

Pengaruh Komposisi, Ukuran Partikel, serta Tekanan Limbah Biji Alpukat dan Durian terhadap Karakteristik Briket

Auren, Christian¹⁾, Sutrisno, Teng²⁾, Anggono, Willyanto³⁾

Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2,3)}

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia^{1,2,3)}

Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{1,2,3)}

E-mail : m24414056@john.petra.ac.id¹⁾, tengsutrisno@petra.ac.id²⁾, willy@petra.ac.id³⁾

Abstrak. Biomassa dibagi atas 3 jenis yaitu air, gas, dan padat. Pada kesempatan ini bahan bakar biomassa yang akan dibahas adalah biomassa padat. Briket merupakan salah satu jenis dari biomassa yang paling umum digunakan atau dibuat. Briket yang akan dibuat ini berasal dari bahan limbah yang tidak terpakai. Bahan limbah tersebut adalah biji alpukat dan durian. Bahan limbah biji alpukat dan durian dikumpulkan, kemudian dikeringkan dengan bantuan oven dan sinar matahari. Setelah kering maka biji alpukat dan durian dapat dihaluskan menjadi serbuk. Pada serbuk dilakukan proses pengayakan untuk membuat ukuran partikel serbuk lebih kecil dengan variasi 20, 40, dan 60 mesh. Serbuk akan dicampur dengan tepung tapioka sebagai bahan perekat untuk proses pembentukan briket. Setelah itu akan dilakukan proses press dengan tekanan 1 dan 2 MPa. Kemudian briket dikeringkan kembali dan siap digunakan sebagai bahan bakar. Untuk hasil dari pembuatan briket tersebut, komposisi campuran yang ideal yaitu 90% limbah dan 10% tepung tapioka. Nilai kalor yang dihasilkan dari campuran biji alpukat dan tepung tapioka sebesar 3961 Kcal/Kg. Sedangkan campuran biji durian dan tepung tapioka memiliki nilai kalor sebesar 3780 Kcal/Kg. Semua hasil yang didapat berdasarkan proses pengayakan dengan ukuran 60 mesh. Semakin kecil ukuran partikel, maka hasil permukaan dan pembakaran briket akan semakin bagus, serta durasi pembakaran semakin lama.

Kata Kunci: Biobriket; biomassa; biji alpukat; biji durian

1 Pendahuluan

Kebutuhan energi masyarakat semakin meningkat seiring dengan meningkatnya perekonomian masyarakat. Kondisi ini telah dialami oleh masyarakat Indonesia [1], Pemerintahan Jokowi dan Jusuf Kalla menginginkan pembangunan pembangkit listrik 35.000 Megawatt, dimana hal ini menunjukkan fakta bahwa kebutuhan energi di Indonesia sangatlah besar. Sebagian besar dari Pembangkit listrik di Indonesia tersebut menggunakan Bahan Bakar Minyak (BBM). Padahal cadangan BBM (Bahan Bakar Minyak) di Indonesia, diprediksi akan habis sekitar 23 tahun [2]. Oleh karena itu dibutuhkan energi alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar fosil.

Persediaan minyak bumi semakin tipis sering dengan perkembangan perekonomian masyarakat, sehingga penelitian tentang energi terbarukan (*renewable energy*) sangat dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia maupun dunia. Potensi hayati Indonesia yang memiliki beraneka ragam buah asli (*local fruits*) sangat besar yaitu seperti buah pepaya, alpukat, rambutan dan durian. Biji buah pepaya, alpukat, rambutan dan durian sangat banyak dijumpai pada tempat pembuangan sampah di Indonesia. Menurut beberapa peneliti, biji buah (*fruit seed*) tersebut dapat menjadi sumber energi minyak alternatif. Selain itu konsumsi masyarakat di Indonesia pada 2015 sebesar 110.000 kilo ton/tahun dan diprediksi meningkat tajam menjadi 140.000 kilo ton/tahun pada tahun 2035 [3]. Sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui di Indonesia cukup banyak, di antaranya adalah biomassa atau bahan-bahan limbah organik. Beberapa biomassa yang memiliki potensi yang cukup besar adalah limbah kayu, sekam padi, jerami, ampas tebu, daun pisang, tempurung kelapa, cangkang sawit, kotoran ternak, dan sampah kota. Biomassa dapat diolah dan dijadikan sebagai bahan bakar alternatif, contohnya dengan pembuatan biobriket [4].

