

Comparison of Utilization of Physical Activated Coconut Shell and Rice Husk Charcoal to Save Fuel Consumption of a 4-Stroke Gasoline Motorcycle

Herry Wardono^{1*}, Theofillius G. Naiborhu², A.Yudi E. Risano³, M. Dyan S.E.S⁴ dan Amrizal⁵

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

²Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

⁴Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

⁵Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

*Corresponding author: herryw22@gmail.com

Abstract. Various efforts continuously to be made by humans to overcome the energy crisis. Utilization of coconut shell and rice husk charcoal as adsorbents for combustion air can improve the quality of the combustion process. Both of these charcoal have the ability to attract water vapor in the air, so that when combustion air is contacted to these two charcoal, it will produce combustion air containing rich oxygen concentration. This will result in a better combustion process that occurs. The physical activation by heating using oven to these two charcoal can increase the adsorption ability of water vapor, which means the better the combustion process that occurs. Before being used, these two charcoal are formed into pellets with a diameter of 10 mm and a thickness of 3 mm, then heated in the oven at 3 various temperatures, namely 175, 200, and 225 °C. After that it is inserted into the frame, then mounted on a motorcycle filter. Tests of fuel consumption are carried out under running conditions at an average speed of 50 kph as far as 5 km, and stationary conditions at 1500 and 3000 rpm. The test results showed that the adsorbent activated at 225 °C was able to save the highest fuel consumption in both test conditions, namely 10.32% using coconut shell charcoal and 10.08% using rice husk charcoal on the road test. In stationary tests, coconut shell charcoal is also able to save fuel consumption higher than rice husk charcoal, which is 31.71% and 10.17% at 1500 rpm testing, and at 43.90% and 23.73% at 3000 rpm.

Abstrak. Berbagai upaya terus dilakukan untuk mengatasi krisis energi. Pemanfaatan arang tempurung kelapa dan arang sekam padi sebagai adsorben udara pembakaran mampu meningkatkan kualitas proses pembakaran. Kedua arang ini memiliki kemampuan menarik uap air dalam udara, sehingga apabila udara pembakaran dikontakkan kepada kedua arang ini, maka akan dihasilkan udara pembakaran yang kaya konsentrasi oksigen. Hal ini akan mengakibatkan semakin bagusnya proses pembakaran yang terjadi. Perlakuan aktivasi fisik dengan pemanasan oven terhadap kedua arang ini mampu meningkatkan daya adsorbnya terhadap uap air, yang berarti akan semakin bagusnya proses pembakaran yang terjadi. Sebelum digunakan, kedua arang ini dibentuk menjadi pelet berdiameter 10 mm dengan tebal 3 mm, lalu dipanaskan di dalam oven pada 3 variasi temperatur, yaitu 175, 200, dan 225 °C. Setelah itu dimasukkan ke dalam bingkai, lalu dipasangkan pada filter sepeda motor. Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan pada kondisi berjalan pada kecepatan rata-rata 50 km/jam sejauh 5 km, dan kondisi stasioner pada putaran mesin 1500 dan 3000 rpm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa adsorben teraktivasi pada 225 °C mampu menghemat konsumsi bahan bakar tertinggi pada kedua kondisi pengujian, yaitu sebesar 10,32% menggunakan arang tempurung kelapa dan 10,08% menggunakan arang sekam padi pada uji berjalan. Pada uji stasioner, arang tempurung kelapa juga mampu menghemat konsumsi bahan bakar lebih tinggi dibanding arang sekam padi, yaitu sebesar 31,71% dan 10,17% pada pengujian 1500 rpm, serta sebesar 43,90% dan 23,73% pada 3000 rpm.

Kata kunci: perlakuan udara pembakaran, adsorben arang tempurung kelapa dan sekam padi, prestasi sepeda motor 4-langkah.

