

PENENTUAN NILAI KALOR DENGAN BAHAN BAKAR KAYU SESUDAH PENGARANGAN SERTA HUBUNGANNYA DENGAN NILAI POROSITAS ZAT PADAT

Khilfatin Nabawiyah*

Ahmad Abtokhi*

Abstrak: Arang adalah suatu bahan padat yang berpori-pori dan merupakan hasil pembakaran yang mengandung unsur C (karbon). Sebagian pori-porinya masih tertutup dengan hidrokarbon, dan senyawa organik lain yang komponennya terdiri dari “fixed carbon”, abu, air, nitrogen, dan sulfur. Sifat-sifat penting kayu meliputi nilai kalor, kadar air, berat jenis (berhubungan dengan nilai densitas). Tujuan khusus dari penelitian ini adalah mencari hubungan antara nilai kadar kalor yang terkandung di dalam arang kayu dengan nilai densitasnya. Serta membandingkan dengan nilai kadar kalor pada kayu sebelum proses pengarangan.

Hasil pengujian karakteristik arang kayu yang meliputi nilai kalor, kadar air, dan densitas adalah sebagai berikut : Besarnya kadar air yang terkandung pada kayu sono adalah 13,12 %, kayu mahoni 13,37 %, kayu jati 14,44 %, kayu nangka 14,8 %, dan kayu waru 14,5 %. Besarnya nilai densitas yang dimiliki oleh tiap kayu yaitu pada arang kayu sono $0,86 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, arang kayu mahoni $0,23 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, arang kayu jati $0,26 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, kayu nangka $0,47 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, dan kayu waru $0,35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. Dan besarnya nilai kalor untuk arang kayu sono 229,01 kal/gr, arang kayu mahoni 299,22 kal/gr, arang kayu jati 230,58 kal/gr, arang kayu nangka 242,9 kal/gr, dan kayu waru 242,2 kal/gr.

Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa nilai densitas kayu bervariasi pada setiap kayu. Besarnya nilai kalor dipengaruhi oleh besarnya kandungan air, suhu sekitar pembakaran, nilai densitas yang dimiliki kayu serta alat dan bahan yang digunakan. Dengan massa yang sama bila semakin besar nilai densitas kayu, akan semakin kecil ukuran volume dan semakin kecil juga energi kalor yang dihasilkan. Nilai densitas pada arang kayu mengalami penurunan massa awal dikarenakan terjadi proses pengarangan, sehingga tidak ada hubungan antara nilai kalor pada kayu sebelum dan sesudah pengarangan. Akan tetapi terdapat hubungan antara nilai densitas arang kayu dengan besarnya nilai kalor, yaitu bila semakin besar nilai densitas arang kayu, maka semakin kecil nilai kalor yang dihasilkan.

Kata Kunci: Kadar kalor, Kayu, Arang, Densitas

PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan salah satu dari sekian banyak sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, tetapi dalam kehidupan sehari-hari bahan bakar minyak masih menjadi pilihan utama sehingga akan mengakibatkan menipisnya cadangan minyak bumi di dalam bumi.

Energi alternatif yang berupa kayu banyak terdapat didalam negeri, sehingga bisa dimaksimalkan pemanfaatannya.

Fenomena masyarakat, memang benar untuk penduduk perkotaan sangat sulit untuk memasak menggunakan kayu bakar di karenakan rumah mereka yang sangat berdekatan dan asap dari kayu bakar tidak ramah lingkungan maka mereka lebih

* Jurusan Fisika, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

memilih elpiji dari pada kayu bakar. Tetapi bila kayu bakar dirubah terlebih dahulu menjadi arang maka setiap orang akan memilih arang untuk di manfaatkan sebagai bahan bakar. Selain itu masyarakat akan lebih ekonomis menggunakan arang dari pada minyak tanah. Arang terbuat dari kayu yang diproses secara pirolisis yang bisa digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga.

Eki Jati dan Santoso (2005) melakukan penelitian tentang pengukuran nilai kadar kalor bakar arang dari beberapa jenis kayu dan lama pirolisis untuk suhu tertentu, akan tetapi dalam penelitian ini menggunakan bomb kalorimeter. Pada penelitian sebelumnya telah di teliti tentang penentuan kadar kalor pada bahan kayu sebelum pengarangan serta hubungannya dengan nilai densitas bahan (Usman Dzikri Syamsuri, 2010). Untuk melakukan pengembangan pada kedua penelitian tersebut dan agar dapat di ketahui jenis bahan bakar yang efektif maka peneliti melakukan analisis pengujian nilai kalor dengan bahan bakar arang dari jenis kayu yang sama dengan peneliti sebelumnya sehingga dapat di bandingkan nilai kalor dari bahan kayu yang sama antara sebelum pengarangan dan sesudah pengarangan.

