

DOI: doi.org/10.21009/0305020230

FISIKA TENTANG PENGARANGAN TEMPURUNG KELAPA DAN ASAP CAIR

Dewanto Kamas Utomo^{1,a)}, Dona Mustika^{1,b)}, Lilik Hendrajaya^{2,a)}

¹Magister Pengajaran Fisika ITB, Jl.Ganesha 10, Bandung 40132

²Fisika Bumi dan Sistem Kompleks ITB, Jl.Ganesha 10, Bandung 40132

^{a)} Email: ^{1,a)}dewantokamasutomo@gmail.com, ^{2,a)}dona.phys@gmail.com, ^{2,a)}lilik.hendrajaya@gmail.com

Abstrak

Kelapa merupakan tanaman yang dapat dimanfaatkan diseluruh bagian seperti pada sabut, tempurung, air dan daging. Salah satu pemanfaatan tersebut adalah briket dan uap cair yang merupakan hasil pengolahan dari tempurung kelapa. Proses pengolahan briket dan asap cair dapat dikaji secara fisika yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai bahan ajar fisika. Metode analisis dan pengamatan mengenai pengolahan tempurung kelapa dilakukan di PT. Tropica Nuficera Industry Yogyakarta. Dalam hal ini, telah dianalisis beberapa konsep fisika pada proses pengolahan briket dan asap cair. Konsep fisika yang dikaji adalah termodinamika, perpindahan panas, gaya dan tekanan.

Kata-kata kunci: tempurung kelapa, briket, asap cair, fisika.

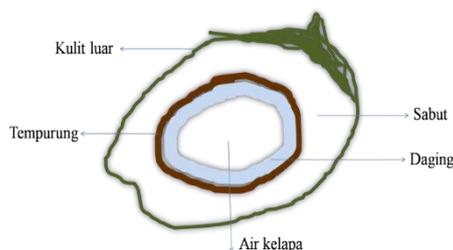
Abstract

E Coconut is a plant that can be used in all parts of a case on husks, shells, water and meat. One of these is the utilization of briquettes and smoke liquid which is the result of the processing of coconut shells. The processing of briquettes and liquid smoke can be studied in physics that can then be used as teaching materials physics. Methods of analysis and observations regarding the processing of coconut shell is done in PT. Tropica Nuficera Industry Yogyakarta. In this case, it has analyzed some physics concepts in the processing briquettes and liquid smoke. Physics concepts are thermodynamics, heat transfer, force and pressure.

Keywords: Coconut shell, briquettes, liquid smoke, physics.

1. Pendahuluan

Buah kelapa tersusun atas bagian kulit luar (*epicarp*), sabut (*mesocarp*), tempurung (*endocarp*), daging buah (*endosperm*) dan air kelapa. Bagian penyusun ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagian-bagian kelapa.

Manfaat dari buah kelapa yang paling banyak digunakan selama ini hanyalah bagian air dan daging buah. Sedangkan limbahnya seperti serabut dan tempurung sering dijadikan sebagai bahan bakar kayu. Oleh karena itu, manfaat tanaman kelapa begitu banyak, bahkan orang Asia dan Polinesia menamakan Kelapa sebagai "Pohon Kehidupan" [1].

Namun dengan perkembangan teknologi terbaharukan, limbah-limbah tersebut dapat diolah sehingga memberikan manfaat yang lebih besar. Salah satu pemanfaatan limbah tempurung kelapa dapat dijadikan asap cair dan briket. Asap cair (*liquid smoke*) yang dihasilkan dari tempurung kelapa merupakan hasil pengembunan (kondensasi) dari uap/asap hasil pirolisis tempurung kelapa. Sedangkan briket yang dihasilkan dari tempurung kelapa merupakan hasil pengarangan dari proses karbonisasi yang dikeringkan, digerus, direkatkan dengan perekat dan dikeringkan kembali sehingga menghasilkan kerapatan yang tinggi dan dapat menghasilkan kalor yang tinggi.

