembebanan secara vertikal dengan kecepatan yang diatur hingga biobriket retak karena penekanan. Pengujian kuat tekan menggunakan persamaan (2) [29]. τ adalah kuat tekan (kg/cm^2), P adalah gaya tekan (kg) dan A adalah luas penampang melintang (cm^2).

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Nilai kekerasan sampel dengan cara meletakkan biobriket pada landasan uji alat *Universal Testing Machine*. Mengganti pembebanan menggunakan alat pembebanan berupa bola baja dengan ukuran setengah bola khusus untuk pengujian kekerasan. Menyalakan alat uji *Universal Testing Machine*. Menekan tombol reset pada tampilan ukuran gaya dan regangan. Memberikan pembebanan secara vertikal dengan kecepatan yang diatur oleh operator hingga biobriket retak karena penekanan. Nilai kekerasan masing-masing sampel

menggunakan persamaan (3) [30]. HB adalah nilai kekerasan Brinell, F adalah beban yang diberikan (kg), D adalah diameter bola (mm), dan d adalah diameter lekukan (mm).

$$HB = \frac{2F}{\pi D (D\sqrt{D^2-d^2})} \quad (3)$$

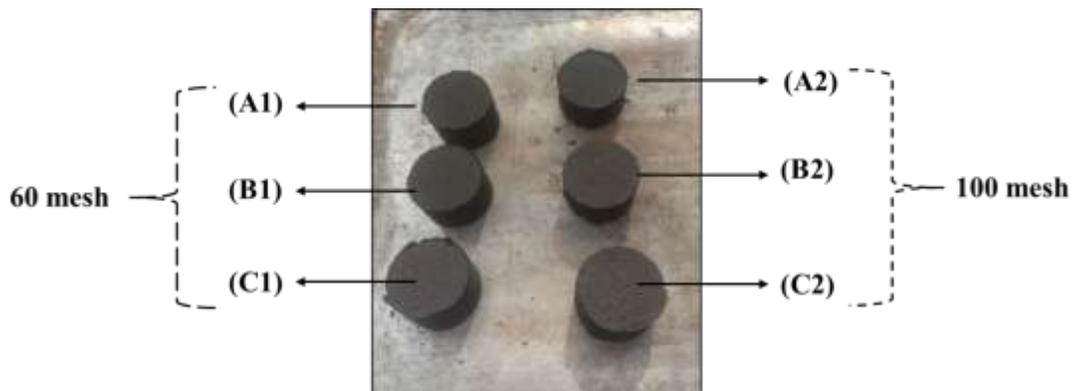
Kerapatan pada biobriket sangat mempengaruhi kualitasnya yang baik dan memenuhi standar. Semakin tinggi kerapatan biobriket maka semakin baik kualitasnya. Pengujian kerapatan dapat dihitung menggunakan persamaan (4). ρ adalah nilai kerapatan (gr/cm^3), M adalah massa (gr) dan V adalah volume masing-masing sampel (cm^3). Sifat kepadatan briket dipengaruhi dengan jumlah perekat yang dapat meningkatkan kerapatan. Briket dengan kerapatan tinggi menghasilkan panas yang lebih besar dan stabil saat dibakar. Oleh karena itu, hal tersebut mempengaruhi kualitas biobriket sebagai bahan bakar alternatif [31].

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (4)$$

Hasil pengujian mekanik kemudian dapat digunakan untuk memvalidasi model desain dan memastikan bahwa biobriket memenuhi persyaratan kinerja yang diinginkan. Selain itu, hasil uji kerapatan ini juga memberikan kontribusi pada pemahaman umum tentang bagaimana variasi dalam formulasi bahan baku atau proses produksi dapat memengaruhi sifat mekanik dan kualitas keseluruhan biobriket [32].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan biobriket dari tempurung kelapa, tongkol jagung, dan kotoran sapi. Kemudian biobriket diuji dengan beberapa variabel yaitu, kerapatan, kuat tekan, dan kekerasan dari setiap komposisi biobriket yang telah dibuat dengan ukuran partikel 60 mesh dan 100 mesh dengan perbandingan komposisi sampel A (40 : 40 : 20), B (42 : 42 : 16), C (44 : 44 : 12). Hasil pembuatan biobriket diperlihatkan pada gambar 4 menggunakan tepung tapioka 10 % dan dicampurkan dengan air dan dimasak hingga mengental dan menjadi seperti lem.