KAJIAN TEORI

Arang

Arang adalah suatu bahan padat yang berpori-pori dan merupakan hasil pembakaran yang mengandung unsur C (karbon). Sebagian pori-porinya masih tertutup dengan hidrokarbon, dan senyawa organik lain yang komponennya terdiri dari “*fixed carbon*”, abu, air, nitrogen, dan sulfur (Rezvi, 9 ; 2005).

Pirolisis

Proses pembakaran menghasilkan panas langsung dalam bentuk-bentuk praktis yang berbeda tergantung pada sistem pembakaran yang digunakan. Nilai-nilai kalori yang ditentukan oleh kandungan air dan sedikit oleh jumlah abu dan ekstraktif maupun oleh ukuran bahan yang dibakar. Keuntungan-keuntungan kayu sebagai bahan pembakaran pada umumnya adalah kandungan abu yang rendah dan kandungan belerang sangat rendah (fengel, 1983: 333).

Pada kayu menurut Borman dan Ragland (1998), hemicellulose akan terpirolisis pada temperatur $225^{\circ} - 325^{\circ} \text{C}$, cellulose pada temperatur $325^{\circ} - 375^{\circ} \text{C}$ dan lignin pada temperatur $300^{\circ} - 500^{\circ} \text{C}$.

Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses konversi dari suatu zat organik ke dalam karbon atau suatu residu yang mengandung karbon. Dalam suatu proses pembuatan arang yang berkarbon, karbonisasi dilakukan dengan membakar kayu untuk menghilangkan kandungan air atau moisture content dan material-material lain dalam kayu yang dibutuhkan oleh arang seperti hydrogen dan oksigen.

Kalor

Kalor berasal dari kata *caloric* yang ditemukan oleh ahli kimia perancis yang bernama Antonnie laurent lavoiser (1743 - 1794). Kalor memiliki satuan kalori (kal) dan kilokalori (kkal). 1 kal sama dengan jumlah panas yang dibutuhkan untuk memanaskan 1 gram air naik 1 derajat celcius (Anonim, 2006).

Kalor merupakan suatu perpindahan energi internal. Kalor mengalir dari satu bagian sistem ke bagian lain atau dari satu sistem ke sistem yang lain karena terdapat perbedaan temperatur.

Persamaan Kalor

Kalor jenis (c) adalah banyaknya kalor (Q) yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu (T) satu satuan massa (m) benda sebesar satu derajat. Secara matematis, kalor jenis dinyatakan melalui persamaan di bawah:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

Keterangan:

c = kalor jenis

Q = kalor (J)

m = massa benda (Kg)

$\Delta T = T_1 - T_2$ = perubahan suhu

T_1 = suhu awal

T_2 = suhu akhir

Kalor jenis benda biasanya bergantung pada suhu. Apabila perubahan suhu tidak terlalu besar maka besar kalor jenis bisa dianggap tetap

Nilai Kalor

Besarnya entalphy reaksi dapat dinyatakan dengan kalor pembakaran atau disebut juga nilai kalor. Nilai kalor dari bahan bakar menurut Sneedan dan Kerr (1969) adalah energi yang dapat dibebaskan selama proses pembakaran yang kompleks dari sejumlah bahan bakar. Nilai kalor ini dapat diukur sebagai nilai kalor kotor (gross calorific value) dan nilai kalor netto (nett calorivic value). Nilai kalor kotor mengasumsikan seluruh uap air yang dihasilkan selama proses pembakaran sepenuhnya terkondensasi menjadi cair. Sedangkan nilai kalor netto mengasumsikan air yang keluar dari produk pembakaran tidak sepenuhnya terkondensasi.

Menurut Koesoemadinata (1980), nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gr air dari 3,50 C – 4,50 C, dengan satuan kalori. Dengan kata lain nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar. Semakin tinggi berat jenis bahan bakar, maka semakin tinggi nilai kalor yang diperolehnya.

Syachry (1982) menyatakan bahwa yang sangat mempengaruhi nilai kalor kayu adalah zat karbon, lignin, dan zat resin, sedangkan kandungan selulosa kayu tidak begitu berpengaruh terhadap nilai kalor kayu.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Rancangan Percobaan

Jenis penelitian adalah studi literatur, perancangan alat instrumentasi, serta analisis data yang didapat berdasarkan hubungan antara nilai kalor pada arang kayu serta hubungannya dengan nilai densitas bahan.