Aplikasi dari briket digunakan untuk pembakaran steak, sate, daging (*barbeque*), ikan, roti, dan masakan - masakan di bandara. Asap cair terdiri dari tiga grade berdasarkan banyaknya proses destilasi. Aplikasinya yaitu pada grade satu (satu kali proses destilasi) dapat digunakan sebagai pengganti formalin dalam proses pembuatan bakso/mie/tahu. Aplikasi grade dua (dua kali proses destilasi) dapat digunakan sebagai pengawet ikan. Aplikasi grade tiga (tiga kali proses destilasi) dapat digunakan

sebagai pengawetan penggumpalan karet dan penghilang bau menyengat.

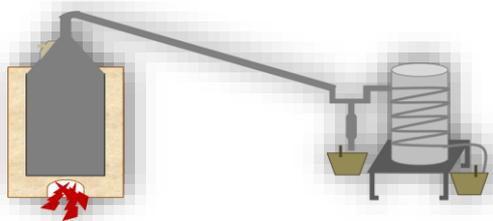
Proses-proses pengolahan tanaman kelapa tersebut dapat dikaji dari berbagai perspektif, salah satunya dalam kajian konsep fisika. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji konsep - konsep fisika tentang topik perpindahan panas tekanan, dan termodinamika di salah satu bagian pengembangan produk kelapa yaitu pada bagian pengarangan tempurung kelapa dan pengolahan asap cair.

2. Metode Penelitian

Lokasi tempat penelitian ini dilakukan di PT. Tropica Nuficera Industry yang terletak di Pakem Km.18 Kaliurang Yogyakarta. PT. Tropica Nuficera Industry. Produk dari PT. Tropica Nuficera Industry ini merupakan hasil pengolahan kelapa secara terpadu seperti minyak VCO (*Virgin Coconut Oil*), kosmetik, briket arang tempurung kelapa, *nata de coco* dan asap cair (*liquid smoke*). Pada penelitian ini dibatasi hanya mengkaji secara fisika pada proses pembuatan briket dan asap cair dari tempurung kelapa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode analisis dan pengamatan.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil studi analisis dan pengamatan, proses pembuatan briket dan asap cair dilakukan secara manual dan tradisional (tanpa otomatisasi dan tanpa menggunakan peralatan canggih) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tungku penghasil asap cair dan pengarangan briket.

Gambar 2 dapat menunjukkan bahwa proses pengarangan dilakukan dengan membakar tempurung kelapa untuk memanaskan tempurung kelapa yang hasil uapnya dapat dikondensasi menjadi asap cair. Proses pengarangan ini dilakukan dengan proses pirolisis yaitu mengubah tempurung kelapa menjadi arang dengan pemanasan suhu tinggi tanpa oksigen. Pada proses pirolisis ini unsur - unsur yang bukan karbon seperti hidrogen dan oksigen akan hilang hingga menyisakan sebanyak mungkin unsur karbon.

Proses pengarangan tempurung kelapa merupakan proses endotermal, karena adanya

transfer energi panas (kalor) dari lingkungan (pirolisator) ke sistem (tempurung kelapa), disebut juga reaksi penyerapan kalor. Peristiwa perpindahan energi antara sistem dan lingkungan akan menyebabkan terjadinya perubahan entalpi seperti ditunjukkan pada persamaan 1.

$$\Delta H = H_{akhir} - H_{awal} \quad (1)$$

Pada proses endoterm, tempurung kelapa setiap menyerap kalor, kandungan kalor dalam sistem (tempurung kelapa) akan bertambah $H_{akhir} > H_{awal}$, sehingga nilai entalpi pada proses endoterm ini bernilai positif. Entalpi merupakan suatu definisi untuk fungsi keadaan $U + PV$, yang merupakan bentuk lain dari Hukum I Termodinamika ditunjukkan pada persamaan 2 dengan asumsi bahwa kerja yang dilakukan sistem - lingkungan berada pada tekanan tetap.

$$U = Q - W \quad (2)$$

Persamaan 2 dapat diturunkan menjadi persamaan 3 dan 4.

$$dU = \delta Q - \delta W \quad (3)$$

$$dU = \delta Q - PdV \quad (4)$$

Untuk kasus isobarik : $P \rightarrow$ Konstan, sehingga.

