

Pengolahan Limbah Tempurung Kemiri Sebagai Adsorben Senyawa Etilen Dengan Penambahan Kalium Permanganat ($KMnO_4$)

Treatment of Candlenut Shell Waste as Adsorbent With the Addition of Potassium Permanganate ($KMnO_4$)

Harits Fadhillah Immaduddin¹, Shafwan Amrullah^{2*}, Nurkholis³, Theresia Evila Purwanti Sri Rahayu⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Universitas Teknologi Sumbawa

^{2,3}Pusat Studi Terapan K3L Universitas Teknologi Sumbawa

⁴Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap

Email: ¹haritsfadhillah17@gmail.com, ²shafwan.amrullah@uts.ac.id, ³nurkholis@uts.ac.id,

⁴theresiaevila05@gmail.com

*Penulis korespondensi: shafwan.amrullah@uts.ac.id

Direview: 8 Maret 2021

Diterima: 9 Maret 2021

ABSTRAK

Kemiri (*Aleurites mollucana*) merupakan salah satu potensi yang sangat besar terutama di Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Kemiri selain sebagai rempah-rempah, juga menghasilkan limbah berupa cangkang dengan kadar karbon yang sangat besar. Sehingga pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan cangkang kemiri sebagai adsorben dengan menggunakan bantuan kalium permanganat atau $KMnO_4$. Zat aktif tersebut dapat mengikat etilen yang terdapat pada buah, dimana etilen merupakan zat perusak buah yang dapat mempercepat pemsukan pada buah yang akan dijual atau diekspor. Cara kerja pada penelitian ini antara lain adalah dengan melakukan proses pengarangan pada limbah cangkang kemiri sebagai zat pembawanya. Pada dasarnya ada 3 tahap yang dilakukan pada penelitian ini, antara lain tahap karbonisasi tempurug kemiri sehingga menjadi arang dengan menggunakan tungku drum yang sudah didesign sendiri. Selanjutnya dilakukan pembantuan *beads composite* dengan pengayakan arang tempurug kemiri menggunakan ayakan 100 mesh. Kemudian $KMnO_4$ ditambahkan ke dalam arang yang sudah dihaluskan. Variasi berat $KMnO_4$ yang digunakan adalah 15 gram, 30 gram, dan 45 gram. Pada tahap uji dilakukan dengan menguji karakteristik sifat kimia berupa kadar air, kadar abu, dan analisis terhadap sampel yang terbaik. Di akhir penelitian dilakukan juga uji fisik dan kimia terhadap *beadas composite*. Hasil peneltian memperlihatkan bahwa kadar air dan abu yang terbaik didapatkan pada jumlah penambahan senyawa $KMnO_4$ pada 15 gram yaitu 7,33% dan 7% berturut-turut. Hasil ini memperlihatkan bahwa produk *beads composite* sudah memenuhi standar SNI 06-3730-1995. Untuk efektivitas serapan terhadap senyawa etilen, *beads composite* yang dihasilkan ini membutuhkan 15 gram $KMnO_4$ untuk penyerapan terbaik etilen sebesar 6,1%.

Kata kunci: Kalium Permanganat, Etilen, Penyerapan, Tempurung kemiri

ABSTRACT

Candlenut (Aleurites mollucana) is one of the biggest potentials, especially in Sumbawa Regency. Apart from being a spice, Candlenut also produces waste in the form of shells with a very large carbon content. So that in this study, the use of candlenut shells as adsorbent was carried out using potassium permanganate or $KMnO_4$. The way it works in this research is by doing a charcoal process on the hazelnut shell waste as the carrying substance. Basically, there are 3 stages in this research, including the carbonization of candlenut shells so that they become charcoal using a drum furnace that has been designed by yourself. Subsequently, the composite beads were sieved by using a 100 mesh sieve. Then $KMnO_4$ is added to the mashed charcoal. The variations in the weight of $KMnO_4$ used are 15 grams, 30 grams, and 45 grams. At the test stage, it was carried out by testing the chemical characteristics of the water content, ash content, and analysis of the best samples. At the end of the study, physical and chemical tests were also carried out on composite beads. The results showed that the best water and ash content was found in the amount of addition of $KMnO_4$ compound at 15 grams, namely 7.33% and 7%, respectively. These results indicate that composite bead products have met the SNI 06-3730-1995 standards. For the

effectiveness of absorption of ethylene compounds, the resulting composite beads required 15 grams of $KMnO_4$ for the best absorption of 6.1% ethylene.