Pendahuluan

Semakin banyak penggunaan kendaraan bermotor, maka akan mengkonsumsi banyak bahan bakar minyak, menyebabkan krisis energi dan menghasilkan polusi udara yang cukup besar pula (Rahimi, 2009 dan Hassani, 2016). Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia kian tahun kian meningkat (BPS Indonesia, 2019). Sepeda motor mendominasi jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, mencapai 81,58% di tahun 2017. Jumlah kendaraan dari tahun 2016 meningkat sebesar 7,17% di tahun 2017, dengan total jumlah kendaraan mencapai 138.556.669 unit (BPS Indonesia, 2019).

Berbagai upaya terus dilakukan manusia untuk mengatasi krisis energi dunia, diantaranya menghasilkan energi alternatif dan memberi perlakuan kepada udara pembakaran. Perlakuan yang diberikan kepada udara pembakaran dapat dilakukan dengan menggunakan adsorben udara pembakaran, diantaranya zeolit alam, flyash batubara, arang sekam padi, dan arang tempurung kelapa (Wardono, 2011, Wardono, 2018, Siregar, 2011, Ginting, 2012).

Ketersediaan arang sekam padi dan tempurung kelapa sangat melimpah di Indonesia (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2017), khususnya Propinsi Lampung. Kedua biomassa ini belum dimanfaatkan secara maksimal, sehingga yang tadinya dapat berupa limbah Pertanian, kini dapat diubah menjadi arang yang digunakan sebagai adsorben udara pembakaran salah satunya, yang tentunya akan menjadi produk yang berkualitas dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi.

Arang biomassa memiliki sifat mampu menarik air (Morgan, 2019, Reforma, 2016, dan Marlina, 2007). Sifat ini secara termodinamika sangat menguntungkan untuk meningkatkan kualitas proses pembakaran. Beberapa penelitian adsorben arang telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Menurut penelitian Afrizal Siregar (2011), arang sekam padi sebagai media adsorben pada *filter* udara mampu meningkatkan prestasi mesin dimana mampu menghemat konsumsi bahan bakar hingga 30,7% pada *road test* dengan kecepatan konstan 60 km/jam, serta mampu menghemat konsumsi bahan bakar hingga 8,95% pada uji stasioner putaran 1000 rpm, dan hingga 8,24% pada uji stasioner putaran 1500 rpm, dan hingga 4,66% pada uji stasioner putaran 3500 rpm. Selain itu, Armeny Ginting (2012) telah menggunakan arang tempurung kelapa sebagai adsorben pada filter udara, dengan hasil mampu menghemat konsumsi bahan bakar hingga 24,36% pada *road test* dengan kecepatan konstan 50 km/jam, dan hingga 18,9% pada uji stasioner

putaran 1500 rpm, dan hingga 26,56% pada uji stasioner putaran 2500 rpm, dan hingga 29,30% pada kondisi stasioner dengan putaran tinggi 4000 rpm.

Dari hasil di atas, terbukti bahwa baik pemanfaatan arang biomassa mampu menghemat konsumsi bahan bakar. Hal ini karena arang biomassa memiliki sifat yang unik, mampu menarik uap air yang ada di dalam udara pembakaran. Sebagaimana diketahui bahwa udara alami terdiri dari gas nitrogen, oksigen, gas lain dan uap air. Dalam proses pembakaran, gas yang dibutuhkan adalah hanya oksigen. Sedangkan gas nitrogen dan uap air, hanya sebagai pengganggu proses pembakaran, sehingga harus disingkirkan dalam udara pembakaran. Semakin sedikit kandungan uap air dalam udara pembakaran, maka panas akhir langkah kompresi akan maksimal diterima oleh bahan bakar. Akibatnya, proses pembakaran berlangsung lebih cepat dan lebih banyak. Dengan demikian, proses pembakaran berlangsung lebih hemat dan lebih ramah lingkungan. Oleh karena itu, pelet arang biomassa (arang sekam padi dan arang tempurung kelapa) teraktivasi fisik diperkirakan mampu memberikan peningkatan prestasi mesin motor bakar lebih tinggi.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sepeda motor bensin bebek otomatis 108 cc, tachometer, cetakan pelet, Oven listrik, timbangan digital, gelas ukur, kompor listrik, mixer, kawat strimin, drum pembakaran, ayakan 100 mesh, dan tumbukan. Sementara itu, bahan penelitian yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sekam padi, tempurung kelapa, tepung tapioka, dan air.