$$U_2 - U_1 = \Delta Q - P(V_2 - V_1) \quad (5)$$

$$\Delta Q = (U_2 + PV_2) - (U_1 + PV_1) \quad (6)$$

Fungsi keadaan $U + PV$ yang dikenal sebagai entalphi H .

$$\Delta Q = (\Delta H)_p \Rightarrow dQ = (dH)_p \quad (7)$$

Secara fisika, pada proses pengarangan ini perpindahan panas yang terjadi adalah konduksi. Pada perpindahan panas secara konduksi terjadi pergerakan molekul - molekul pada logam yang diletakkan di atas nyala api (sumber panas) akan membentur molekul - molekul yang berada di dekatnya dan memberikan sebagian panas. Oleh karena itu, tempurung kelapa akan menerima panas dari sumber api melalui perantara logam drum yang terbuat dari *stainless stell*. Pemilihan bahan *stainless stell* ini juga dirancang karena sifat bahan yang kuat (tidak mudah rapuh), tahan panas dan anti karat.

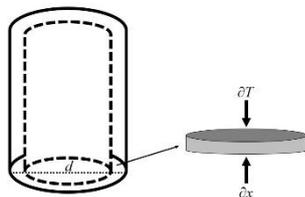
Jika pada logam terdapat perbedaan suhu, maka pada logam tersebut akan terjadi perpindahan panas dari bagian logam bersuhu tinggi ke bagian logam bersuhu rendah. Besarnya laju perpindahan panas (q) berbanding lurus dengan luas bidang (A) dan perbedaan suhu dalam arah perubahan jarak $\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)$ seperti ditunjukkan pada persamaan 8.

$$q \approx A \frac{\partial T}{\partial x} \quad (8)$$

Setiap bahan memiliki nilai laju perantara panas yang berbeda – beda yang tergantung dari nilai konstanta konduktivitas termal. Dengan memasukkan nilai konstanta konduktivitas termal yang berhubungan dengan material yang digunakan sebagai perantara panas, maka persamaan laju perpindahan panas secara konduksi menjadi persamaan 9.

$$q = kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (9)$$

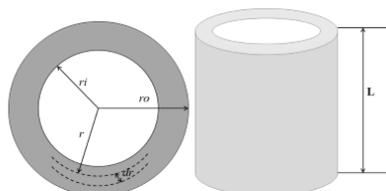
Berdasarkan persamaan 9, desain tungku pirolisis dapat dianalisa dengan nilai ketebalan alas jauh lebih kecil dibandingkan dengan diameter alas drum ($\partial x \ll d$) seperti ditunjukkan Gambar 3. Hal ini menyebabkan laju perubahan suhu sangat cepat.



Gambar 3. Dimensi ketebalan alas tungku pirolisis.

Analisa dengan asumsi alas tungku pirolisis yang berbentuk silinder seperti ditunjukkan Gambar 4, maka besarnya konduksi panas yang dialami oleh tungku pirolisis dapat dinyatakan oleh persamaan 10.

$$q = -2\pi k r L \frac{\partial T}{\partial x} \quad (10)$$



Gambar 4. Alas tungku pirolisis.

r adalah jarak elemen dr dari titik pusat, A adalah luas bidang permukaan silinder yang berjari-jari r , k adalah konduktivitas termal, L adalah panjang silinder dan q adalah besarnya perpindahan panas.

Besarnya perpindahan panas total yang dialami bidang silinder tungku pirolisis merupakan hasil integral q_r pada batas jari-jari dalam hingga jari-jari luar ditunjukkan pada persamaan 11.

$$Q = \int q_r = -2\pi k L \int r \frac{dT}{dr} = \frac{2\pi k L (T_i - T_o)}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} \quad (11)$$

r_i adalah jari-jari dalam, r_o adalah jari-jari luar dan Q adalah besarnya perpindahan panas total pada bidang silinder.