Keywords: Potassium Permanganate, Ethylene, Absorption, Tempurung candlenut

1. PENDAHULUAN

Pada dasarnya, pohon kemiri sendiri adalah pohon dengan berbagai macam manfaat. Saat ini kemiri sebegini besar digunakan sebagai rempah-rempah, akan tetapi diketahui bahwa hampir semua bagian dari kemiri dapat dimanfaatkan. Kemiri sendiri merupakan pohon yang mudah untuk ditanam. Selain itu pohon kemiri sangat mudah untuk tumbuh dan tidak memerlukan persyaratan yang banyak. Kemiri sendiri dikelompokkan dalam minyak lemak yang cukup baik (Kateren, 2016). Namun demikian, dengan begitu banyaknya manfaat, kemiri juga menghasilkan limbah yang dihasilkan dari cangkang kemiri. Cangkang tersebut bisa menumpuk dalam jumlah besar jika dalam musim panen. Padahal, cangkang kemiri tersebut memiliki kadar karbon yang sangat besar, dan sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben atau pembautan arang bakar (Sudrajat, 2015).

Arang dari tempurung kemiri sendiri memiliki kadar karbon yang sangat besar, bahkan melebihi dari arang yang terbuat dari tempurung kelapa yaitu melebihi 85%-95% kadar karbon total. Pengarangan sendiri merupakan proses pirolisis yang dilakukan dengan bantuan pembakaran dengan menggunakan karbon yang terbatas, sehingga kadar karbon yang ada di arang masih ada. Akan tetapi, saat ini arang tidak hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar saja, akan tetapi juga digunakan sebagai material penting dalam teknologi penyerapan, terutama penyerapan gas yang tidak diinginkan seperti etilen. Material seperti ini diketahui sebagai material adsorber (penyerap) yang notabene merupakan material yang dapat memisahkan gas, menyerap kontaminan yang ada di air, *recovery solvent*, katalis dan juga sebagai penyangga katalis (Meilita, 2013; Amrullah dkk., 2020). Namun demikian, untuk mendukung kinerja arang sebagai adsorben, diperlukan material atau senyawa aktif yang harus dicampurkan secara independen. Salah satu senyawa yang dapat digunakan adalah senyawa $KMnO_4$.

Senyawa $KMnO_4$ merupakan senyawa yang biasa digunakan sebagai oksidan etilen yang dapat memperlambat terjadinya pematangan buah, sehingga dengan adanya senyawa tersebut dapat mencegah pematangan buah untuk keperluan ekspor buah. Akan tetapi, apabila $KMnO_4$ diterapkan secara langsung ke buah, maka akan menimbulkan penurunan kualitas buah melalui reaksi pada fase cair, sehingga tidak dianjurkan untuk penggunaan $KMnO_4$ secara langsung. Oleh sebab itu, untuk mengatasi masalah ini perlu adanya material pembawa yang dapat mengikat $KMnO_4$ sehingga dapat digunakan secara aman terhadap buah, salah satunya adalah karbon arang yang terbuat dari limbah cangkang kemiri. Sebelumnya $KMnO_4$ dipadukan dengan arang tempurung kelapa dengan bentuk seperti pellet (Sholihati, 2004), selain itu juga dipadukan dengan zeolit (Jannah, 2008) dan tanah liat (Hasibuan dan Widodo, 2017). Sehingga pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan tempurung kemiri yang dicampur dengan kalium permanganate ($KMnO_4$) yang digunakan sebagai material pengoksidasi etilen untuk memperlambat proses oksidasi buah yang akan diekspor.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Desember 2019 sampai dengan Maret 2020 di Laboratorium Pangan Terpadu Universitas Teknologi Sumbawa dan Laboratorium Kimia Analitik Universitas Mataram.

2.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan alat berupa drum yang telah didesign sendiri, cawan porselen, ayakan, gelas ukur, gelas piala, pengaduk, timbangan digital, dan piring kecil. Sedangkan bahan utama dalam penelitian ini berupa tempurung kemiri yang diperoleh dari Desa Batu Dulang, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Selain itu juga digunakan kalium permanganat ($KMnO_4$) sebagai bahan aktif dan juga aquadest.

