# PEMANFAATAN CANGKANG KELAPA SAWIT DALAM PEMBUATAN BRIKET DENGAN PENAMBAHAN PELEPAH KELAPA SAWIT

## Utilization Of Oil Palm Shell Into Briquettes With The Addition Of Palm Midrib

Leo Candra Wiranata[1], Faizah Hamzah[2] and Fajar Restuhadi[3]
Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau Indonesia
Kode Pos 28293 leo.candra@unri.ac.id

## ABSTRACT

Briquettes is one of the renewable energy alternatives that have uniformity of size, shape, density, and energy content. The purpose of this study was to examine the characteristics of briquettes consisting of a mixture of shells and midrib, and to determine the composition of the raw materials that can produce a briquettes with the best quality. The raw materials used were a mixture of shells and midrib with the proportion of 90%:10%, 80%: 20%%, 70%: 30%, 60%: 40%, and 50%: 50%. Types of tests performed on briquettes include crushing strength, moisture content, volatile matter, ash content, carbon bonded, and calorific value. The results of the tests showed briquettes crushing strength 3,54-6,07 kg/cm2, moisture content 3,24-4,14%, volatile matter 11,55-16,61%, ash content 4,94-5,23%, carbon bonded 74,01-80,25%, and calorific value 4181,04-6122,40 kal/g. The best quality of biopelet was in the percentage of shells and fronds was 80%: 20%.

**Keywords**: Briquettes, palm shell, palm midrib, renewable energy

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Krisis energi yang menimpa Indonesia ditandai dengan semakin langkanya BBM di tengah masyarakat serta harga BBM yang merangkak naik disebabkan harga minyak dunia yang melonjak tinggi. Kenaikan ini mempengaruhi daya beli masyarakat golongan ekonomi lemah dan mengurangi kemampuan dari industri kecil yang menggunakan BBM. Penggunaan kayu bakar dan arang yang berasal dari kayu bakau menyebabkan lingkungan rusak, seperti yang kita ketahui bahwa hutan bakau dipantai merupakan habitat dari beberapa spesies laut dan merupakan daerah penyangga pantai dari ancaman abrasi. Jika hutan bakau dirusak karena penggunaan kayu sebagai arang maka sudah dapat dipastikan ancaman kerusakan ekosistem pantai dan ancaman abrasi bahkan yang lebih dahsyat adalah bencana tsunami dapat dengan mudah menghancurkan desa desa di pantai karena tidak adanya penyangga antara pantai dengan lautan.

Menurut Widarto dan Suryanta (1995), Indonesia khususnya Provinsi Riau mempunyai potensi energi biomassa yang besar termasuk limbah pertanian. Biomassa dapat berupa sisa kayu, sampah organik, jerami, cangkang sawit maupun sisa proses pertanian. Biomassa berupa limbah pertanian dapat digunakan secara langsung sebagai

1) Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Riau
2) Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Riau

sumber energi panas atau bahan bakar karena biomassa tersebut mengandung energi yang dihasilkan dalam proses fotosintesis saat tumbuhan tersebut masih hidup. Bahan bakar akan dihasilkan dari biomassa ini adalah bahan bakar yang berujud padat dan berasal dari sisa-sisa bahan organik yang telah mengalami proses pemampatan dengan daya tekan tertentu dan dikenal dengan briket.

Riau merupakan salah satu daerah di Indonesia dengan luas lahan sawit yang sangat potensial. Luas lahan perkebunan sawit di Riau hingga tahun 2011 mencapai 1,781,667 ha atau mencapai 58% dari alokasi total lahan perkebunan seluas 3,2 juta ha yang tersebar di 11 Kabupaten dan Kota. (Badan Pusat Statistik Provinsi Riau). Potensi cangkang dan pelepah sawit yang sangat besar ini belum termanfaatkan secara sempurna, sehingga energi berbasis biomassa menjadi salah satu alternatif yang tepat dalam pengolahan limbah samping pohon industri kelapa sawit ini. (anonim, 2011).