Selain dari tinjauan konstruksi tungku, desain teknologi pirolisis juga perlu memperhatikan dampak radiasi panas yang dihasilkan oleh temperatur yang tinggi. Radiasi panas tinggi yang pancarkan oleh tungku pirolisis akan memberikan kerugian dan dampak buruk, diantaranya adalah efek panas tinggi disekitar lingkungan pirolisator dan juga hilangnya jumlah panas akibat perpindahan panas dari sistem pirolisis ke lingkungan. Radiasi panas atau radiasi termal adalah radiasi yang dipancarkan oleh suatu benda akibat suhu benda tersebut. Besarnya laju perpindahan panas secara radiasi ditunjukkan persamaan 12.

$$Q = e\sigma A (T_b^4 - T_L^4) \quad (12)$$

e adalah emisivitas benda yang terkena radiasi, σ adalah konstanta Stefan-Boltzmann, T_b adalah temperatur pada tempurung kelapa, T_L adalah temperatur lingkungan dan Q adalah laju perpindahan panas.

Untuk menghasilkan asap cair, tahapan berikutnya setelah proses pengarangan adalah proses kondensasi. Di dalam kondensator, asap akan mengalami pendinginan hingga mencapai titik embun/didih/uap kemudian akan terjadi perubahan dari fasa gas menjadi cair. Konsep pengembunan adalah pelepasan panas/kalor dari sistem ke lingkungan. Agar terjadi aliran panas dari sistem ke lingkungan maka temperatur lingkungan dibuat lebih rendah dari temperatur sistem. Untuk kondensator asap cair, lingkungan yang digunakan adalah drum berisi air dengan sistemnya adalah asap yang dialirkan dalam pipa spiral. Pipa spiral tersebut disusun didalam drum berisi air agar terjadi kontak antara keduanya, sehingga dapat terjadi transfer energi panas dari sistem (asap dan spiral) ke lingkungan (air di dalam drum).

Besarnya kalor yang dilepaskan selama proses pendingin dinyatakan oleh persamaan 13.

$$Q = mc\Delta T \quad (13)$$

Q adalah kalor yang dilepas oleh sistem atau kalor yang diserap oleh lingkungan, m adalah massa zat (asap), c adalah kalor jenis zat (asap) dan ΔT adalah perubahan suhu. Pada proses pendinginan, temperatur akhir lebih kecil dari tempertur awal sehingga akan menghasilkan nilai Q negatif yang menyatakan adanya pelepasan energi panas (kalor) atau eksoterm.

Persamaan 14 menunjukkan jumlah panas yang dilepas sebelum zat (asap) berubah fasa. Pada saat pendinginan, temperatur asap akan terus menurun hingga mencapai suatu titik temperatur tertentu dimana temperaturnya menjadi konstan. Pada titik temperatur tersebut akan terjadi perubahan fasa dari

gas menjadi cair. Kondisi ini adalah kondisi dimana kalor yang ada digunakan sepenuhnya untuk merubah fasa zat. Besarnya kalor yang digunakan untuk merubah fasa zat dapat dinyatakan dengan persamaan 14.

$$Q = m L \quad (14)$$

L merupakan kalor laten. Untuk proses pengembunan kalor latennya adalah kalor uap. Kalor uap/embun menyatakan kalor yang dibutuhkan oleh massa asap untuk mengembun seluruhnya pada titik embun/uapnya. Konsep perubahan fasa ini berlaku dengan asumsi pada kondisi tekanan tetap.

Setelah dihasilkan asap cair dari hasil pirolisis dan kondensasi, asap cair akan melalui tahap pembersihan dan pemurnian untuk mendapatkan asap cair yang aman dari zat-zat berbahaya. Proses pemurnian diawali dengan pengendapan asap cair selama seminggu sebelum asap cair dilakukan penyulingan di dalam destilator. Pengendapan dilakukan agar zat-zat berat berbahaya yang terkandung di dalam asap cair terpisah dan berkumpul di dasar wadah akibat pengaruh gaya gravitasi. Warna asap cair hasil endapan terlihat lebih jernih dibandingkan dengan asap cair sebelum diendapkan. Tahap selanjutnya adalah destilasi ulang untuk mendapatkan asap cair grade dua dan grade tiga.

Setelah melalui proses pengarangan dan destilasi, arang hasil proses pirolisis ini dapat diolah menjadi briket melalui proses penggilingan, perekatan, pencetakan dan pengeringan.