2.3 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, dilakukan melalui 3 tahap utama diantaranya adalah dengan melakukan proses karbonisasi cangkang kemiri dengan menggunakan drum yang telah didesign sebagai alat pirolisis. Setelah arang terbentuk, kemudian dilakukan pembuatan *beads composite* yang dilakukan dengan proses pegayakan arang tempurung kelapa dengan ukuran 100 mesh. Selanjutnya $KMnO_4$ sudah disiapkan kemudian dicampurkan ke dalam *beads* dengan

variasi yang telah ditentukan, yaitu 15 gram, 30 gram, dan 45 gram. Pencampuran dilakukan dengan cara pelarutan KMnO_4 dengan beads menggunakan pelarut 100 ml aquadest. Setelah *beads composite* selesai dibuat dilakukan proses pengkarakterisasian untuk mengetahui sifat kimia dan fisik *beads composite*.

2.4 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan perancangan penelitian Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan satu jenis perlakuan yaitu konsentrasi bahan pengisi *beads composite* kalium permanganat (KMnO_4). Pada penelitian ini, variabel tetap adalah massa arang tempurung kemiri yaitu 50 gram, variabel bebas adalah variasi berat KMnO_4 yaitu 15 gram, 30 gram dan 45 gram, sedangkan variabel terikat yang diamati adalah karakteristik sifat kimia-fisika *beads composite*, yang meliputi kadar air dan kadar abu. Setelah itu akan dianalisis untuk mendapatkan hasil terbaik, kemudian hasil terbaik akan diuji efektivitas serapan etilennya. Pengulangan perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 9 unit percobaan. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan (*benchmark*) dengan nilai arang aktif teknis sesuai SNI 06-3730-1995.

Hasil dari penelitian ini kemudian dianalisis dengan menggunakan *Software* statistik seperti SPSS 16 yaitu *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf angka sebesar 5%. Apabila ditemukan hasil dengan ketentuan beda nyata, maka penelitian harus dilartukan dengan uji selanjutnya, yaitu uji duncan.

2.5 Analisis dan Pengamatan

2.5.1 Uji Kadar Air

Pada penelitian ini dilakukan terhadap uji kadar air didapat melalui proses menghaluskan sampel *beads composite* kemudian ditimbang sebanyak 1 gram dan ditaruh di cawan porselen. Selanjutnya cawan porselen dipanaskan dalam oven yang memiliki suhu 102-105°C selama 30 menit. Setelah itu sampel dikeluarkan dan ditimbang kembali sesuai prosedur uji proksimat AOAC 2010.

2.5.2 Uji Kadar Abu

Untuk uji kadar abu dilakukan dengan perlakuan sebagai berikut: mengoven cawan porselin yang kosong. Selanjutnya cawan porselen yang sudah dikeluarkan dari oven ditimbang untuk mengetahui bobot cawan kosong. Kemudian sampel yang telah digerus ditimbang dengan betar 1 gram yang kemudian dimasukkan kedalam cawan porselin dan ditimbang. Setelah itu sampel dioven dengan menggunakan oven pada suhu 550-600°C selama 24 jam atau sampai pengabuan sempurna. Setelah itu cawan porselin dikeluarkan dengan menggunakan penjepit dan ditimbang sesuai dengan prosedur uji proximat AOAC 2010.