Salah satu energi berbasis biomassa adalah briket. briket adalah arang yang diperoleh dengan membakar biomassa kering dengan sedikit udara atau juga disebut karbonisasi (Johannes, 1991).

Beberapa penelitian mengenai briket dari cangkang kelapa sawit telah banyak dilakukan di beberapa daerah salah satunya adalah yang dilakukan Mulia (2007) yang mengkombinasikan cangkang kelapa sawit dan tandan kosong dengan mendapatkan karakteristik nilai bakar mencapai 5303,07 kal/gr dan kadar air serta kadar abu yang cukup tinggi sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan agar mendapatkan kombinasi bahan baku briket yang sesuai dengan karakteristik yang telah ditetapkan oleh SNI.

**Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan briket yang berkualitas dari dari cangkang sawit dengan penambahan pelepah sawit.

## BAHAN DAN METODE

**Tempat dan Waktu**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboraturium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau, Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau, serta Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Riau. Waktu penelitian enam bulan yaitu dari bulan Desember 2015 sampai Juni 2016.

**Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang kelapa sawit yang didapat dari PKS PTPN V Nusantara Sei Galuh kabupaten Kampar Provinsi Riau, pelepah sawit diambil dari kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Riau, serta tepung kanji dan air.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kiln drum, saringan, termometer, gelas ukur, ember, baskom, lesung, elpiji 3 Kg, alu, timbangan, bom kalirometer, kompor, batang pengaduk, alat press, desikator dan tanur serta cawan.

**Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen non faktorial dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan empat kali ulangan, sehingga diperoleh 20 unit percobaan sebagai berikut :

$P_1$= 90% Arang Cangkang Sawit : 10% Arang Pelepah sawit

$P_2$= 80% Arang Cangkang Sawit : 20% Arang Pelepah sawit

$P_3$= 70% Arang Cangkang Sawit : 30% Arang Pelepah sawit

$P_4$= 60% Arang Cangkang Sawit : 40% Arang Pelepah sawit

$P_5$= 50% Arang Cangkang Sawit : 50% Arang Pelepah sawit.

**Analisis Data**

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Jika F hitung lebih besar atau sama dengan F tabel maka dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple New Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%.

**Pelaksanaan Penelitian**

Menurut Hendra dan Darmawan (2000), pengarangan dilakukan dengan kiln drum modifikasi selama 5-7 jam. Untuk memudahkan proses pembakaran digunakan bahan bakar umpan yang diletakkan dibagian tengah kiln. Setelah bahan bakar umpan dinyalakan dan api menyala dengan stabil, kiln ditutup lalu cerobong asap dipasang pada bagian tengah kiln tersebut. Selanjutnya dilakukan pengaturan buka tutup lubang udara pada dinding kiln dan pembakaran terus dilakukan sampai asap yang keluar menipis dan berwarna kebiruan.

Pelepah sawit yang akan dijadikan arang terlebih dahulu dibuang daunnya dan dipotong dengan pisau kemudian dikeringkan dengan cara dijemur untuk menurunkan kadar air sehingga proses pengarangan lebih cepat, kemudian di bakar didalam kiln drum sehingga menjadi arang.

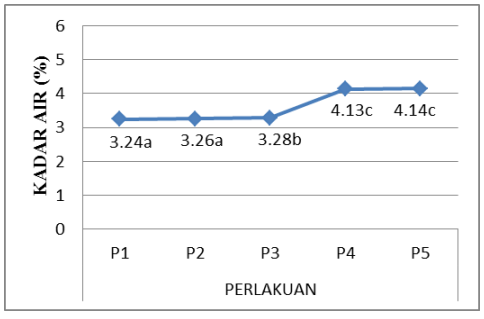
Setelah proses pengarangan, arang pelepah dan arang cangkang kelapa sawit digiling dan disaring dengan ayakan 80 mesh (Hendra, 2012)