Gambar 4. Sampel biobriket dengan ukuran partikel dan komposisi perbandingan yang berbeda.

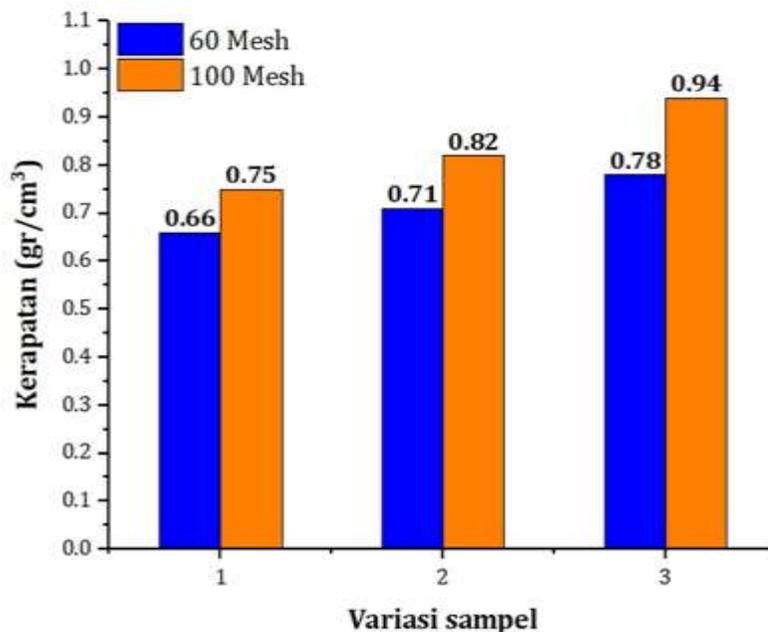
Analisis kualitas biobriket diperoleh berdasarkan parameter yang dihitung. Parameter kerapatan dihitung dengan menggunakan persamaan (4), kuat tekan dihitung menggunakan persamaan (2), dan kekerasan dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Pengujian kerapatan dilakukan untuk mengetahui nilai kerapatan briket dapat dihitung perbandingan antara berat dengan volume briket. Untuk menghitung hasil kerapatan pada briket menggunakan rumus silinder pada persamaan (1). Hasil uji kerapatan biobriket ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji kerapatan biobriket dengan variasi ukuran partikel dan komposisi.

Ukuran Partikel	Variasi Partikel	Konsentrasi Perekat (%)	Massa Biobriket (kg)	Volume (cm ³)		Kerapatan (gr/cm ³)
				Diameter (cm)	Tinggi (cm)	
60 mesh	40 : 40	10	20,0	3,3	3,5	0,66
	42 : 42		21,5			0,71
	44 : 44		23,6			0,78
100 mesh	40 : 40	10	22,5	3,3	3,5	0,75
	42 : 42		24,7			0,82
	44 : 44		28,2			0,94

Pengujian kerapatan dilakukan berdasarkan SNI 01-6236-2000 yang merupakan nilai kerapatan sesuai standar SNI (0,44 gr/cm³). Kerapatan bertujuan untuk mengetahui massa dan volume biobriket dengan mengukur diameter dan tingginya untuk setiap variasi komposisi sehingga diperoleh nilai volume pada biobriket. Kehomogenan partikel penyusun biobriket sangat mempengaruhi tinggi ataupun rendahnya kerapatan tersebut. Adapun hasil analisis kerapatan briket dapat dilihat pada gambar 5.

Berdasarkan gambar 5, hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh kerapatan rata-rata pada biobriket dengan ukuran partikel 60 mesh dan dengan komposisi campuran 40:40 yaitu 0,66 gr/cm³, komposisi 42:42 yaitu 0,71 gr/cm³, dan komposisi 44:44 yaitu 0,78 gr/cm³. Sedangkan biobriket pada ukuran partikel 100 mesh dan dengan komposisi 40:40 yaitu 0,75 gr/cm³, komposisi 42:42 yaitu 0,82 gr/cm³, dan komposisi 44:44 yaitu, 0,94 gr/cm³.