1. Tahap Penggilingan

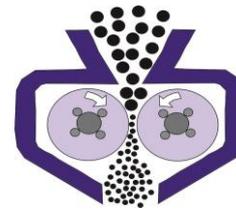
Proses penggilingan (*grinding*) merupakan proses pengurangan ukuran partikel bahan olahan dari bentuk besar/kasar di ubah menjadi ukuran yang lebih kecil. Secara fisika, mesin penggiling briket bekerja dengan konsep gaya dan tekanan seperti ditunjukkan pada persamaan 15.

$$\sigma_u = \frac{F}{A} \quad (15)$$

Dengan σ_u merupakan tegangan tekan, F merupakan gaya tekan (gaya radial), dan A merupakan luas penampang tekan. Untuk menentukan momen puntir M_p yang terjadi pada rol penggiling pada mesin penggiling briket dinyatakan dengan persamaan 16.

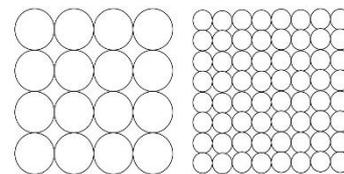
$$M_p = F \cdot r \quad (16)$$

Dengan M_p merupakan momen puntir, F merupakan gaya tekan (gaya radial), dan r merupakan jari - jari rata - rata roll. Skema roll penggiling arang ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema roll penggiling arang.

Ukuran partikel hasil penggilingan arang ini mempengaruhi kekuatan briket yang dihasilkan karena ukuran yang lebih kecil akan menghasilkan rongga yang lebih kecil yang akan mengakibatkan kuat tekan briket akan semakin besar seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Ukuran partikel briket besar dan ukuran partikel briket kecil

Selain itu, ukuran partikel lebih kecil dapat berpengaruh pada kualitas densitas briket. Densitas menunjukkan perbandingan antara berat dan volume briket. Densitas briket berpengaruh terhadap kualitas briket, karena densitas yang tinggi dapat meningkatkan nilai kalor bakar briket. Besar atau kecilnya densitas tersebut dipengaruhi oleh ukuran dan kehomogenan bahan penyusun briket itu sendiri. Nilai densitas dapat diperoleh dengan persamaan 17.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (17)$$

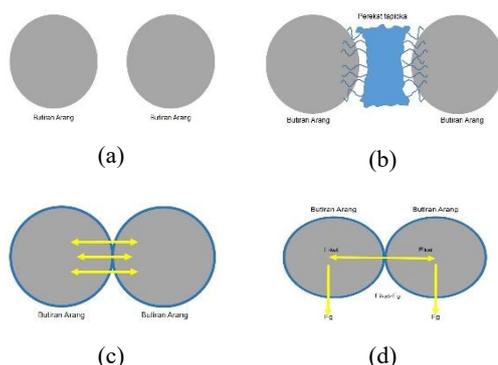
Dengan ρ merupakan densitas (gram/ cm³), m merupakan massa briket (gram) dan V volume briket (cm³). Ukuran partikel briket sangat mempengaruhi nilai densitas briket. Semakin besar ukuran partikel briket maka semakin besar pula pori-pori briket. Pada saat briket dicetak, pori-pori briket banyak diisi oleh air yang berasal dari perekat. Pada saat briket dikeringkan air akan menguap dan meninggalkan pori-pori yang terisi oleh udara sehingga bobot briket menjadi ringan. Sebaliknya pada briket dengan ukuran partikel yang lebih lembut, jumlah air yang terkandung dalam pori-pori briket lebih sedikit sehingga air yang menguap dan meninggalkan pori lebih sedikit sehingga bobot briket menjadi lebih berat setelah dikeringkan. Sehingga dengan volume briket

yang sama maka akan memiliki nilai densitas yang akan berbeda [2].

2. Tahap Perekatan

Pada tahap perekatan, serbuk arang yang telah digiling dicampur dengan bahan perekat. Pada tahap perekatan ini bahan perekat yang digunakan adalah tapioka. Penggunaan tapioka ini dipilih sebagai perekat dikarenakan harga yang murah, mudah didapat, tidak mengeluarkan bau, tidak beracun dan tidak berbahaya.