Biogas merupakan salah satu dari beberapa sumber energi alternatif. Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri anaerob dari reaksi fermentasi limbah kotoran maupun sampah. Biogas adalah bahan bakar yang sebagian besar terdiri dari senyawa Hidrokarbon (CH_4) dan senyawa lainnya seperti CO_2 dan N_2 . Hidrokarbon merupakan senyawa yang terdiri dari unsur karbon (C) dan hidrogen (H). Hidrogen merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Biogas merupakan bahan bakar gas yang mempunyai komposisi terbesar adalah *Methane* (66.4%), *Carbon Dioxide* (30.6%) dan *Nitrogen* (3%) [5,6]. Perbandingan prosentase antara gas metana

sebagai gas yang bersifat *flammable* serta *impurities* (*Carbon Dioxide* dan *Nitrogen*) yang bersifat inhibitor berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran yang terjadi [5,6]

Selain itu faktor visibilitas bahan bakar dinyatakan dalam nilai kalor. Nilai kalor tersebut dinyatakan sebagai *Low Heating Value* (LHV) dan *High Heating Value* (HHV). HHV adalah jumlah panas yang dikeluarkan oleh 1kg bahan bakar ketika terbakar, dimana H₂O dalam bentuk cairan. Sedangkan LHV adalah jumlah panas yang dikeluarkan oleh 1kg bahan bakar ketika terbakar, dimana H₂O dalam bentuk gas. Perbedaan LHV merupakan nilai dari HHV dikurangi dengan panas yang digunakan untuk menguapkan H₂O menjadi gas, sehingga nilai lebih kecil [7].

Penelitian tentang aplikasi biomass telah dilakukan, tentang studi pengembangan bahan bakar briket untuk rumah tangga dan industri. Bahan baku yang digunakan daun almon, abu kayu dan serabut kelapa. Briket dibuat dengan ukuran 6x3x3 *inch*, kemudian material tersebut direkatkan menggunakan material perekat seperti tepung beras, tepung maizena, tepung tapioka dll [8]. Hasil pengujian proximate analysis ditunjukkan bahwa briket dengan bahan daun almond kadar karbon 18,7 %. Nilai tersebut lebih tinggi dari serabut kelapa dan lebih kecil dari bubuk kayu. Sedangkan ultimate analysis memiliki unsur 42.5% C, 3.8% H, 1.1% N₂, 0.35% S, 31.4% O dan porositas 25.23%. Nilai kalori briket dari bubuk kayu, daun almon dan serabut kelapa yaitu 4654 kcal, 4237 kcal dan 4146 kcal [8]. Selain itu keuntungan briket tersebut memiliki panas yang cukup untuk kebutuhan rumah tangga, mudah untuk dinyalakan, tidak berbahaya, membangkitkan sedikit abu-abu, dan disarankan untuk proses masak [8].

Selain itu pengalaman dari penelitian tentang proses pembakaran dimulai sejak tahun 2013. Selain itu topik disertasi dan pembakaran pada biogas serta berdasarkan penelitian sebelumnya menyatakan bahwa sesuatu yang memiliki unsur karbon berpotensi untuk dijadikan bahan bakar pengganti bahan bakar fosil.