Gambar 5. Nilai kerapatan biobriket dengan variasi ukuran partikel dan komposisi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ukuran partikel pada biobriket sangat berpengaruh terhadap nilai kerapatan. Semakin besar ukuran ayakan dalam hal ini ukuran 100 mesh atau ukuran partikel yang semakin kecil maka nilai kerapatan yang dihasilkan semakin besar sebaliknya untuk ayakan 60 mesh atau ukuran partikel lebih besar menghasilkan kerapatan yang lebih kecil. Hal ini mengindikasikan bahwa ukuran partikel yang kecil akan menghasilkan rongga yang lebih kecil, partikel-partikel penyusun terikat semakin rapat sehingga biobriket tidak mudah pecah dan hancur. Untuk penambahan campuran kotoran sapi terlihat jika semakin banyak sampel kotoran sapi maka nilai kerapatan semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh massa kotoran sapi yang agak ringan dibandingkan dengan tempurung kelapa dan tongkol jagung sehingga diperoleh kerapatan yang lebih kecil. Dari penelitian ini dapat disarankan penambahan kotoran sapi hanya sekitar 10-15% dari komposisi campuran bahan penyusun briket.

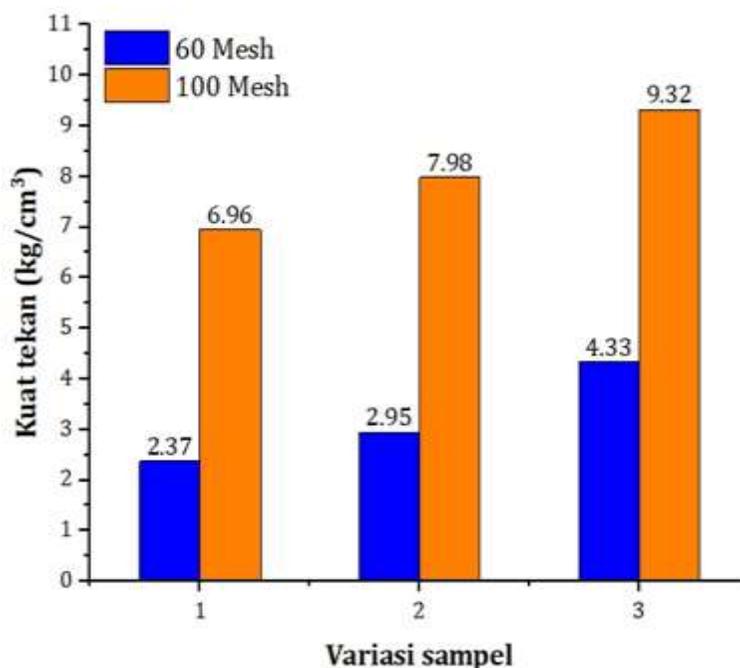
Pangga dkk telah melakukan penelitian yang menyatakan bahwa kerapatan briket sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya ukuran partikel arang yang digunakan. Dimana kerapatan biobriket akan semakin rendah jika ukuran partikel itu besar. Hal tersebut disebabkan karena partikel yang digunakan akan sukar untuk saling merekat. Kerapatan biobriket juga dipengaruhi dengan perekat yang digunakan. Hal ini disebabkan karena jenis perekat yang digunakan pada penelitian ini mempunyai kekuatan perekatan dan memiliki sifat daya serap terhadap air yang baik [33].

Hasil pengujian kuat tekan diperoleh data pada Tabel 3. Kuat tekan merupakan kemampuan biobriket untuk memberikan daya tahan atau kekokohan biobriket terhadap pecah dan hancurnya biobriket jika diberikan beban pada benda tersebut. Penentuan kuat tekan ini bertujuan untuk mengetahui daya tahan briket untuk pengemasan dan memudahkan

pengangkutan biobriket arang. Nilai masing-masing untuk komposisi ditunjukkan pada gambar 6.

Tabel 3. Hasil uji kuat tekan briket dengan variasi ukuran partikel dan komposisi.