2.5.3 Efektivitas Serapan Etilen

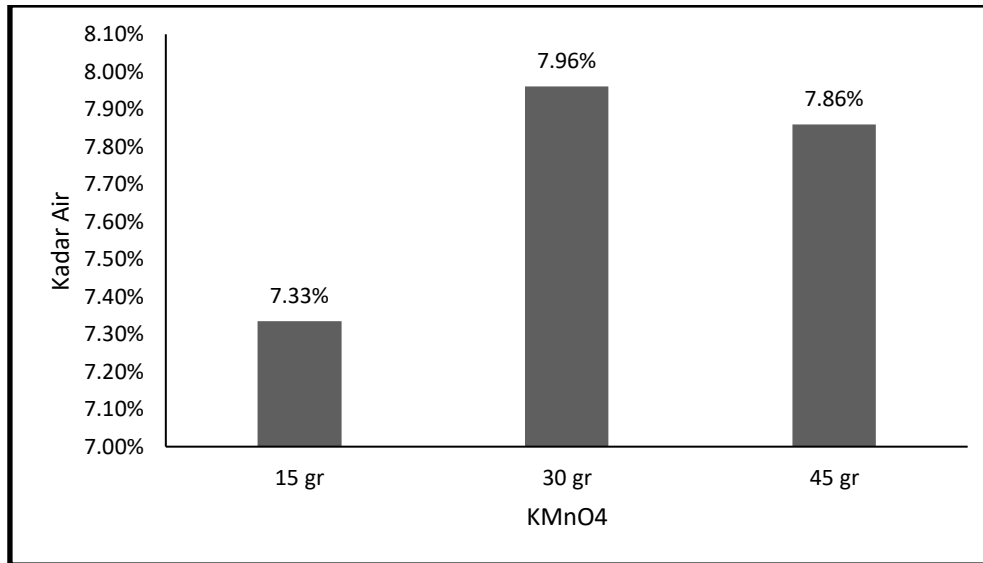
Uji serapan etilen dilakukan dengan menaruh buah yang dalam masa pematangan dan *beads composite* di dalam wadah tertutup. Pemisahan sampel buah di dalam wadah tertutup dilakukan karena diketahui bahwa senyawa etilen bisa mempengaruhi dan mengganggu lama penyimpanan terhadap buah yang disimpan untuk kepentingan pengiriman dan ekspor. Pengaruh tersebut berupa percepatan pematangan buah sebelum waktu yang diharapkan (Susanto, 2006). Setelah itu didiamkan selama 7 hari atau selama masa pematangan buah. Kemudian efektivitas penyerapan akan diketahui dari massa *beads composite* sebelum dan sesudah masa pematangan. Adapun jenis buah yang dipakai dalam penelitian ini untuk uji serapan etilen adalah buah pisang kepok (*Musa acuminata*). Pada penelitian ini, dipilih pisang kepok yang tidak terlalu masak atau tingkat kematangan buah 80%. Hal tersebut bertujuan agar aktivitas etilen dapat tercatat dengan baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Karakteristik Kimia Kadar Air

Menurut Napitupulu (2013), kadar air dalam sebuah bahan merupakan kandungan air yang terkandung dalam suatu bahan tersebut. Pada penelitian ini, kadar air sendiri merupakan faktor penting yang digunakan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang. Sifat higroskopis sangat mempengaruhi kemampuan adsorpsi arang, karena molekul air pada arang dapat menutupi permukaan pori. Sehingga

dapat dinyatakan bahwa semakin baiknya sifat hidroskopis dalam arang tersebut ditandai dengan kandungan air yang semakin rendah. Adapun hasil pengujian kadar air terdapat pada Gambar 1.



Gambar-1. Diagram hasil uji pengaruh massa KMnO terhadap kadar air

Pada penelitian ini terlihat hasil uji kadar air terhadap kandungan KMnO₄ 15 gram didapatkan kadar air sebesar 7,33%. Lalu untuk kadar air dengan perlakuan 30 gram KMnO₄ didapatkan kadar air sebesar 7,96%. Kemudian kadar air untuk perlakuan KMnO₄ 45 gram didapatkan kadar air 7,86%. Berdasarkan Gambar 1 di atas terlihat kadar air arang aktif terlihat sangat sedikit perbedaan yang signifikan terjadi. Kadar air terendah dimiliki oleh perlakuan KMnO₄ 15 gram. Kemudian yang tertinggi adalah perlakuan dengan KMnO₄ 30 gram dan berbeda sedikit sebelum itu perlakuan KMnO₄ 45 gram.

Data tersebut menyatakan, kadar KMnO₄ yang ditambahkan ke arang, tidak berpengaruh besar terhadap kadar air *beads composite*. Perbedaan kadar air juga dipengaruhi oleh perlakuan sebelum sampel diuji seperti saat penjemuran atau pengiriman sampel. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kandungan air yang ada di udara juga mempengaruhi kadar air dalam karbon. Selain itu hal yang berpengaruh terhadap kadar air antara lain adalah proses pendinginan, proses penggilingan dan juga pengayakan (Hendraway, 2003). Berdasarkan hasil uji kadar air ini, ketiga perlakuan KMnO₄ semuanya memenuhi standar SNI 06–3730-1995.