Tepung tapioka ditimbang sebanyak 5% dari berat bahan baku per satuan briket, lalu dicampur dengan air, dengan perbandingan konsentrasi perekat dan air 1:4. Air yang dipanaskan ditambah dengan tepung tapioka kemudian dipanaskan di atas kompor hingga perekatnya merata sempurna. Arang pelepah dan arang cangkang sawit yang telah disaring kemudian dibuat briket beberapa komposisi bahan baku setelah terlebih dahulu dicampur dengan perakat kanji sebanyak 5% dari berat bahan baku per satuan briket. Masing-masing komposisi bahan baku yang telah dibuat selanjutnya dicetak dengan menggunakan alat press, bahan dimasukkan kedalam suatu tabung silinder dengan ukuran 4×5 cm kemudian pada bagian atas tabung silinder diberi alat berupa kayu sebagai pemampat yang telah disesuaikan dengan ukuran tabung selanjutnya bahan diletakkan hingga padat (Triono, 2006) Briket arang kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 60 $^0$C selama 2×24 jam. Kemudian briket diuji karakteristiknya meliputi kadar air, kadar abu dan nilai kalor (Hendra, 2012) Semua sampel perlakuan dianalisis dan dilakukan penentuan perlakuan terbaik berdasarkan analisis nilai kalor, keteguhan tekan, kadar air, kadar abu, kadar zat volatil dan karbon terikat (Hendra, 2012)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Kadar Air

Hasil kadar air dapat dilihat pada Gambar. kadar air briket berkisar antara 3,24-4,14%. kadar air tertinggi terdapat pada briket dengan komposisi pada $P_5$ (50% cangkang : 50% pelepah). Sedangkan kadar air terendah terdapat pada komposisi $P_1$ (10% cangkang : 90% pelepah). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan campuran pelepah berpengaruh nyata (taraf 5%) terhadap kadar air briket. Penambahan pelepah dapat meningkatkan kadar air briket. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kadar air briket pada campuran pelepah 10%, berbeda tidak nyata dengan kadar air briket pada campuran pelepah 20% dan 30%, tetapi berbeda nyata dengan kadar air pada campuran pelepah 40% dan 50%.

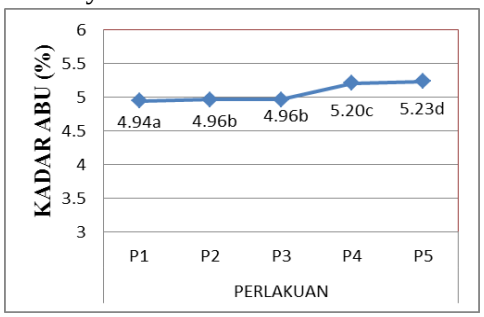


Pengujian pembakaran briket dengan komposisi pelepah sawit 50% menunjukkan nyala api yang rendah dan asap yang dihasilkan berwarna hitam (Gambar 3). Nyala api yang rendah dan asap berwarna hitam ini disebabkan oleh kadar air yang cukup tinggi, peningkatan kadar air ini diduga terjadi karena briket yang seluruh bahan bakunya berupa arang mempunyai ruang kosong atau pori-pori yang lebih kecil sebab ukuran partikelnya halus, hal ini menyebabkan air yang terikat didalam pori-pori lebih banyak dan sulit dikeluarkan. Bahan perekat juga mempengaruhi kadar air briket karena perekat pati menahan kadar air yang ada dalam sel untuk keluar (Suryani, 1996). Selain itu adanya penambahan arang pelepah kelapa sawit memberikan pengaruh nyata terhadap kenaikan kadar air briket karena pelepah kelapa sawit mempunyai kerapatan yang rendah dan memiliki kadar air yang tinggi. Triono (2006) menyatakan bahwa briket yang berasal dari bahan baku yang berkerapatan rendah memiliki kadar yang lebih tinggi daripada briket arang dengan bahan baku yang berkerapatan tinggi.

Tingginya kadar air pada briket dengan komposisi pelepah sebanyak 50% dapat dipengaruhi oleh kadar air pelepah yang lebih tinggi dibandingkan dengan cangkang. Kadar air pelepah sebesar 15.1% (Yazid dan Banun 2012), sedangkan kadar air cangkang sebesar 8.0% (Prananta 2007). Standar kadar air briket disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan standar tersebut, kadar briket pada perlakuan $P_1$, $P_2$, $P_3$, $P_4$ dan $P_5$ telah memenuhi SNI-01-6235-2000 yaitu maksimal 8%.