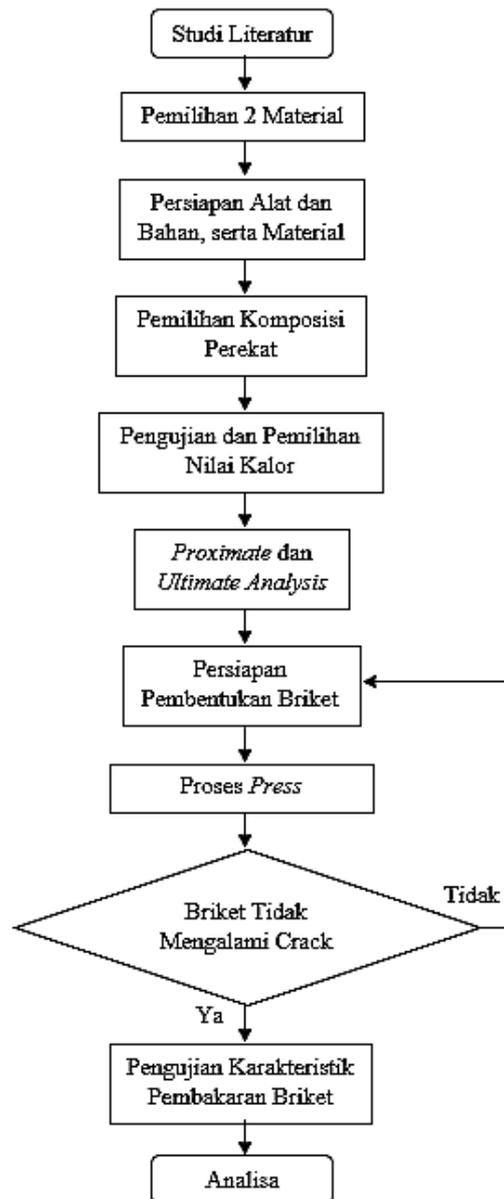
2 Metode Penelitian

Metode penelitian diawali dengan melakukan studi literatur yang digunakan sebagai referensi dalam melakukan suatu percobaan. Studi literatur yang digunakan berupa jurnal dan buku. Setelah melakukan studi literatur, dilakukan pemilihan 2 material limbah biji buah-buahan yang sesuai dengan karakteristik briket. Material yang dipilih berupa limbah biji alpukat dan durian.

Setelah melakukan proses pengumpulan material, dilanjutkan dengan proses pengeringan dan penggilingan awal, agar memastikan kadar air yang terkandung dalam daun dan ranting kering ini menjadi kecil. Proses pengeringan dilakukan dengan membiarkan bahan di tempat terbuka selama 3 hari dan dilanjutkan menggunakan oven. Pengeringan menggunakan oven dilakukan dengan waktu dan suhu yang berbeda untuk masing-masing bahan. Biji alpukat dikeringkan selama 30 menit dengan suhu 60°C dan biji durian selama 60 menit dengan suhu 100°C. Setelah bahan dikeringkan menggunakan oven, dilanjutkan dengan pengeringan kembali di tempat terbuka selama 3 hari.

Biji-biji yang telah dikumpulkan dan dikeringkan kemudian diolah agar menjadi bentuk bubuk. Bentuk bubuk ini diperlukan dalam proses *press* briket dan pengujian komposisi kimianya. Proses pengayakan diperlukan dalam percobaan dikarenakan oleh diperlukan suatu standar kehalusan pembubukan bahan, dalam percobaan ini menggunakan ukuran pengayakan sebesar 20 *mesh*, 40 *mesh* dan 60 *mesh*.

Perekat yang digunakan dalam pembuatan briket yaitu tepung kanji. Penambahan perekat tepung kanji bervariasi, mulai dari kadar 10% dengan kelipatan 10% hingga 50% tepung kanji. Komposisi campuran briket yang bervariasi kemudian dipilih kadar yang terbaik berdasarkan nilai kalornya. Nilai kalor didapatkan dari pengujian menggunakan bom kalorimeter dan dilanjutkan dengan *proximate* dan *ultimate* analysis. Pengujian ini dilakukan pada laboratorium yang memiliki standar – standar dalam melakukan pengujiannya. Sampel yang diujikan pada laboratorium ini memiliki campuran 90% limbah biji dan 10% tepung tapioka.