Ukuran Partikel	Perbandingan Sampel	Luas Penampang (cm ²)	Beban Maksimum (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
60 mesh	40 : 40	25,28	60	2,37
	42 : 42	25,39	75	2,95
	44 : 44	24,89	108	4,33
100 mesh	40 : 40	25,13	175	6,96
	42 : 42	25,04	200	7,98
	44 : 44	25,09	234	9,32



Gambar 6. Nilai kuat tekan biobriket dengan variasi ukuran partikel dan komposisi.

Hasil pengujian kuat tekan yang telah dilakukan didapatkan hasil yaitu pada variasi partikel 60 mesh pada komposisi 40:40 yaitu 2,37 kg/m², pada komposisi 42:42 yaitu 2,95 kg/m², dan pada komposisi 44:44 yaitu 4, 33 kg/m². Sedangkan pada variasi partikel 100 mesh pada komposisi 40:40 yaitu 6,98 kg/m², pada komposisi 42:42 yaitu 7,98 kg/m², dan pada komposisi 44:44 yaitu 9,32 kg/m². Pada gambar 6 menunjukkan perbandingan kuat tekan tertinggi terdapat pada sampel yang tempurung kelapa dan tongkol jagung dengan komposisi 44:44 dengan variasi partikel 100 mesh yaitu 9,32 kg/m². Sedangkan untuk nilai kuat tekan terendah pada komposisi 40:40 dengan variasi partikel 60 mesh yaitu 2,37 kg/m².

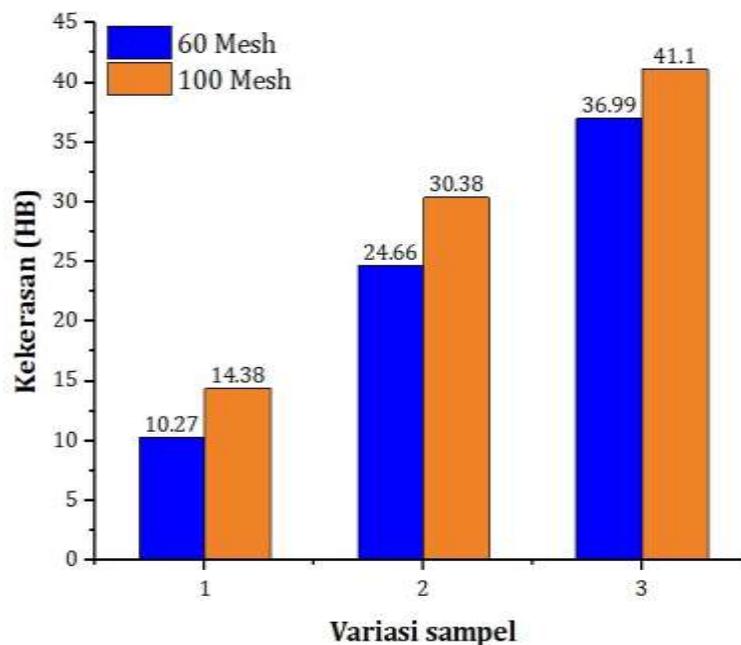
Kuat tekan berpengaruh terhadap biobriket, semakin besar nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh briket maka daya tahan atau kekompakan dari briket semakin besar sehingga biobriket tidak mudah pecah [34]. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa pada penambahan limbah pertanian, seperti tongkol jagung, meningkatkan kerapatan partikel biobriket yang mempengaruhi kekuatan tekan biobriket. Kuat tekan briket memiliki hubungan dengan ukuran partikel yang digunakan. Ukuran partikel yang halus akan menghasilkan briket dengan kualitas kuat tekan yang tinggi, sedangkan untuk partikel yang kasar akan menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah. Pada ukuran partikel yang halus mempunyai ikatan yang lebih kuat, sehingga gaya adhesi (ikatan antar partikel) lebih kuat. Ukuran partikel yang halus juga menghasilkan briket yang lebih padat yang saling mengikat terhadap bahan baku briket dengan perekat yang digunakan. Sedangkan untuk partikel yang kasar gaya adhesi yang dihasilkan lebih kecil disebabkan ikatan antara partikel sangat kecil yang mengakibatkan hasil briket dengan partikel yang besar memiliki kuat tekan yang lebih rendah [35].