**Kadar Abu**

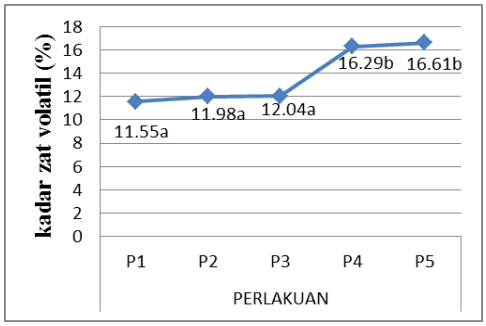
Hasil kadar abu dapat dilihat pada Gambar. Kadar abu berkisar antara 4.94%-5.23%. kadar abu tertinggi terdapat pada komposisi pada perlakuan $P_5$ (50% cangkang : 50% pelepah) sedangkan kadar abu terendah terdapat pada perlakuan $P_1$ (10% cangkang : 90% pelepah). Hasil sidik menunjukkan bahwa penambahan campuran pelepah berpengaruh nyata (taraf 5%) terhadap kadar abu briket. Penambahan pelepah dapat meningkatkan kadar abu briket. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kadar abu briket pada perlakuan $P_1$, berbeda nyata dengan kadar abu briket pada perlakuan $P_2$, $P_3$, $P_4$, dan $P_5$. Perlakuan $P_2$ dan $P_3$ berbeda nyata dengan perlakuan $P_4$ dan $P_5$, Perlakuan $P_4$ berbeda nyata dengan perlakuan $P_5$ tetapi pada perlakuan $P_2$ dan $P_3$ berbeda tidak nyata.




Peningkatan kadar abu pada briket dengan penambahan konsentrasi arang pelepah disebabkan oleh tingginya komponen abu pada pelepah. Pelepah mempunyai komponen abu yang lebih tinggi dibandingkan dengan cangkang. Komponen abu pada pelepah sebesar 2.6% (Yazid dan Banun 2012), sedangkan komponen abu pada cangkang sebesar 0.6% (Prananta 2007). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada perlakuan $P_1$, $P_2$ dan $P_3$ masih sesuai dengan SNI-01-6235-2000 yaitu sebesar 8%, akan tetapi pada perlakuan $P_4$ dan $P_5$ sudah melebihi standar yang ditetapkan.

## Zat Volatil

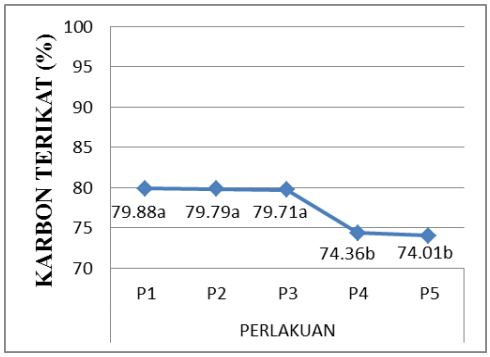
Hasil kadar zat volatil dapat dilihat pada Gambar. Kadar zat volatil berkisar antara 11.55%-16.61%. kadar zat volatil tertinggi terdapat pada komposisi pada perlakuan $P_5$ (50% cangkang : 50% pelepah) sedangkan kadar zat volatil terendah terdapat pada perlakuan $P_1$ (10% cangkang : 90% pelepah). Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan campuran pelepah berpengaruh nyata (taraf 5%) terhadap kadar zat volatil briket. Penambahan pelepah dapat meningkatkan kadar zat volatil briket. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kadar zat volatil briket pada campuran pelepah 10%, berbeda tidak nyata dengan kadar zat volatil briket pada campuran pelepah 20% dan 30%, tetapi berbeda nyata dengan kadar zat volatil pada campuran pelepah 40% dan 50%.