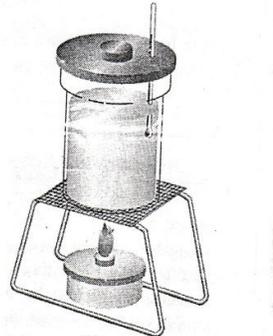
Alat dan Bahan Penelitian

Penggaris, gergaji mesin, bor listrik, cutter, kikir, oven, desikator, neraca analitik, cawan, jangka sorong, gelas ukur ml, kertas gosok, air, panic, kompor bahan bakar kayu, minyak tanah, korek api, stop watch, digital thermometer, pinset.

Rancangan Penelitian

Perancangan Alat Instrumen

Pada penelitian ini data yang diambil adalah perubahan suhu yang terjadi pada air yang disebabkan adanya pembakaran pada arang kayu.



Gambar 3.1 Perancangan alat penelitian

Teknik Pengambilan Data

Pada penelitian ini variabel uji yang digunakan adalah perubahan suhu yang terjadi pada air, yang mana air merupakan media untuk transfer kandungan energi panas yang terdapat dalam arang kayu. Adapun alat yang digunakan untuk menentukan besarnya perubahan suhu ($\Delta T = T_2 - T_1$) adalah thermometer digital.

Penentuan Nilai Kalor Bahan Uji

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi yang dihasilkan., dan diukur sebagai nilai kalor kotor/ *gross calorific value* atau nilai kalor netto/ *nett calorific value*. Pengujian nilai kalor Kalorimetri adalah suatu metode yang mempelajari jumlah panas/kalor berdasarkan perubahan temperatur. Untuk itu persamaan yang digunakan dalam pengujian nilai kalor adalah dengan menggunakan persamaan dasar

$NK = \frac{Q_{air}}{M_{kayu}}$ dengan NK adalah nilai kalor, Q adalah energi kalor pada air dan m adalah besarnya massa yang dimiliki oleh bahan dasar kayu, sehingga dengan beberapa bahan dasar yang memiliki nilai densitas yang berbeda akan didapatkan korelasi antara nilai densitas dengan nilai kalor (usaman Dzikri, 47, 2010).

Sehingga secara umum teknik pengambilan data penelitian dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Menyiapkan 5 bahan kayu balok, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105-150° C selama kurang lebih 24 jam
2. Dilakukan proses pendinginan dalam desikator selama 30 detik
3. Ditimbang massa bahan yang sama dan diukur volumenya dengan jangka sorong, sehingga dengan persamaan $\rho = \frac{m}{v}$ dapat diketahui besarnya nilai berat jenis bahan
4. Mengukur besarnya suhu air dalam panci ketika dalam keadaan normal T1
5. Arang kayu disulut dengan menggunakan, penyulut berupa arang yang sudah menjadi bara.
6. Air yang sudah dimasukkan dalam panci uji, diletakkan di atas tungku dengan menganalisis perubahan temperatur suhu dengan acuan waktu yang sama pada tiap percobaan pada sampel yang berbeda-beda.
Untuk menentukan besarnya nilai kalor pada setiap jenis arang kayu, digunakan perumusan $NK = \frac{Q_{air}}{M_{kayu}}$, dimana nilai Q didapatkan dari perumusan $Q = m.c.\Delta T$, nilai Q di sini merupakan nilai kandungan kalor pada air, sesuai dengan asas black bahwa “kalor yang dikeluarkan sama dengan kalor yang diterima”.
7. Agar didapatkan data yang valid, maka dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali pengulangan pada setiap sampel bahan uji arang kayu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan lima bahan uji, dari tiap-tiap bahan uji diambil lima kali pengulangan. Sehingga dari tiap-tiap bahan uji didapatkan lima data. Pada penelitian ini data yang diambil adalah nilai densitas pada bahan uji dan nilai kalor yang terdapat pada bahan uji. Untuk menentukan nilai densitas data yang digunakan adalah massa bahan uji dan volume bahan uji. Sedangkan pada pencarian nilai kalor data yang digunakan adalah massa air, dan perubahan suhu yang terjadi pada air.