Pada tahap pengujian konsentrasi KMnO₄ terhadap kadar air *beads composite* arang tempurung kemiri dengan KMnO₄, dilakukan uji analisa ragam (ANOVA) yang menunjukkan nilai P-value (0,222) > nilai α (0,05) dengan demikian dapat disimpulkan bahwa konsentrasi KMnO₄ yang berbeda-beda tidak dapat berpengaruh terhadap kandungan kadar air *beads composite*. Berdasarkan hasil uji ANOVA kadar air diatas, maka tidak diperlukan untuk melakukan uji lanjut Duncan.

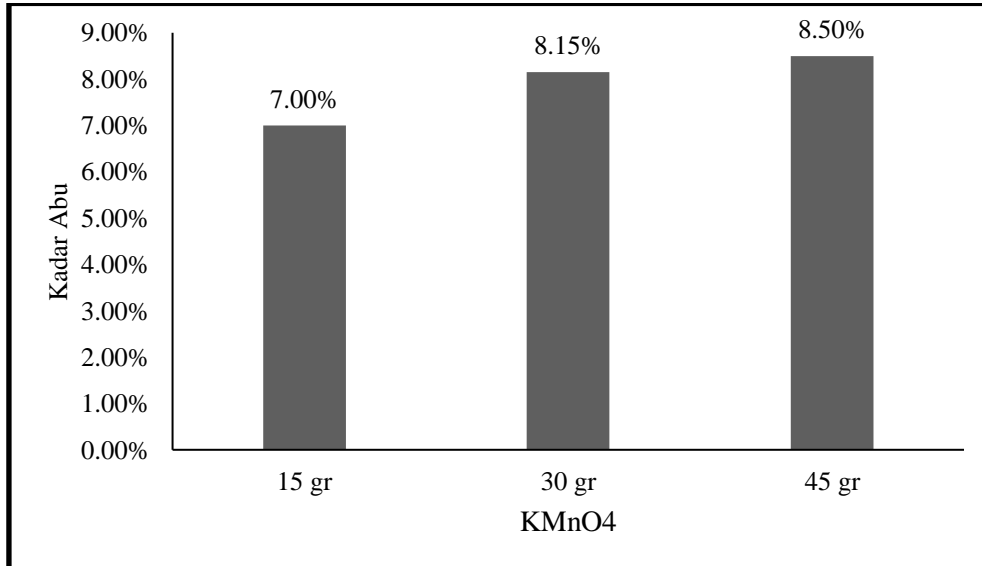
3.2 Kadar Abu

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, perbandingan kadar abu dari masing-masing konsentrasi KMnO₄ dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.

Pada Gambar 2 terlihat semakin banyak berat KMnO₄ yang ditambahkan sebagai bahan penyusun *beads composite*, semakin besar kadar abu komposit tersebut. Hal tersebut diakibatkan KMnO₄ memiliki zat penyusun berupa kalium. Kalium merupakan senyawa anorganik yang tidak terbakar, sehingga semakin banyak KMnO₄ yang ditambahkan, nilai kadar abu akan semakin meningkat. Peningkatan kadar abu kemungkinan disebabkan karena adanya garam-garam mineral ketika dilakukan proses karbonisasi atau pengarangan yang apabila dilakukan proses lanjut, maka akan terbentuk partikel-partikel kecil atau sangat halus. Hasil ini terjadi kemungkinan disebabkan karena adanya kandungan mineral yang notabene telah terdapat di dalam biomassa pembuatan karbon tersebut (Fauziah, 2009).

Hasil pengujian kadar abu *beads composite* arang tempurung kemiri dan KMnO₄ seperti yang tertera pada Gambar 2. Nilai kadar abu terkecil berasal dari perlakuan penambahan KMnO₄ sebesar 15 gram, yaitu menghasilkan kadar abu 7%. Selanjutnya yang lebih besar setelahnya adalah perlakuan dengan

penambahan KMnO_4 30 gram, menghasilkan nilai kadar abu sebesar 8,15%. Sedangkan nilai kadar abu tertinggi berasal dari perlakuan dengan penambahan KMnO_4 45 gram, menghasilkan kadar abu senilai 8,5%. Ketiga hasil kadar abu *beads composite* arang tempurung kemiri dengan KMnO_4 ini, dimana hasil ini sudah memenuhi standar arang aktif secara teknis berdasarkan SNI 06–3730-1995.