Triono (2006) menyebutkan Tinggi rendahnya kadar zat menguap pada briket arang diduga disebabkan oleh kesempurnaan proses karbonisasi dan juga dipengaruhi oleh waktu dan suhu pada proses pengarangan, Semakin besar suhu dan waktu pengarangan maka semakin banyak zat menguap yang terbuang. Kadar zat volatil yang tinggi dipengaruhi oleh zat ekstrakif, hemiselulosa, dan air yang mudah menguap saat pembakaran pada suhu tinggi (Fuwape dan Akindele 1997). Semakin tinggi kadar zat ekstraktif dan kadar air, maka kadar zat terbangnya akan semakin tinggi. Meningkatnya kandungan zat volatil dengan penambahan konsentrasi pelepah pada penelitian ini disebabkan Kandungan zat ekstrakrif pelepah lebih tinggi dibandingkan cangkang yaitu 13.84% (Yazid dan Banun 2012), sedangkan cangkang mengandung zat ekstraktif dan kadar air sebesar 4.2% (Prananta 2007). Briket yang memiliki kadar zat volatil yang tinggi akan menimbulkan asap lebih banyak pada saat dinyalakan dibandingkan dengan briket yang memiliki kadar zat terbang yang rendah (Hendra 2012). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada perlakuan $P_1$, $P_2$, dan $P_3$ kadar zat volatil masih dibawah standar maksimum tetapi pada perlakuan $P_4$ dan $P_5$ telah melebihi maksimum standar yang telah ditetapkan SNI-01-6235-2000 yaitu sebesar 15%

## 4.4. Karbon Terikat

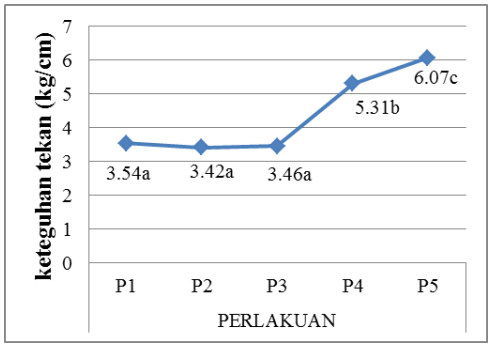
Hasil karbon terikat disajikan pada Gambar. Kadar karbon terikat briket berkisar antara 74,01- 79,88%. Karbon terikat tertinggi terdapat pada perlakuan $P_1$ dengan persentase campuran pelepah 10%, sedangkan karbon terikat terendah terdapat pada briket pada $P_5$ dengan persentase campuran pelepah 50%. Semakin besar persentase campuran pelepah, maka kadar karbon terikat akan semakin menurun. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan campuran pelepah berpengaruh nyata (taraf 5%) terhadap kadar karbon terikat briket. Penambahan pelepah dapat menurunkan kadar karbon terikat briket. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa kadar karbon terikat briket pada campuran pelepah 10%, berbeda tidak nyata dengan kadar karbon briket pada campuran pelepah 20% dan 30%, tetapi berbeda nyata dengan kadar karbon terikat pada campuran pelepah 40% dan 50%.




Kadar karbon terikat berbanding terbalik dengan kadar zat volatil. Hendra dan Darmawan (2002) menyatakan semakin besar kadar zat terbang, maka akan menurunkan kadar karbon terikat. Briket dengan komposisi campuran pelepah 10% mempunyai kadar karbon terikat yang tertinggi dan briket dengan campuran pelepah 50% mempunyai kadar karbon terikat terendah. Hal ini dapat terjadi karena ada penambahan konsentrasi pelepah sawit yang mana penambahan konsentrasi dapat meningkatkan zat volatil. sehingga semakin meningkat zat volatil maka kadar karbon terikat akan semakin menurun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada semua perlakuan kadar karbon terikat masih sesuai dengan standar yang telah ditetapkan SNI-01-6235-2000 yaitu minimal 70%.