Persiapan Alat dan Bahan

Proses pembuatan arang tempurung kelapa

Tempurung kelapa pertama-tama dijemur di bawah sinar matahari sampai kering, lalu dibersihkan dari serabutnya. Tempurung kelapa kemudian dimasukkan ke dalam drum bekas kosong sebagai tempat pembakaran agar menjadi arang. Proses pembakaran dilakukan secara perlahan sampai seluruh tempurung kelapa terbakar, memerah, mengeluarkan asap yang cukup tebal, hingga mengeluarkan asap tipis setelah beberapa menit. Setelah itu drum ditutup selama beberapa jam sebagai proses pendinginan alami. Arang tempurung kelapa yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Arang tempurung kelapa yang dihasilkan

Arang yang cukup sempurna adalah arang yang apabila dipatahkan akan kelihatan mengkilap. Setelah selesai dibersihkan, selanjutnya arang tempurung kelapa ditumbuk agar halus, lalu diayak menggunakan saringan untuk memperoleh arang berukuran 100 mesh.

Proses pembuatan arang sekam padi

Sekam padi awalnya dijemur di bawah sinar matahari sampai kering, lalu dibersihkan. Selanjutnya sekam padi tersebut dipanaskan di dalam oven listrik. Proses pengarangan dalam oven ini dilakukan pada temperatur 240 °C selama 90 menit, namun sebelumnya oven telah dipanaskan terlebih dahulu selama 10 menit. Dalam proses pengarangan, oven mengeluarkan asap tebal berwarna putih. Setelah beberapa menit, asap hasil pengarangan dari oven semakin menipis hingga asap menghilang. Setelah 90 menit, oven dimatikan dan arang sekam padi dikeluarkan seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Arang sekam padi yang dihasilkan

Setelah dikeluarkan, lalu arang dibersihkan dan diayak hingga diperoleh arang berukuran 100 mesh. Serbuk kedua arang selanjutnya dibentuk menjadi pelet dengan cara mencampurkannya dengan air dan tapioka. Adonan yang dihasilkan lalu dicetak hingga diperoleh pelet berukuran diameter 10 mm dan tebal 3 mm. Setelah itu, pelet yang dihasilkan dimasukkan ke dalam oven untuk aktivasi fisik pada 3 variasi temperatur yaitu pada 175, 200, dan 225 °C, masing-masing selama 1 jam. Pelet yang telah diaktivasi kemudian didinginkan secara alami, lalu dimasukkan ke dalam toples tertutup. Untuk selanjutnya pelet ini dimasukkan ke dalam kemasan

kawat strimin. Setiap kemasan berisi 66 pelet arang, seperti terlihat pada gambar 3.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Pelet Arang Teraktivasi dan (b) Pelet Arang Dalam Filter Kemasan

Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan 2 kondisi kendaraan, yaitu pengujian dengan kondisi berjalan (*road test*) dan kondisi stasioner. Pengujian berjalan dilakukan pada kecepatan konstan 50 km/jam menempuh jarak 5 km. Persiapan yang dilakukan adalah tangki buatan diisi bahan bakar pertalite sebanyak 200 ml. Pengujian pertama dilakukan tanpa menggunakan filter arang. Setelah menempuh jarak 5 km, mesin dimatikan dan pertalite yang tersisa diukur volumenya. Pengujian dilanjutkan menggunakan filter arang sekam padi alami, filter arang sekam padi teraktivasi 175 °C, 200 °C, dan 225 °C. Pengujian dilanjutkan menggunakan filter arang tempurung kelapa teraktivasi 175 °C, 200 °C, dan 225 °C. Semua bahan bakar tersisa diukur volumenya. Pengulangan pengujian yang sama dilakukan sebanyak 3 kali.