Hasil dari penggilingan menghasilkan butiran – butiran arang dalam kondisi kering dan cenderung terpisah satu sama lainnya seperti ditunjukkan pada Gambar 7 (a). Fenomena fisis terjadi ketika bahan perekat seperti tapioka dicampur dengan butiran – butiran serbuk arang akan mengakibatkan butiran – butiran serbuk arang saling tarik menarik satu sama lain akibat adanya gaya adhesi antara zat padat (butiran – butiran serbuk arang) dengan zat cair (perekat tapioka). Pada kondisi basah, zat - zat perekat akan terserap pada butiran – butiran arang melalui pori – pori berdasarkan prinsip kapilaritas seperti ditunjukkan pada Gambar 7 (b). Setelah proses pencetakan dan pengeringan, butiran – butiran ini akan saling terikat dan terkunci kuat (*interlocking*) seperti ditunjukkan pada Gambar 7 (c). Gaya ikat ini memiliki nilai lebih besar dari gaya gravitasi pada butiran arang yang mengakibatkan briket terbentuk keras dan tidak mudah hancur seperti ditunjukkan pada Gambar 7 (d). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi perekat akan mengakibatkan gaya ikat yang semakin besar antara butiran – butiran arang sehingga akan memiliki kuat tekan yang lebih besar [3].



Gambar 7. (a). Butiran arang saling terpisah. (b) Zat perekat terserap melalui pori-pori butiran arang. (c) Butiran – butiran arang saling terikat kuat. (d) Gaya ikat butiran arang lebih kuat dari gaya gravitasi

Namun demikian penambahan partikel pelarut ini sebagai perekat akan meningkatkan

kelembaban (*moisture*) dalam serbuk yang dapat mengurangi nilai kalor briket. Oleh karena itu diperlukan komposisi tertentu antara bahan perekat dan serbuk briket [4].

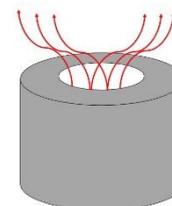
3. Tahap Pencetakan

Pencetakan briket bertujuan untuk memperoleh bentuk yang seragam dan memudahkan dalam pengemasan serta penggunaannya. Secara fisika, mesin cetak briket ini bekerja dengan konsep tekanan. Komposisi bahan briket (serbuk arang dan perekat tapioka) dicetak dengan proses penekanan dengan persamaan 18. Penggunaan tapioka ketika proses penekanan berfungsi sebagai penguat briket agar tidak mudah hancur dan penstabil bentuk agar tetap utuh ketika dibakar [5]. Semakin besar kuat tekan yang diberikan pada komposisi briket ketika proses pencetakan akan semakin lama waktu tempuh briket ketika dibakar.

$$P = \frac{F}{A} \tag{18}$$

Dengan P merupakan tekanan yang diberikan ketika proses pencetakan briket, F merupakan gaya tekan, dan A merupakan luas permukaan briket yang terkena gaya.

Hasil cetak briket yang dihasilkan oleh mesin pencetak berbentuk silinder berongga. Tujuan pencetakan briket berbentuk silinder berongga adalah untuk meningkatkan laju pembakaran. Hasil ini dibuktikan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa nilai kalor pada briket berbentuk silinder berongga lebih tinggi dibandingkan nilai kalor pada silinder pejal [6]. Hal ini diakibatkan oleh proses difusi oksigen menjadi lebih cepat pada bentuk silinder berongga daripada silinder pejal. Desain silinder berongga ini akan membuat jalur aliran udara ketika proses pembakaran briket seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Ilustrasi aliran udara pada briket berbentuk silinder berongga

Semakin tinggi kecepatan aliran udara yang melewati rongga briket akan mengakibatkan proses pengeringan ketika pembakaran semakin panjang hingga meningkatkan waktu total pembakaran. Kecepatan udara yang tinggi ini juga akan mengakibatkan proses pembakaran yang lebih sempurna dikarenakan proses difusi oksigen ini juga akan meningkat ke dalam briket.