Biobriket yang mempunyai nilai kekerasan baik akan menghasilkan biobriket dengan kualitas yang baik, terutama pada permukaan biobriket seperti pecah, retak atau hancur. Metode yang digunakan yaitu uji brinell, biobriket diberikan tekanan secara perlahan hingga mengalami keretakan dan hancur. Hasil uji kekerasan biobriket diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji kekerasan biobriket dengan variasi ukuran partikel dan komposisi.

Ukuran Partikel	Perbandingan Sampel	Diameter (mm)	Beban Diberikan (N)	Kekerasan (HB)
60 mesh	40 : 40	0,55	5	10,27
	42 : 42		12	24,66
	44 : 44		18	36,99
100 mesh	40 : 40		7	14,38
	42 : 42		15	30,38
	44 : 44		18	41,10

Hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan didapatkan hasil yaitu pada variasi partikel 60 mesh pada komposisi 40:40 yaitu 10,27 HB, pada komposisi 42:42 yaitu 24,66 HB dan pada komposisi 44:44 yaitu 36,99 HB. Sedangkan pada variasi partikel 100 mesh pada komposisi 40:40 yaitu 14,38 HB, pada komposisi 42:42 yaitu 30,38 HB dan pada komposisi 44:44 yaitu 41,10 HB. Berdasarkan hasil uji kekerasan terlihat jika nilai tertinggi terdapat pada variasi ukuran partikel 100 mesh dengan perbandingan sampel 44:44 yaitu 41,10 HB dan nilai terendah terdapat pada variasi ukuran partikel 60 mesh dengan perbandingan komposisi sampel 40:40 yaitu 10,27 HB. Disini terlihat jelas jika variasi ukuran partikel dan komposisi bahan sangat berpengaruh pada kekerasan briket.



Gambar 7. Nilai kekerasan biobriket dengan variasi ukuran partikel dan komposisi campuran tempurung kelapa, Tongkol jagung dan kotoran sapi.

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel maka semakin tinggi pula kekerasan briket. Hal ini disebabkan oleh susunan ikatan antar partikel menyatu semakin rapat dan kuat. Selain ukuran partikel, parameter kekerasan juga dipengaruhi oleh tekanan pada pemompaan saat percetakan. Semakin banyak intensitas pemompaan maka volume briket juga semakin padat yang berpengaruh terhadap kekerasan. Semakin besar nilai kekerasan berarti daya tahan briket juga semakin tinggi. Kekuatan mekanik yang meningkat pada saat penambahan tekanan pengepresan menandakan banyaknya butiran-butiran yang menyatu. [36]. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan data yang dihasilkan bahwa semakin tinggi gaya pengepresan, ikatan antara partikel juga semakin padat sebagai akibat dari perubahan bentuk pada saat pengepresan, sehingga masing-masing butiran saling mengunci satu sama lain [37].

Faktor lain yang mempengaruhi kekerasan pada penelitian ini yaitu pada proses pencetakan briket masih menggunakan alat cetak manual yaitu dengan pipa silinder dan bantuan tangan manusia. Kerapatan dan kekerasan memiliki hubungan yang berkaitan, yaitu semakin tinggi kerapatan maka semakin besar kekerasan briket yang dihasilkan. Ini terjadi dikarenakan partikel-partikel yang digunakan memiliki sifat alami yang keras yang mengakibatkan kekerasan briket sangat baik. Hal lain yang mempengaruhi kekerasan briket baik karena pemilihan penggunaan perekat yang baik menghasilkan ikatan antar partikel yang rapat dan kuat [38]. Meskipun Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 01-6235-2000 tidak mempersyaratkan nilai kekerasan suatu briket arang (SNI, 2000), akan tetapi nilai kekerasan briket yang telah dihasilkan ini dapat mengantisipasi untuk mencegah kerusakan dalam pengepakan selama proses transportasi dan penyimpanan.