Pengujian berikutnya adalah kondisi stasioner pada putaran mesin 1500 rpm. Sepeda motor dioperasikan stasioner (*idle/ tidak berjalan*) tanpa menggunakan filter arang pada putaran mesin 1500 rpm yang dijaga konstan selama 5 menit. Kemudian pertalite tersisa diukur volumenya. Setelah itu, pengujian dilanjutkan menggunakan filter arang sekam padi alami, filter arang sekam padi teraktivasi 175 °C, 200 °C, dan 225 °C. Selanjutnya pengujian menggunakan filter arang tempurung kelapa teraktivasi 175 °C, 200 °C, dan 225 °C dilakukan. Semua bahan bakar tersisa diukur volumenya. Pengulangan pengujian dengan kondisi yang sama juga dilakukan lagi. Setelah pengujian kondisi stasioner putaran mesin 1500 rpm selesai, pengujian dilanjutkan pada kondisi stasioner

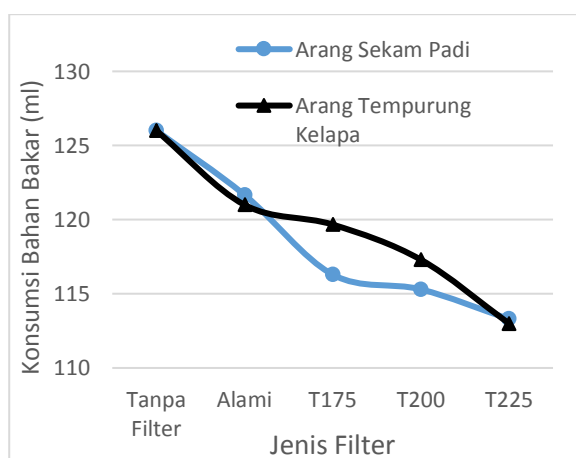
putaran mesin tinggi 3000 rpm. Urutan pengujian pada kondisi stasioner 3000 rpm ini sama seperti pada pengujian kondisi stasioner 1500 rpm. Semua bahan bakar tersisa diukur volumenya. Pengulangan pengujian dengan kondisi yang sama juga dilakukan lagi.

Semua data yang diperoleh dari hasil pengujian lalu dianalisa dan disajikan dalam bentuk grafik, sehingga terlihat pengaruh dari variasi temperatur aktivasi fisik dan jenis adsorben arang yang digunakan terhadap konsumsi bahan bakar pertalite dari sepeda motor bensin 4-langkah.

Hasil dan Pembahasan

Sebelum melakukan uji konsumsi bahan bakar, langkah awal yang dilakukan ada penentuan prosentase komposisi adonan untuk membuat adsorben arang ini menjadi bentuk pelet berdiameter 10 mm dan tebal 3 mm. Penentuan komposisi adonan terbaik dilakukan berulang-ulang untuk mendapatkan prosentase komposisi antara arang, air dan perekat, sehingga diperoleh pelet arang yang kokoh, tidak mudah terkikis, dan tidak mudah pecah. Selanjutnya pelet arang kokoh ini dimasukkan ke dalam bingkai filter, lalu dipasangkan pada filter udara sepeda motor. Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan dengan 2 kondisi pengujian, yaitu kondisi berjalan pada 50 km/jam, dan stasioner pada 1500 dan 3000 rpm.

Pengujian pemanfaatan arang biomassa teraktivasi fisik pemanasan oven untuk menghemat konsumsi bahan bakar dilakukan menggunakan 4 variasi jenis filter udara untuk arang sekam padi, dan 4 variasi jenis filter dari arang tempurung kelapa. Hasil konsumsi bahan bakar yang terjadi pada pemanfaatan kedua arang teraktivasi fisik ini pada pengujian berjalan 50 km/jam ditunjukkan pada gambar 4.