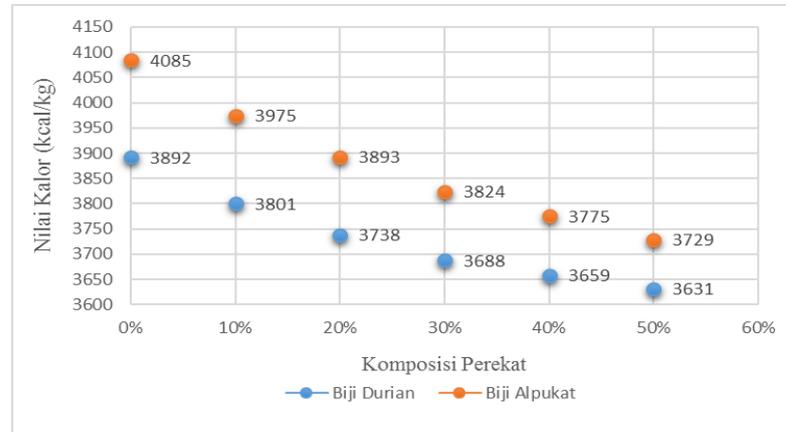
Gambar 2.1 Bagan Metode Penelitian

Berdasarkan gambar 2.1, dilakukan proses pembentukan briket setelah bahan limbah biji alpukat dan durian sudah diayak dan memiliki ukuran partikel yang homogen. Briket dibentuk dengan cara mencampurkan bahan limbah biji dengan bahan perekat. Dengan mencampurkan tepung kanji atau tepung tapioka dengan bahan limbah biji, lalu mencampurkan adonan tersebut dengan air mendidih agar dapat merekat satu sama lain. Perekatan ini diperkuat dengan adanya gaya tekan dari mesin *press*. Kemudian briket divariasikan berdasarkan ukuran partikel dan kekuatan tekan (*press*). Adonan limbah biji alpukat atau durian dengan bahan perekat dimasukkan kedalam cetakan briket. Briket yang dicetak dengan mesin *press* ini menggunakan tekanan sebesar 1 MPa hingga 2 MPa.

Setelah menghasilkan briket dengan menggunakan mesin *press*, pengujian briket dilakukan dengan berbagai pengujian. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian komposisi, pengujian fisik dan pengujian pembakaran.

3 Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian briket dari limbah biji alpukat dan durian didapatkan hasil percobaan berupa nilai kalor. Nilai kalor yang didapatkan kemudian divariasikan dengan campuran bahan perekat briket berupa tepung tapioka atau tepung kanji. Rasio campuran limbah biji alpukat dan durian dengan tepung kanji antara lain 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 dan 0:100 dari massa campuran sebesar 1 gram. Data hasil pengujian nilai kalor dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Perbandingan Nilai Kalor Campuran Biji Alpukat dan Durian dengan Bahan Perekat

Berdasarkan gambar 3.1 nilai kalor dari bahan bakar dapat diperhitungkan dengan menggunakan rumus 3.1 untuk kalibrasi alat dan rumus 3.2 untuk menghitung nilai kalor bahan bakar [4].

$$W = \frac{H_g \cdot m + e_3}{\Delta t} \tag{9}$$

Dengan hasil pengkalibrasian dengan asam benzoat diatas, di dapakan hasil kalibrasi W sebesar 1920,69 Cal/°C. Nilai W yang didapatkan dengan percobaan dan perhitungan menggunakan rumus 3.1 untuk mendapatkan nilai kalor dari setiap campuran maupun limbah biji murni, beserta bahan perekat murni. Nilai kalor dari setiap campuran didapatkan dengan percobaan dan perhitungan menggunakan rumus 3.2 di bawah ini [4]. Setiap campuran diuji sebanyak 3 kali percobaan, yang kemudian hasilnya di rata – rata.

$$H_g = \frac{\Delta t \cdot W - e_3}{m} \tag{9}$$

Dimana:

- W = Energy equivalent dari kalorimeter (cal/°C)
- m = Massa asam benzoat dalam 1 tablet (gram)
- Δt = selisih temperatur air sesudah dan sebelum ignition (°C)
- e₃ = faktor koreksi untuk heat formation pada fuse wire
= panjang sisa fuse wire (cm) dikalikan dengan 2.3

Selain dari hasil percobaan nilai kalor di atas, penelitian ini juga mengkaji materi pembahasan seperti *ultimate analysis* dan *proximate analysis*. Pengujian ini dilakukan pada laboratorium yang memiliki standar – standar dalam melakukan pengujiannya. Sampel yang diujikan pada laboratorium ini memiliki campuran 90% limbah biji dan 10% tepung tapioka. Pada tabel 3.1 dan 3.2 menunjukkan hasil pengujian *proximate* dan *ultimate analysis*.