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan jika komposisi bahan dengan perbandingan 44:44:12 dan ukuran partikel 100 mesh menghasilkan karakteristik biobriket terbaik dengan nilai kerapatan $0,94 \text{ g/cm}^3$, kuat tekan $9,32 \text{ kg/cm}^2$, dan kekerasan 41,10 HB. Penelitian ini juga merekomendasikan jika penambahan kotoran sapi sekitar 10-15% dari komposisi penyusun briket. Variasi komposisi bahan penyusun dan ukuran partikel sangat berpengaruh terhadap kuat tekan dan kekerasan biobriket. Penelitian ini membuktikan bahwa biobriket yang dihasilkan memenuhi kriteria sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan memiliki potensi untuk mengurangi limbah biomassa sekaligus menyediakan energi alternatif terbarukan yang efisien dan ekonomis.

4. SIMPULAN

Kualitas briket yang dihasilkan dari campuran tempurung kelapa, tongkol jagung dan kotoran sapi dapat dikategorikan baik yang mempunyai nilai kerapatan yang baik, tidak mudah retak dan tahan benturan. Kualitas optimal terdapat pada sampel dengan ukuran partikel 100 mesh dan variasi komposisi 44:44:12 yang memiliki kerapatan $0,94 \text{ gr/cm}^3$, kuat tekan $9,32 \text{ kg/cm}^2$ dan kekerasan $23,68 \text{ kg/cm}^2$. Pengaruh ukuran partikel dan komposisi terhadap kualitas briket yaitu semakin halus ukuran partikel yang digunakan maka nilai kerapatan, kuat tekan dan kekerasan briket akan semakin baik yang dikarenakan bahan dan perekat menghasilkan ikatan yang kuat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erdiwansyah *et al.*, "Prospects for renewable energy sources from biomass waste in Indonesia," *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 10, p. 100880, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.cscee.2024.100880.
- [2] J. J. Hoyos-Sebá, N. P. Arias, J. Salcedo-Mendoza, and V. Aristizábal-Marulanda, "Animal manure in the context of renewable energy and value-added products: A review," *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, vol. 196, p. 109660, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.cep.2023.109660.
- [3] S. Kumar, S. K. Lohan, and D. S. Parihar, "Biomass Energy from Agriculture: Conversion Techniques and Use," in *Handbook of Energy Management in Agriculture*, A. Rakshit, A. Biswas, D. Sarkar, V. S. Meena, and R. Datta, Eds., Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, pp. 181–199. doi: 10.1007/978-981-19-7736-7_10-1.
- [4] M. Zielińska and K. Bułkowska, "Agricultural Wastes and Their By-Products for the Energy Market," *Energies*, vol. 17, no. 9, p. 2099, Apr. 2024, doi: 10.3390/en17092099.
- [5] R. Kabir Ahmad, S. Anwar Sulaiman, S. Yusup, S. Sham Dol, M. Inayat, and H. Aminu Umar, "Exploring the potential of coconut shell biomass for charcoal production," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 13, no. 1, p. 101499, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.asej.2021.05.013.
- [6] A. Gani *et al.*, "Proximate and ultimate analysis of corncob biomass waste as raw material for biocoke fuel production," *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 8, p. 100525, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.cscee.2023.100525.