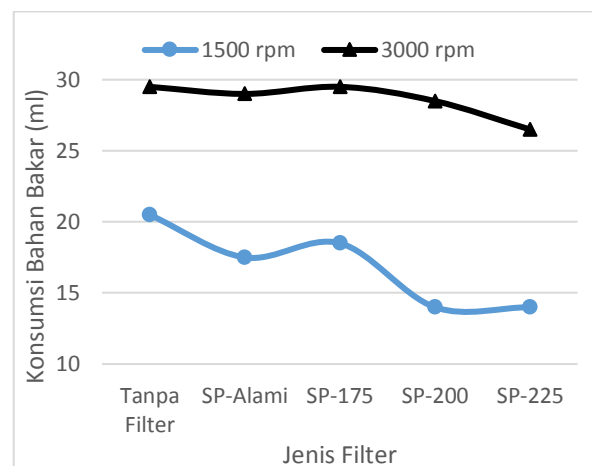


Gambar 4. Konsumsi Bahan Bakar Pada Pengujian Berjalan Menggunakan Arang Teraktivasi Fisik

Dari gambar 4 terlihat bahwa pemanfaatan kedua arang biomassa ini pada semua jenis filter

mampu menghemat konsumsi bahan bakar. Penghematan konsumsi bahan bakar menggunakan adsorben sekam padi alami (tanpa aktivasi fisik) terjadi sebesar 4,3 ml (3,44%), dan sebesar 9,7 ml (7,70%) pada penggunaan arang sekam padi teraktivasi fisik 175 °C. Penghematan konsumsi bahan bakar terus meningkat dengan naiknya temperatur aktivasi pelet arang sekam padi. Hasil penghematan tertinggi pada arang sekam padi dengan temperatur aktivasi tertinggi 225 °C, yaitu sebesar 12,7 ml (10,08%), dan sebesar 10,7 ml (8,49%) pada penggunaan arang sekam padi temperatur aktivasi 200 °C. Hasil yang sama juga terjadi pada penggunaan arang tempurung kelapa pada semua temperatur aktivasi, dimana semakin tinggi temperatur aktivasinya mampu menghemat konsumsi bahan bakar lebih tinggi pada pengujian berjalan ini. Penghematan konsumsi bahan bakar yang terjadi yaitu sebesar 5 ml (3,97%), dan 6,3 ml (5,02%), serta 8,7 ml (6,9%) pada penggunaan arang tempurung kelapa alami, temperatur aktivasi 175 dan 200 °C. Penghematan konsumsi bahan bakar tertinggi juga terjadi pada penggunaan arang tempurung kelapa temperatur aktivasi tertinggi (225 °C), yaitu sebesar 13 ml (10,32%). Hasil penghematan konsumsi bahan bakar ini sedikit lebih tinggi dibandingkan saat menggunakan arang sekam padi temperatur aktivasi 225 °C (10,08%).

Untuk mengamati kemampuan kedua arang biomassa ini dalam menghemat konsumsi bahan bakar, maka dilakukan juga pengujian kondisi stasioner pada putaran mesin 1500 dan 3000 rpm. Hasil konsumsi bahan bakar yang terjadi pada pemanfaatan arang sekam padi teraktivasi fisik pada pengujian stasioner 1500 dan 3000 rpm ditunjukkan pada gambar 5.



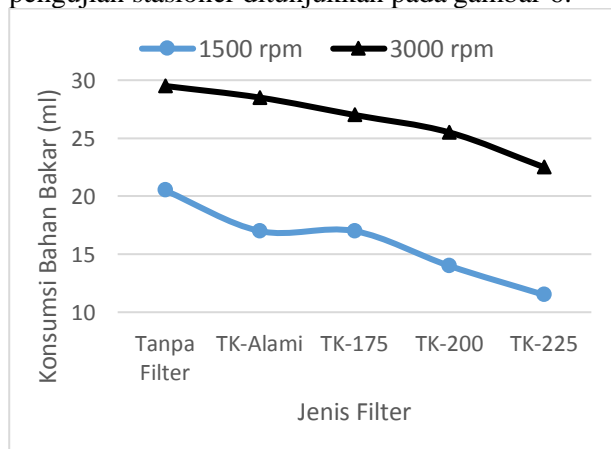
Gambar 5. Konsumsi Bahan Bakar Pada Pengujian Stasioner Menggunakan Arang Sekam Padi Teraktivasi Fisik