Proximate analysis merupakan pengujian yang berdasarkan sifat fisis dari bahan bakar. Sifat fisis tersebut merupakan *total moisture*, *ash content*, *volatile matter*, *fixed carbon*, *total sulfur* dan *gross calorific value* (HHV). *Total moisture* merupakan kadar kelembaban dari bahan bakar, pada hasil uji lab limbah biji alpukat dan biji durian *total moisture* yang diperoleh sebesar 10,78 dan 12,74% dari persentase massa. *Ash content* atau kadar abu yang terkandung pada limbah biji alpukat dan durian ini memiliki kadar sebesar 2,79 dan 2,98% dari persentase massa. *Volatile*

matter atau zat yang mudah menguap pada bahan limbah biji alpukat dan durian memiliki kadar sebesar 69,17 dan 69,85% dari persentase massa. *Fixed carbon* atau karbon yang terikat sebesar 17,26 dan 14,43% dari persentase massa. Kandungan total sulfur yang ada dalam bahan limbah biji alpukat dan durian sebesar 0,15 dan 0,13% dari persentase massa. Nilai kalor yang didapatkan dari hasil pengujian sebesar 3961 dan 3780 Kcal/Kg.

Tabel 3.1 Perbandingan Nilai *Proximate Analysis* Biji Alpukat (1) dan Durian (2)

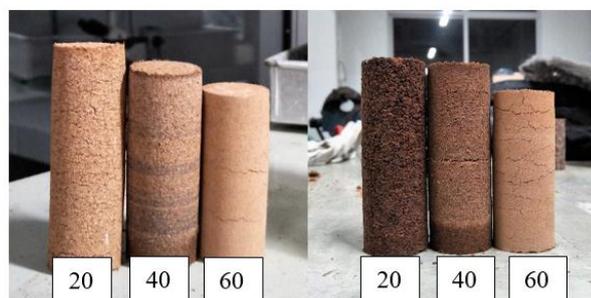
Parameters	Unit	As Received (1)	As Received (2)	Dried Basis (1)	Dried Basis (2)	Test Method
Total Moisture	% wt	10,78	12,74	-	-	ASTM D 2961 – 17
Ash Content	% wt	2,79	2,98	3,12	3,41	ASTM D 3174 – 12
Volatile Matter	% wt	69,17	69,85	77,53	80,05	ASTM D 3175 – 17
Fixed Carbon	% wt	17,26	14,43	19,35	16,54	ASTM D 3172 – 13
Total Sulfur	% wt	0,15	0,13	0,17	0,15	ASTM D 4239 – 17
Calorific Value	Kcal/Kg	3961	3780	4439	4332	ASTM D 5865 - 13

Ultimate analysis merupakan analisa bahan bakar yang ditinjau dari sisi kimiawi berupa kadar komposisi kimia. Kadar komposisi kimia yang didapat dari hasil *ultimate analysis* berupa kadar *Carbon*, *Hydrogen*, *Nitrogen*, dan *Oxygen*. Pada tabel 3.2 menunjukkan hasil *ultimate analysis* dari limbah biji alpukat dan durian.

Tabel 3.2 Perbandingan Nilai *Ultimate Analysis* Biji Alpukat (1) dan Durian (2)

Parameters	Unit	As Received (1)	As Received (2)	Test Method
Carbon	% wt	45,03	43,43	ASTM D 5373 - 14
Hydrogen	% wt	5,62	5,45	ASTM D 5373 - 14
Nitrogen	% wt	1,94	0,20	ASTM D 5373 - 14
Oxygen	% wt	33,69	35,07	ASTM D 3176 - 15
Carbon	% wt	45,03	43,43	ASTM D 5373 - 14
Hydrogen	% wt	5,62	5,45	ASTM D 5373 - 14