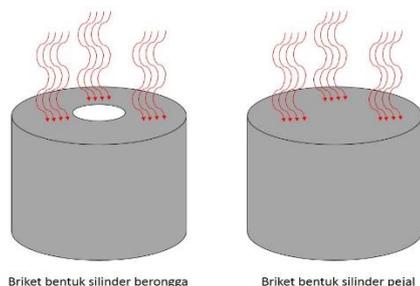
Proses pembakaran briket ini juga disebabkan karena perbedaan suhu udara sekitar briket dengan suhu pada briket. Perbedaan suhu ini akan mengakibatkan laju pembakaran panas secara konveksi dari udara ke rongga briket semakin besar. Hal ini dikarenakan suplai kalor tambahan secara konveksi dari udara masuk, sehingga terjadi peningkatan perpindahan kalor ke briket.

4. Tahap Pengeringan

Secara fisika pada tahap pengeringan briket, perpindahan panas terjadi secara radiasi. Perpindahan panas terjadi dari radiasi panas matahari ke briket bertujuan untuk mengurangi kadar air pada briket. Radiasi panas merupakan radiasi yang dipancarkan oleh benda akibat suhu yang dimilikinya. Setiap benda yang berada diatas suhu nol absolut akan memancarkan radiasi panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Intensitas panas P_{abs} merupakan laju suatu objek menyerap energi panas melalui radiasi termal. Persamaan laju P_{abs} dapat ditunjukkan pada persamaan 19.

$$P_{abs} = \sigma \varepsilon A T_{abs}^4 \quad (19)$$

Dengan P_{abs} merupakan laju perpindahan kalor radiasi, ε merupakan nilai emisivitas briket, σ merupakan nilai konstanta Stefan-Boltzman $\sigma = 5.6703 \times 10^{-8} W / m^2 \cdot K^4$, T merupakan temperatur yang diserap oleh briket, dan A luas permukaan bidang briket. Persamaan 6 menunjukkan bahwa desain cetakan briket mempengaruhi intensitas panas radiasi. Intensitas panas pada cetakan briket berbentuk silinder berongga akan lebih cepat diserap daripada briket berbentuk silinder pejal. Pada briket bentuk silinder berongga memiliki lebih banyak permukaan yang berhubungan dengan udara panas dari sinar matahari dibandingkan briket silinder pejal seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Ilustrasi proses pengeringan briket dengan sinar matahari

4. Simpulan

Berdasarkan hasil studi analisis dan pengamatan dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan briket dan asap cair dari tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan ajar fisika yang mengkaji tentang konsep - konsep fisika tentang termodinamika, perpindahan panas, gaya dan tekanan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. AH. Bambang Setiaji, M.Sc selaku guru besar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan materi mengenai teknologi pengolahan kelapa terpadu dan Tim Asisten Teknis di PT. Tropica Nuficera Industry Yogyakarta yang telah memberikan pengarahan tentang proses pembuatan briket dan asap cair dari tempurung kelapa.

Daftar Acuan

- [1] Bambang Setiaji, Menyingkap Keajaiban Minyak Kelapa, Yogyakarta, Kartika Creative, (2009).
- [2] Sudiro dan Sigit S, Pengaruh Komposisi dan Ukuran Serbuk Briket yang Terbuat dari Batubara dan Jerami Padi terhadap Karakteristik Pembakaran, Surakarta, Jurnal Sainstech Politeknik Indonusa ISSN: 2355-5009 Vol. 2 Nomor 2, (2014).
- [3] Julham, P. P., Erwin, J., Netti, K., Pengaruh konsentrasi perekat tepung tapioka dan penambahan kapur dalam pembuatan briket arang berbahan baku pelepah aren (*Arenga pinnata*), Medan, Jurnal Teknik Kimia USU Vol.4 No.2 (2015).
- [4] Sotannde, O.A., A.O, Oluyeye, G,B, Abah, Physical and Combustion Properties of Charcoal Briquettes from Neem and Residues. International Agrophysics, Vol.24 (2010), page.189-194,
- [5] Syahrul, M., Pengaruh Bentuk, Kerapatan dan Kadar Lempung Briket Sekam Padi terhadap Produksi Kalor, Makassar, Marina Chimica Acta, Vol.6.2 Oktober (2004).
- [6] Munas, M., Elmi, S., dan Ellyta S., Pembuatan Biobriket dari Limbah Cangkang Kakao, Jurnal Litbang Industri, Vol.2 No.1 (2012), hal 32-38.