- [7] A. P. Apriantika, R. Anwari, C. N. Janah, and I. Syaichurrozi, "Review: Biogas Production from Cow Dung and Its Potential in Indonesia," *WCEJ untirta*, vol. 6, no. 2, p. 50, Dec. 2022, doi: 10.48181/wcej.v6i2.17994.
- [8] N. Kesmayanti, and B Ilmi, "The Husk Charcoal Biobriquettes as Alternative Energy Based on Rice Husk Waste," in *Nusantara Science and Technology Proceedings*, Galaxy Science, May 2023. doi: 10.11594/nstp.2023.3112.
- [9] M. N. Rashif, S. Hartini, D. P. Sari, B. S. Ramadan, T. Matsumoto, and A. T. Balasbaneh, "Life cycle assessment of biomass waste briquettes as renewable energy," *Global J. Environ. Sci. Manage.*, vol. 11, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.22034/gjesm.2025.01.13.
- [10] U. S. P. R. Arachchige, "Briquettes Production as an Alternative Fuel," *NEPT*, vol. 20, no. 4, Dec. 2021, doi: 10.46488/NEPT.2021.v20i04.029.
- [11] Y. Siregar, Alfian, and Suherman, "Analysis of Biobriquette from Rice Husk for Biomass Power Plants: A Review," in *2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, Medan, Indonesia: IEEE, Sep. 2020, pp. 224–228. doi: 10.1109/ELTICOM50775.2020.9230528.
- [12] A. M. Muhlis, S. Sahara, and N. Fuadi, "Uji Kualitas Biobriket Campuran Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung, dan Sekam Padi Dengan Tepung Sagu Sebagai Perakat," *JFT*, vol. 6, no. 1, p. 80, Jun. 2019, doi: 10.24252/jft.v6i1.12736.
- [13] D. Pangga, B. R. A. Safitri, A. A. Sani, and S. Prayogi, "Pengaruh Variasi Bahan Perekat Biobriket Berbahan Dasar Tongkol Jagung Terhadap Nilai Kalor dan Laju Pembakaran," *Orb. J. Pend. Ilm. Fis.*, vol. 8, no. 1, p. 175, May 2022, doi: 10.31764/orbita.v8i1.7934.
- [14] R. Sipayung, S. H. Raharjo, E. Sugondo, and A. Aprilia, "Utilization of Agricultural Waste from Brebeg Cilacap Village Become Biogas Using Cow Manure," *fld*, vol. 16, no. 1, pp. 1–10, May 2023, doi: 10.35313/fluida.v16i1.4697.
- [15] K. K. Gupta, K. R. Aneja, and D. Rana, "Current status of cow dung as a bioresource for sustainable development," *Bioresour. Bioprocess.*, vol. 3, no. 1, p. 28, Dec. 2016, doi: 10.1186/s40643-016-0105-9.
- [16] A. Anatasya, N. A. K. Umiati, and A. Subagio, "The Effect of Binding Types on the Biomass Briquette Calorific Value from Cow Manure as a Solid Energy Source," *E3S Web Conf.*, vol. 125, p. 13004, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201912513004.
- [17] A. F. Aili Hamzah, M. H. Hamzah, H. Che Man, N. S. Jamali, S. I. Siajam, and M. H. Ismail, "Effect of organic loading on anaerobic digestion of cow dung: Methane production and kinetic study," *Heliyon*, vol. 9, no. 6, p. e16791, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e16791.
- [18] A. Setiawan, A. Nayan, Fauzan, and F. M. Nur, "Mechanical and physical properties of bio-briquette produced from Gayo Arabica coffee- skin," 2018, doi: 10.13140/RG.2.2.31661.70886.
- [19] A. Rahmaisanti, A. Sofyan, M. Sulistyati, and Y. A. Hidayati, "Physico-Chemical And Energy Properties Of Biomass Briquettes Composed From Dairy Cow Feces And Coffee Ground With Tapioca Flour Addition," 2024.