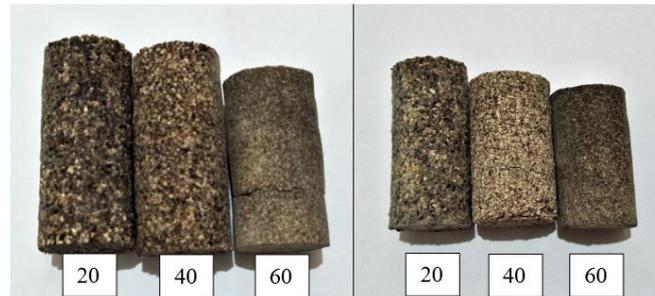
Limbah biji alpukat atau durian yang telah dicampur dengan bahan perekat berupa tepung tapioka dengan rasio tertentu. Kemudian dicampurkan dengan air panas untuk mengaktifkan bahan perekat yang dilanjutkan dengan proses *press* dengan mesin *press*. Adonan limbah biji alpukat atau durian dengan bahan perekat dimasukan kedalam cetakan briket lalu diberi gaya tekan dengan menggunakan mesin *press*. Proses *press* menggunakan variasi tekanan sebesar 1 MPa (10 bar) dan 2 MPa (20 bar).



Gambar 3.1 Briket Biji Alpukat dengan Tekanan (a) 1 MPa dan (b) 2 Mpa

Ukuran partikel yang dihasilkan dari ayakan 20 *mesh* memiliki ukuran partikel yang terbesar, sehingga hasil ayakan menghasilkan butiran yang kasar dan berukuran besar. Ukuran partikel yang dihasilkan dari ayakan 40 *mesh* memiliki ukuran yang lebih kecil daripada ukuran yang dihasilkan dari 20 *mesh*, sehingga hasil ayakan lebih halus dan butirannya lebih kecil. Sedangkan 60 *mesh* menghasilkan butiran yang halus dan lebih kecil dibandingkan dengan 40 *mesh*. Ukuran 60 *mesh* memiliki hasil yang terhalus dan ukuran partikel yang terkecil. Ukuran partikel yang kecil memiliki keuntungan di bagian kekuatan fisik, hal ini disebabkan zat pengikat

(tepung tapioka) lebih mudah mengikat dikarenakan ukuran partikel yang kecil memiliki kerapatan yang kecil pula.



Gambar 3.2 Briket Biji Durian dengan Tekanan (a) 1 MPa dan (b) 2 MPa

Briket yang telah dicetak dengan menggunakan mesin *press*, kemudian dilakukan uji pembakaran untuk mendapatkan data temperatur api, waktu penyalaan, durasi pembakaran, dan laju pembakaran. Tabel 3.3 dan 3.4 berikut menampilkan hasil uji pembakaran.

Tabel 3.3 Hasil Uji Pembakaran Briket Limbah Biji Alpukat

Ukuran Partikel (mesh)	Tekanan Press (MPa)	Temperatur Api (°C)	Waktu Penyalaan (s)	Durasi Pembakaran (s)	Laju Pembakaran (gram/s)
20	1	325	143	5991	0,003338
40	1	356	164	6328	0,003161
60	1	371	185	7492	0,002670
20	2	431	238	6521	0,003067
40	2	467	252	6787	0,002947
60	2	501	277	7619	0,002625

Tabel 3.4 Hasil Uji Pembakaran Briket Limbah Biji Durian

Ukuran Partikel (mesh)	Tekanan Press (MPa)	Temperatur Api (°C)	Waktu Penyalaan (s)	Durasi Pembakaran (s)	Laju Pembakaran (gram/s)
20	1	325	143	5991	0,003338
40	1	356	164	6328	0,003161
60	1	371	185	7492	0,002670
20	2	431	238	6521	0,003067
40	2	467	252	6787	0,002947
60	2	501	277	7619	0,002625

Berdasarkan hasil uji pembakaran briket yang tertera pada tabel 3.3 dan 3.4, hasil pembakaran dengan durasi yang paling lama adalah briket dengan ukuran partikel 60 mesh. Briket dengan ukuran partikel 60 mesh, memiliki ukuran partikel yang kecil, sehingga celah udara yang masuk juga semakin sedikit. Waktu penyalaan briket terpengaruh oleh kekuatan tekan briket, semakin besar kekuatan tekan briket maka briket akan semakin sulit dinyalakan. Briket yang sulit dinyalakan ini dipengaruhi oleh porositas yang semakin kecil sehingga oksigen yang berada di udara sulit mengisi celah yang dimiliki oleh briket. Laju pembakaran yang tertinggi berpengaruh terhadap ukuran partikel, semakin besar ukuran partikel maka semakin cepat laju pembakaran bahan bakar. Pada tabel 3.3 dan 3.4 menunjukkan hasil pembakaran briket dengan ukuran partikel yang terbesar hingga terkecil, dari data pada tabel 3.3 dan 3.4 dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran partikel maka semakin cepat pula laju pembakaran. Suhu pembakaran briket bergantung pada ukuran partikel dan tekanan press briket.