## Keteguhan tekan

Hasil uji keteguhan tekan disajikan pada Gambar. Keteguhan tekan briket berkisar antara 3,54 kg/cm$^2$-6,07kg/cm$^2$. nilai keteguhan tekan tertinggi terdapat pada perlakuan $P_5$ dengan persentase campuran pelepah 50%, sedangkan nilai keteguhan tekan terendah terdapat pada briket pada $P_1$ dengan persentase campuran pelepah 10%. Semakin besar persentase campuran pelepah, maka nilai keteguhan tekan akan semakin meningkat. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan campuran pelepah berpengaruh nyata terhadap nilai keteguhan tekan briket. Penambahan pelepah dapat meningkatkan daya tekan briket. Uji lanjut Duncan (Lampiran 8c) menunjukkan bahwa nilai keteguhan tekan briket pada campuran pelepah 10%, berbeda tidak nyata pada campuran pelepah 20% dan 30%, tetapi berbeda nyata dengan campuran pelepah 40% dan 50%.

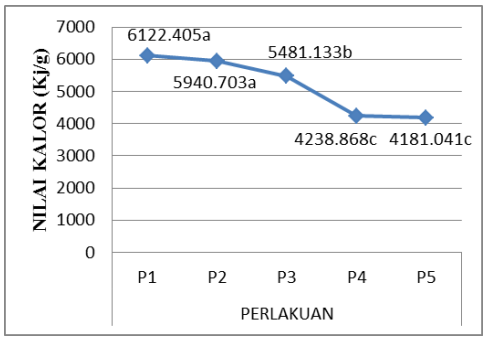



Peningkatan nilai keteguhan tekan disebabkan oleh adanya kandungan lignin pada pelepah yang berperan sebagai perekat, sehingga semakin besar persentase penambahan pelepah sawit maka keteguhan tekan akan semakin meningkat. lignin merupakan jaringan polimer yang berfungsi merekatkan serat selulosa sehingga menjadi kaku (Mohammad, 2007). Struktur dan gugus kimia lignin dapat dilihat pada Gambar 7. pada saat pembakaran hingga suhu mencapai 500$^0$ C lignin masih terbentuk karena struktur dan ikatan lignin terdiri dari ikatan rangkap dan rantai benzen yang sukar putus sehingga tahan terhadap thermal, hal ini menjadikan arang pelepah sawit masih memiliki senyawa lignin didalamnya yang bersifat sebagai perekat (Puspita dan Ardhyananta, 2007).

## Nilai Kalor

Hasil nilai kalor disajikan pada Gambar. Nilai kalor briket berkisar antara 4181.041-6122.405 Kj/gr. nilai kalor tertinggi terdapat pada perlakuan $P_1$ dengan persentase campuran pelepah 10%, sedangkan nilai kalor terendah terdapat pada briket pada $P_5$ dengan persentase campuran pelepah 50%. Semakin besar persentase campuran

pelepah, maka nilai kalor akan semakin menurun. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan campuran pelepah berpengaruh nyata (taraf 5%) terhadap nilai kalor briket. Penambahan pelepah dapat menurunkan nilai kalor briket. Uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa nilai kalor briket pada campuran pelepah 10%, berbeda tidak nyata dengan kadar karbon briket pada campuran pelepah 20%, tetapi berbeda nyata dengan kadar karbon terikat pada campuran pelepah 30%, 40% dan 50%.




Onu dkk (2010) menyatakan bahwa semakin tinggi kadar air dan kadar abu maka nilai kalor akan semakin rendah. Hendra dan Winarni (2003) menyatakan Semakin tinggi kadar karbon terikat, maka nilai kalor akan semakin tinggi. Gambar menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi penambahan arang pelepah sawit maka nilai kalor briket cenderung semakin menurun. hal ini disebabkan kadar air dan kadar abu pelepah sawit yang lebih tinggi dan kadar karbon terikat yang lebih rendah. briket dengan campuran pelepah lebih mempunyai kadar air dan kadar abu yang tinggi dan kadar karbon terikat yang rendah, sehingga nilai kalor yang dihasilkan akan rendah. Selain itu penurunan nilai kalor briket dengan penambahan pelepah sawit ini juga diakibatkan oleh nilai kalor pelepah sawit yang rendah, nilai kalor pelepah berkisar 157195 Kj/kg sedangkan cangkang kelapa sawit lebih tinggi yaitu berkisar 200937 Kj/kg (Goenadi, 2005). Pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada perlakuan $P_1$, $P_2$, dan $P_3$ masih sesuai dengan standar yang telah ditetapkan tetapi pada perlakuan $P_4$ dan $P_5$ nilai kalor tidak mencapai kriteria SNI-01-6235-2000 yaitu minimal 5000 kal/gr