- [20] H. A. Ajimotokan, "Physico-mechanical Properties of Composite Briquettes from Corncob and Rice Husk," 2019.
- [21] T. A. Orhadahwe *et al.*, "Physico-mechanical properties of briquettes produced from woody biomass," *Lat. Am. Appl. Res.*, vol. 55, no. 1, pp. 89–93, Jan. 2025, doi: 10.52292/j.laar.2025.3484.
- [22] D. C. Hakika, S. Jamilatun, S. Zahira, R. Setyarini, A. Rahayu, and R. Sri Ardiansyah, "Combustion Quality Analysis of Bio-Briquettes from Mixture of Coconut Shell Waste and Coal with Tapioca Flour Adhesive," *Indonesian Journal of Chemical Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, Jul. 2023, doi: 10.26555/ijce.v1i1.452.
- [23] D. F. Simatupang and M. Simbolon, "Fabrication of Biobriquettes from Mixture of Palm Fronds and Palm Shells with Varying Binders of Tapioca and Sago Flour," *IJARSS*, vol. 1, no. 4, pp. 319–330, Dec. 2023, doi: 10.59890/ijarss.v1i4.1062.
- [24] F. S. Nworie, F. I. Nwabue, W. Oti, C. Oroke, P. Oguji, and M. Onele, "Production And Characterization of Biobriquette from Biomass of Mango Leaf, Saw Dust and Rice Husk As Efficient Energy Sources For Cooking," *JCSN*, vol. 49, no. 5, Oct. 2024, doi: 10.46602/jcsn.v49i5.1005.
- [25] M. Mahidin, A. Gani, and K. Khairil, "Physical Characterization and Desulfurization of Biobriquette Using Calcium-Based Adsorbent," *MST*, vol. 15, no. 2, p. 178, Mar. 2013, doi: 10.7454/mst.v15i2.937.
- [26] L. Ifa *et al.*, "Techno-economic analysis of bio-briquette from cashew nut shell waste," *Heliyon*, vol. 6, no. 9, p. e05009, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05009.
- [27] R. A. Fajri, N. Hamdi, and Indah, "Optimization of Making Charcoal Briquettes from Rice Husks with Variations in the Composition of Adhesive Materials and Compaction Pressure," *FJAS*, vol. 2, no. 10, Oct. 2023, doi: 10.55927/fjas.v2i10.6157.
- [28] R. Hidayat and R. Dwityaningsih, "Pembuatan Briket dari Serbuk Kayu dan Daun Jati Kering Menggunakan Molase sebagai Bahan Perekat," 2022.
- [29] A. Ningsih, "Analisis kualitas briket arang tempurung kelapa dengan bahan perekat tepung kanji dan tepung sago sebagai bahan bakar alternatif," *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 7, no. 2, pp. 101–110, Oct. 2019, doi: 10.32487/jtt.v7i2.708.
- [30] N. R. Budiyanto, G. E. Pramono and D Yuliaji, "Karakteristik Sifat Fisik Material Polimer Plastik Polypropylene Dengan Limbah Oli (PPLO) Berdasarkan Fraksi Berat Terhadap Variasi Cuaca", *Jurnal ALMIKANIK*, Vol. 1 No.4, October 2019.
- [31] F. T. Wulandari, D. Lestari, F. Fahrussiam, R. V. Ningsih, and R. Raehnayati, "Karakteristik Sifat Fisika Briket Arang Tempurung Kelapa dan Tongkol Jagung," *JHL*, vol. 12, no. 1, p. 49, May 2024, doi: 10.26418/jhl.v12i1.70758.
- [32] S. Suryaningsih and A. Zaka Nurusyifa, "Pengaruh Tekanan Pembriketan Terhadap Karakteristik Mekanik Dan Karakteristik Pembakaran Pada Briket Campuran Sekam Padi Dan Bonggol Jagung," *Jiif*, vol. 4, no. 1, pp. 23–28, Feb. 2020, doi: 10.24198/jiif.v4i1.26140.
- [33] S. F. Ramadhani, M. J. Utama, and A. Ariani, "Pembuatan Biobriket dari Limbah Kopi dan Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif," *Distilat: J. Tekn. Sep.*, vol. 7, no. 2, pp. 210–217, May 2023, doi: 10.33795/distilat.v7i2.224.

- [34] E. Jumiati, “Pengaruh Sifat Mekanik Dan Laju Pembakaran Pada Briket Bioarang Kulit Durian Dengan Perikat Tepung Tapioka,” 2020.
- [35] Dalimunthe, Y. K., Satiawati, L., Widiyatni, H., & Anugrahadi, A. “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,” *Jurnal Migasian / e-issn* (Vol. 07, Nomor 02). 2023
- [36] A. Ansar, D. A. Setiawati, M. Murad, and B. S. Muliani, “Karakteristik Fisik Briket Tempurung Kelapa Menggunakan Perikat Tepung Tapioka,” *at*, pp. 1–7, Apr. 2020, doi: 10.20956/at.v13i1.227.
- [37] Martynis, M., Sundari, E., & Sari, E, “Pembuatan Biobriket dari Limbah Cangkang Kakao”, Universitas Bung Hatta Jl. Gajah Mada (Nomor 19).
- [38] B. Setyawan and R. Ulfa, “Analisis mutu briket arang dari limbah biomassa campuran kulit kopi dan tempurung kelapa dengan perikat tepung tapioka,” *J. Edubiotik*, vol. 4, no. 02, pp. 110–120, Sep. 2019, doi: 10.33503/ebio.v4i02.508.