Gambar-2. Pengaruh penambahan KMnO_4 terhadap kadar abu

Hasil analisis ragam (ANOVA) pada konsentrasi KMnO_4 terhadap kandungan kadar abu *beads composite* arang tempurung kemiri dengan KMnO_4 menunjukkan nilai P-value (0,000) < nilai α (0,05) dengan demikian dapat disimpulkan bahwa konsentrasi KMnO_4 yang berbeda-beda berpengaruh terhadap kandungan kadar abu *beads composite*. Berdasarkan hasil uji ANOVA kadar abu di atas, maka diperlukan untuk melakukan uji lanjut Duncan untuk melihat pengaruh dari masing-masing KMnO_4 terhadap kadar abu *beads composite*. Adapun hasil uji lanjut Duncan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel-1. Hasil Uji Lanjut Duncan Kadar Abu *Beads Composite*

PK	N	Subset	
		1	2
15	3	7.00	
30	3		8.16
45	3		8.50
Sig.			.062

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 1, perlakuan penambahan KMnO_4 sebanyak 15 gram pada arang tempurung kemiri berbeda nyata dengan penambahan KMnO_4 30 gram dan 45 gram. Sedangkan penambahan KMnO_4 30 gram tidak berbeda nyata dengan penambahan KMnO_4 45 gram. Selain itu, peningkatan kadar abu dihasilkan karena adanya kemungkinan terjadi proses oksidasi selama proses karbonisasi berlangsung (Fansiah, 2009). Sedangkan diketahui bahwa adanya penurunan kadar abu disebabkan kemungkinan karena adanya kandungan bahan aktivator dan gas yang menandung mineral dalam abu itu sendiri seperti adanya natrium, kalium, kalsium dan magnesium yang dapat menyebar hingga sel-sel arang aktif, dan menyebabkan kinerja arang aktif juga menurun (Hendra, 2007).

3.3 Uji Karakteristik Fisika

3.3.1 Efektivitas Serapan Etilen

Adapun hasil efektivitas serapan etilen dari hasil analisis karakteristik kimia terbaik, yaitu kadar KMnO_4 15 gram, dapat diketahui melalui perubahan bobot *beads composite* seperti pada Tabel 2.

Tabel-2. Hasil Uji Efektivitas Serapan Etilen *Beads Composite*

Berat (gr)		Serapan etilen (%)
Awal	Akhir	
11,319	12,010	6,1

Pada saat hari pertama pengujian, *beads composite* KMnO_4 15 gram tampak berwarna hitam pekat dengan permukaannya yang tidak rata. Sedangkan pisang berwarna hijau tua. Setelah hari terakhir pengamatan, terjadi beberapa perubahan fisik dari sampel, diantaranya pada permukaan *beads composite* ada lapisan selaput halus berwarna putih seperti kapas. Kemudian warna buah pisang juga berubah menjadi kuning kecokelatan. Sedangkan pada permukaan wadah bagian dalam terdapat butiran air. Selain itu, bobot *beads composite* juga berubah seperti pada Tabel 2.