Kecenderungan penghematan konsumsi bahan bakar pada pemanfaatan arang sekam padi pada pengujian stasioner ini sama dengan saat memanfaatkan arang sekam padi pada pengujian

berjalan, dimana semakin tinggi temperatur aktivasi yang diberikan pada pemanasan pelet arang sekam padi ini, maka penghematan konsumsi bahan bakar yang terjadi semakin tinggi, sebagaimana terlihat pada gambar 6. Pemanfaatan arang sekam padi alami dan yang telah diaktivasi fisik 175 °C pada pengujian stasioner pada 1500 rpm mampu memberikan penghematan konsumsi bahan bakar sebesar 3 ml (14,63%) dan 2 ml (9,76%). Penghematan konsumsi bahan bakar tertinggi terjadi pada pemanfaatan arang teraktivasi fisik 200 dan 225 °C, yaitu sebesar 6,5 ml (31,71%). Penghematan konsumsi bahan bakar yang terjadi cukup signifikan dibanding arang sekam padi teraktivasi fisik 175 °C.

Sementara itu, pada pengujian stasioner 3000 rpm, penghematan konsumsi bahan bakar yang terjadi jauh lebih rendah dibanding pada pengujian stasioner 1500 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian pada putaran rendah mengizinkan udara pembakaran yang masuk ke dalam ruang bakar bersentuhan lebih lama dengan adsorben arang sekam padi, sehingga mampu menangkap uap air lebih banyak dibanding pada operasi putaran tinggi, akibatnya proses pembakaran berlangsung lebih bagus. Penghematan konsumsi bahan bakar pada pengujian stasioner 3000 rpm, yaitu sebesar 1 ml (3,39%), dan 3 ml (10,17%), yang terjadi pada pemanfaatan arang sekam padi teraktivasi fisik 200 dan 225 °C, secara berturut-turut.

Pengujian konsumsi bahan bakar pada kondisi dan variasi temperatur aktivasi yang sama seperti yang dilakukan pada pemanfaatan arang sekam padi, juga dilakukan pada pengujian pemanfaatan arang tempurung kelapa. Besarnya penghematan konsumsi bahan bakar yang diperoleh pada pengujian stasioner ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Konsumsi Bahan Bakar Pada Pengujian Stasioner Menggunakan Arang Tempurung Kelapa Teraktivasi Fisik

Penghematan konsumsi bahan bakar pada pengujian stasioner menggunakan arang tempurung kelapa teraktivasi fisik, seperti terlihat pada gambar 6, juga terjadi, bahkan terlihat penghematan yang

diperoleh lebih tinggi bila dibandingkan pada penggunaan arang sekam padi. Kecenderungan penghematan konsumsi bahan bakar yang diperoleh relatif sama, dimana semakin tinggi temperatur aktivasi yang diberikan pada pemanasan pelet arang tempurung kelapa ini, maka penghematan konsumsi bahan bakar yang terjadi semakin tinggi. Pemanfaatan arang sekam padi alami dan yang telah diaktivasi fisik 175 °C pada pengujian stasioner pada 1500 rpm mampu memberikan penghematan konsumsi bahan bakar sebesar 3,5 ml (17,07%), dan sebesar 6,5 ml (31,71%) pada pemanfaatan arang tempurung kelapa teraktivasi fisik 200 °C. Penghematan konsumsi bahan bakar yang terjadi cukup signifikan dibanding arang tempurung kelapa teraktivasi fisik 175 °C. Penghematan konsumsi bahan bakar tertinggi juga terjadi pada arang teraktivasi fisik 225 °C, yaitu sebesar 9 ml (43,9%), sebagaimana hasil yang diperoleh pada pengujian berjalan.

Namun demikian, sebagaimana hasil yang diperoleh pada pengujian arang sekam padi, pada pengujian stasioner 3000 rpm, penghematan konsumsi bahan bakar yang terjadi juga jauh lebih rendah dibandingkan pada operasi 1500 rpm. Penghematan konsumsi bahan bakar yang diperoleh pada operasi mesin tinggi (3000 rpm) menggunakan arang tempurung kelapa alami dan teraktivasi fisik 175 °C, yaitu sebesar 1 ml (3,39%) dan 2,5 ml (8,47%). Hasil terbaik juga terjadi pada penggunaan arang tempurung kelapa teraktivasi fisik 225 °C, yaitu mampu menghemat konsumsi bahan bakar sebesar 7 ml (23,73%), disusul arang tempurung kelapa teraktivasi fisik 200 °C, yaitu sebesar 4 ml (13,56%).