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa : Penambahan pelepah sawit memberikan pengaruh yang nyata P(≤0.05) terhadap kadar air, kadar abu, kadar zat volatil, karbon terikat, nilai kalor, dan keteguhan tekan briket.Penambahan pelepah sawit menghasilkan kadar air, kadar abu dan kadar zat volatil serta keteguhan tekan meningkat, tetapi nilai kadar karbon terikat dan nilai kalor mengalami penurunan.

Perlakuan tepilih pada penelitian ini adalah perlakuan $P_2$ (80%cangkang :20% pelepah). Dengan karakteristik kadar air sebesar 3,26%, kadar abu 4,96%, kadar zat volatil 11,98%, karbon terikat 79,79%, nilai kalor 5940,70 kal/g, dan keteguhan tekan sebesar 3,42 kg/cm2.

## DAFTAR PUSTAKA


Anonim. 2011. **Pemanfaatan limbah tanaman kelapa sawit sebagai bahan baku pulp dan kertas**. www.balitbangsumut.go.id. Diakses pada tanggal 20 oktober 2015.

Badan Pusat Statistik Provinsi Riau. 2010. **Pabrik kelapa sawit (PKS) Provinsi Riau**. www. Riau.bps.go. diakses pada tanggal 26 agustus 2015.

Goenadi, D. H, Wayan, R, S, dan Isroi. 2005. **Pemanfaatan produk samping kelapa sawit sebagai**

**sumber energi alternatif terbarukan**. www.isroi.wordpress.com

Hendra, D. 2012. **Rekayasa Pembuatan Mesin Pellet dan Pengujian Hasilnya.** Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 30(2): 144-154

Hendra, D., dan darmawan, S. 2000. **Pembuatan briket arang dari serbuk gergajian dengan penambahan tempurung kelapa**. *Bul. Penelitian Hasil* Hutan 18:1-9

Johannes, H. 1991. **Menghemat kayu bakar dan arang kayu untuk memasak di pedesaan dengan briket bioarang**. UGM press. Yogyakarta

Mulia, A. 2007. **Pemanfaatan tandan kosong dan cangkang kelapa sawit sebagai briket arang**. Tesis Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara.

Onu, F., Sudarja, Rahman. 2010. **Pengukuran nilai kalor bahan bakar briket arang kombinasi cangkang pala (*Myristica fragan Houtt*) dan limbah sawit (*Elaeis guineensis*, Jacq).** Seminar Nasional Teknik Mesin UMY 2010; Yogyakarta, Indonesia.

Prananta, J. 2007. **Pemanfaatan sabut dan tempurung kelapa serta cangkang sawit untuk pembuatan asap cair sebagai pengawet makanan alami** skripsi. Universitas Malikusaleh Lhokseumawe.

Tano, E. 1997. **Pedoman Membuat Perekat Sintetis**. Jakarta : Rineka Putra.

Triono, A. 2006. **Karakteristik briket arang dari campuran serbuk gergajian kayu Afrika (*maesipsus emili*) dan sengon (*parasserianthis falcataria*) dengan penambahan tempurung kelapa (*cocos nucifera l*).** skripsi. Institut Pertanian Bogor.

Widarto dan Suryanta. 1995. **Membuat bioarang dari kotoran lembu.** Yogyakarta: Penebar Swadaya.

Yazid., Banun, D.P. 2012. **Studi Fisik dan Mekanik Parenkhim Pelepah Daun Kelapa Sawit Untuk Pemanfaatan Sebagai Bahan Anyaman.** Agrointek. 6(1): 36-4