Hasil penelitian yang dilakukan memperlihatkan perubahan warna untuk bahan penyerap yang mengandung KMnO_4 dari ungu ke coklat selama proses penyerapan berlangsung. Perubahan warna yang terjadi disebabkan karena adanya reaksi yang mengakibatkan terbentuknya ion MnO^{2-} hal ini mengidentifikasi kapasitas penyerapan yang tersisa. Dengan adanya perubahan warna ini juga memperlihatkan bahwa penempelan ion MnO^{2-} yang menyebabkan penutupan permukaan bahan penyerap sehingga tidak lagi dapat menyerap etilen selanjutnya (Ahvenainen, 2003). Dengan adanya perubahan bobot dari *beads composite* kemungkinannya disebabkan karena adanya kejenuhan pada bagian pellet yang digunakan menyerap senyawa etilen, sehingga terjadi juga endapan mangan dioksida tersebut. Dengan adanya mangan dioksida yang menempel tersebut mengakibatkan sumbatan pada pori-pori adsorben, sehingga etilen tidak lagi dapat diserap. Mangan dioksida yang menempel pada adsorbent ditandai dengan adanya warna putih kecokelatan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pramudianti (2014), dimana dalam penelitiannya menghasilkan mekanisme penyerapan etilen mirip dengan proses adsorpsi etilen. Dimana pada proses penyerapan etilen oleh arang aktif terjadi melalui tiga tahap, antara lain adalah terjadi penyerapan zat pada arang bagian luar, lalu etilen bergerak menuju pori-pori arang, selanjutnya terjadi penyerapan ke dinding bagian dalam arang. Hal ini sejalan dengan pengertian adsorpsi oleh Reynold (2012) yang menyatakan bahwa penyerapan merupakan peristiwa penempelan partikel di permukaan adsorbent karena adanya perbedaan muatan yang lemah antara keduanya, dan selanjutnya mengakibatkan terjadinya pembentukan lapisan tipis partikel halus yang terdapat pada permukaan adsorbent tersebut.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian terlihat bahwa proses penambahan berbagai variasi KMnO_4 pada *beads composite* arang tempurung kemiri dan KMnO_4 tidak terlalu memperlihatkan efek pada kadar air bahan. Kadar air *beads composite* kemungkinan dipengaruhi oleh perlakuan sampel sebelum diuji antara lain adalah proses pendinginan, proses penggilingan dan juga pengayakan. Penambahan KMnO_4 berpengaruh terhadap nilai kadar abu dari *beads composite* arang tempurung kemiri dan KMnO_4 . Secara umum, Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kadar air dan abu yang terbaik didapatkan pada jumlah penambahan senyawa KMnO_4 pada 15 gram yaitu 7,33% dan 7% berturut-turut. Hasil ini memperlihatkan bahwa produk *beads composite* sudah memenuhi standar SNI 06-3730-1995. Untuk efektivitas serapan terhadap senyawa etilen, *beads composite* yang dihasilkan ini membutuhkan 15 gram KMnO_4 untuk penyerapan terbaik etilen sebesar 6,1%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahvenainen R. (2003). Novel Food Packaging Techniques. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited.
- Amrullah, S., Rahayu, T.E.P.S, Oktaviananda, C. (2020). Potensi Penerapan Konsep Ekologi Industri Untuk Mengatasi Limbah Peternakan Dan Pertanian Kelompok Tani. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*. 2 (2), 1-10.
- Fansiah.N. N. (2009). Pembuatan Arang Aktif secara Langsung dari Kulit Accacia Mangium Will dengan Aktivitas dan Aplikasinya Sebagai Adsorben. *Bogor: Fakultas Kehutanan IPB*.

- Fauziah, N. (2009). Pembuatan Arang Aktif Secara Lagsung dari Kulit Acasia Mangium Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya Sebagai Adsorben. *Skripsi tidak diterbitkan. Bogor: IPB.*
- Hendra, D. (2007). Pembuatan arang aktif dari limbah pembalakan kayu puspa dengan Teknologi Produksi Skala Semi pilot. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan*, 25(4), 291-302.
- Hendraway, A. (2003). Influence of HNO₃ Oxidation on the Structure and Adsorptive Propertis Of Corncob-Based Actived Carbon. *UK: Elsevier.*
- Jannah, U.F. (2008). Pengaruh Bahan Penyerap Larutan Kalium Permanganat terhadap Umur Simpan Pisang Raja Bulu [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kateren, S. (2016). Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak. *Jakarta: Universitas Indonesia Press.*
- Hasibuan, E.P. & Widodo, W.D. (2017). Pengaruh Aplikasi KMnO₄ dengan Media Pembawa Tanah Liat terhadap Umur Simpan Pisang Mas (Musa sp AA Group.). *Bul. Agrohorti*, 3 (3) : 387 – 394.
- Meilita, T. S. (2013). Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). *Skripsi. Fakultas Teknik. Medan: Universitas Sumatera Utara.*
- Napitupulu B. (2013). Kajian Beberapa Bahan Penunda Kematangan Terhadap Mutu Buah Pisang Barangan Selama Penyimpanan. *J. Hort.*, 23(3), 263-273.
- Sholihati. (2004). Kajian Penggunaan Bahan Penyerap Etilen Kalium Permanganat untuk Memperpanjang Umur Simpan Pisang Raja (Musa paradisiaca var. Sapientum L.) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Soesanto L. (2006). Penyakit Pascapanen. *Yogyakarta (ID): Kanisius.*
- Sudrajat, R. (2015). Pembuatan arang aktif dari tempurung biji jarak pagar. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 23(2), 143- 162.