4 Kesimpulan

Penelitian dari pengaruh komposisi, ukuran partikel, serta tekanan limbah biji alpukat dan durian terhadap karakteristik briket ini dapat disimpulkan bahwa:

- Komposisi campuran limbah biji alpukat dan durian dengan perekat (tepung tapioka) *ratio* 90:10 memiliki nilai kalor tertinggi untuk pembuatan briket.
- Nilai kalor campuran biji alpukat dan perekat dengan komposisi 90:10 yaitu 3961 Kcal/Kg, sedangkan campuran biji durian dan perekat dengan komposisi 90:10 sebesar 3780 Kcal/Kg.

- c. Dalam pengujian karakteristik briket, semakin kecil ukuran partikel maka temperatur bara api, waktu penyalaan, dan durasi pembakaran akan semakin tinggi. Demikian dengan tekanan *press* briket, semakin tinggi tekanan *press* briket maka temperatur bara api, waktu penyalaan, dan durasi pembakaran akan semakin tinggi.
- d. Pada data dengan ukuran partikel sebesar 60 *mesh* dengan tekanan 2 MPa menunjukkan hasil tertinggi, jika dibandingkan dengan variasi ukuran partikel dan tekanan lainnya. Perbandingan briket biji alpukat ukuran partikel 60 *mesh* dengan tekanan 1 MPa dan 2 MPa, masing-masing memiliki temperatur bara api sebesar 371°C dan 501°C, waktu penyalaan selama 277 detik dan 185 detik, durasi pembakaran 7619 detik dan 7492 detik.
- e. Berbanding terbalik dengan laju pembakaran, dimana ukuran partikel 20 *mesh* dan tekanan 1 MPa memiliki nilai yang besar dibandingkan dengan variasi ukuran partikel dan tekanan lainnya.

5 Daftar Pustaka

1. Dhany, R. R., Jokowi Ingin Bangun Pembangkit Listrik 35.000MW, Menteri ESDM Gerak Cepat, Trans Corps (2015).
2. Djumena, E., Cadangan Minyak di Indonesia Hanya Cukup untuk 23 Tahun Lagi, *Kompas Cyber Media* (2014).
3. Agromedia, R., Buku Pintar Budi Daya Tanaman Buah Unggul Indonesia. Jakarta Selatan: PT. Agromedia Pustaka (2009).
4. Santosa, dkk., Studi variasi komposisi bahan penyusun briket dari kotoran sapi dan limbah pertanian. Universitas Andalas. Padang (2010).
5. Anggono. W., Wardana. I.N.G., Lawes. M., Hughes. K.J., Wahyudi. S., Hamidi. N. Laminar burning characteristics of biogas-air mixtures in spark ignited premix combustion. *Journal of Applied Sciences Research*. 8, 4126-4132 (2012).
6. Anggono. W., Wardana. I.N.G., Lawes. M., Hughes. K.J., Wahyudi. S., Hamidi. N., and Hayakawa. A., Laminar burning velocity and flammability characteristics of biogas-air mixtures in spark ignited premix combustion. *Journal of Physics Conference Series*. 423, 1-7 (2013).
7. Kasrun. A.W., Anggono. W., Sutrisno. T., Karakteristik Pembakaran Briket dari Limbah Daun Pohon Bintaro. *Mechanova* (2015).
8. Raju, Ch.A.I., Jyothi, K.R., Satya, M. & Praveena U., Studies on Development of Fuel Briquettes for Household and Industrial Purpose, *International Journal of Research in Engineering and Technology Vol 3*, ISSN :2319-1163, 54-63 (2014).
9. Company, P. I., 1341 *Oxygen Bomb Calorimeter*. Philadelphia: Parr Instrument Co. (2008).