Dari penjelasan di atas, dapat dijelaskan bahwa adsorben arang tempurung kelapa mampu menghemat konsumsi lebih tinggi dibanding adsorben arang sekam padi. Hal ini berarti adsorben arang tempurung kelapa memiliki daya adsorb terhadap uap air lebih besar dibandingkan adsorben arang sekam padi. Walaupun kedua adsorben biomassa ini mampu menghemat konsumsi bahan bakar cukup signifikan dibandingkan adsorben arang biomassa alami, apalagi bila dibandingkan dengan tanpa menggunakan filter adsorben biomassa.

Kesimpulan

Adsorben arang sekam padi dan arang tempurung kelapa telah terbukti mampu menghemat konsumsi bahan bakar sepeda motor bensin 4-langkah cukup signifikan. Pemanfaatan kedua adsorben biomassa ini jauh lebih efektif pada aplikasi operasi mesin putaran rendah (1500 rpm) dibandingkan dengan pada operasi putaran tinggi (3000 rpm). Semakin tinggi temperatur aktivasi

fisik yang diberikan pada adsorben biomassa ini mampu memberikan penghematan konsumsi bahan bakar. Akan tetapi, aktivasi fisik adsorben biomassa ini pada temperatur 175 °C tidak memberikan pengaruh penghematan konsumsi bahan bakar yang signifikan bila dibandingkan dengan menggunakan adsorben arang biomassa alami. Hasil akhir menunjukkan bahwa adsorben arang tempurung kelapa mampu menghemat konsumsi bahan bakar lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben arang sekam padi.

Penghargaan

Terima kasih banyak Penulis ucapkan kepada Universitas Lampung atas bantuan dana penelitian yang diberikan melalui hibah penelitian dana PNBP Fakultas Teknik Universitas Lampung 2019.

Referensi

- [1] Rahimi, H., et.al. 2009. Diesterol: An environment friendly IC engine fuel. *Renewable Energy* 34. 335-342.
- [2] Hassani, A. and Hosseini, V. 2016. An assessment of gasoline motorcycle emissions performance and understanding their contribution to Tehran air pollution. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 47. 1-12.
- [3] BPS Indonesia. 2019. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2017. Jakarta
- [4] Wardono, Herry, dkk. (2011). Penggunaan Zeolit Pelet Teraktivasi Fisik Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4-Langkah. *Proceeding of Annual Engineering Conference Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta-Indonesia*, pp.C68-C72.
- [5] Wardono, Herry. et.al. 2018. The use of adsorbents of lampung natural eolites/coal-fly ash in reducing fuel consumption and exhaust gas emissions of a 4-stroke petrol motorcycle. *AIP Conference Proceedings* 1977. 020060-1-020060-6.
- [6] Siregar, Afrizal. 2011. Pengaruh Penggunaan Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben Udara Pembakaran Terhadap Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah. Skripsi Sarjana. Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Lampung, Bandar Lampung
- [7] Ginting, Armeny. 2012. Pengaruh Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Udara Pembakaran Terhadap Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah. Skripsi Sarjana. Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- [8] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2017. Sekam Padi sebagai Sumber Energi Alternatif dalam Rumah Tangga Petani. Jakarta.
- [9] Morgan, Wendy. 2019. Homemade Dehumidifier. <https://www.hunker.com/13407383/homemade-e-dehumidifier>. Diakses: 11 Mei 2019
- [10] Reforma. 2016. Ternyata Arang Bermanfaat Terhadap Pertanian. <http://beritani.com/2016/11/07/ternyata-arang-bermanfaat-terhadap-pertanian/>. Diakses: 11 Mei 2019
- [11] Marlina, N. dan Rusnandi, D. 2007. Teknik aklimatisasi planlet *Anthurium* pada beberapa media tanam. *Buletin Teknik Pertanian* Volume 12(1):38-40.