Pengujian Pemotongan kayu

Nilai uji rata-rata hasil pengujian pemotongan kayu dengan analisis ukuran dimensi kayu sehingga diketahui besarnya nilai volumenya menghasilkan data sebagai berikut:

Kayu	P (m)	L(m)	T(m)	V(m ³)
Sono	$1,633 \times 10^{-2}$	$1,614 \times 10^{-2}$	$1,590 \times 10^{-2}$	$4,190 \times 10^{-6}$
Mahoni	$1,688 \times 10^{-2}$	$1,657 \times 10^{-2}$	$1,560 \times 10^{-2}$	$4,363 \times 10^{-6}$
Jati	$1,692 \times 10^{-2}$	$1,620 \times 10^{-2}$	$1,555 \times 10^{-2}$	$4,268 \times 10^{-6}$
Nangka	$1,694 \times 10^{-2}$	$1,677 \times 10^{-2}$	$1,594 \times 10^{-2}$	$4,528 \times 10^{-6}$
Waru	$1,650 \times 10^{-2}$	$1,585 \times 10^{-2}$	$1,535 \times 10^{-2}$	$4,528 \times 10^{-6}$

Tabel 4.1 Data pemotongan kayu

Hasil uji pemotongan kayu tidak sesuai dengan ukuran yang diinginkan, sebab material yang terkandung didalamnya termakan oleh gigi gergaji

Pengujian pengeringan kayu

Nilai uji dan rata-rata hasil pengujian pengeringan kayu dengan analisis kadar air dalam bentuk prosentase pada lima bahan uji dengan nilai densitas yang berbeda dapat ditulis sebagai berikut:

Pada kayu sono 13,12 % kayu mahoni 13,37 % kayu jati 14,44 % kayu nangka 14,8% kayu mahoni 14,5 %

Pengujian densitas kayu

Menurut data yang didapatkan ditemukan adanya perbedaan nilai volume dan massa pada kayu sebelum pengarangan dan sesudah pengarangan. Adapun data kayu sebelum pengarangan sebagai berikut (Usman Dzikri S, 2010), nilai rata-rata volume yang dimiliki oleh kayu sono $4,190 \times 10^{-6} \text{ m}^3$, kayu mahoni $4,363 \times 10^{-6} \text{ m}^3$, kayu jati $4,268 \times 10^{-6} \text{ m}^3$, kayu nangka $4,528 \times 10^{-6} \text{ m}^3$, dan kayu waru $4,528 \times 10^{-6} \text{ m}^3$. Adapun untuk perhitungan nilai massa rata-rata setelah mengalami proses pengarangan pada lima bahan kayu, antara lain, kayu sono $5,400 \times 10^{-3} \text{ kg}$, kayu mahoni $4,459 \times 10^{-3} \text{ kg}$, kayu jati $4,246 \times 10^{-3} \text{ kg}$, kayu nangka $4,364 \times 10^{-3} \text{ kg}$, dan kayu waru $3,776 \times 10^{-3} \text{ kg}$. Perubahan ini terjadi karena adanya perubahan suhu yang terjadi ketika pengarangan. Menurut Tsoumis (1991) dalam bukunya Science Technology of Wood mengatakan bahwa kayu mengalami pengembangan dan pengurang dimensi ketika dipanaskan atau didinginkan, fenomena ini dinamakan dengan expansion dan contraction.

Berdasarkan data yang didapatkan pada besarnya nilai volume dan massa maka dapat ditentukan nilai densitas dari arang kayu. Adapun besarnya nilai rata-rata densitas pada arang kayu, sebagai berikut, pada arang kayu sono $0,86 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, arang kayu mahoni $0,23 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, arang kayu jati $0,26 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, arang kayu nangka $0,47 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, dan kayu arang waru $0,35 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Pengujian nilai kalor arang

Energi kalor pada tiap-tiap bahan uji arang kayu ditentukan oleh kalor (Q) dan massa (m) pada tiap-tiap bahan uji arang kayu. Untuk pengambilan data pada tiap percobaan dengan menggunakan data lima kali perulangan. Adapun besarnya kandungan nilai kalor pada arang kayu dapat ditentukan pada tabel berikut:

a. Nilai kalor pada arang kayu sono

Tabel 1. Nilai kalor arang kayu sono

Sampel	Q (kalori)	M (gr)	NK (kal/gr)
1	1326	5,918	224,062
2	1365,3	5,911	230,976
3	1361,304	5,902	229,950
4	1378,62	5,909	233,308
5	1339,9	5,913	226,602

Adapun hubungan densitas arang kayu dengan nilai kalor dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Hubungan nilai kalor dengan densitas bahan arang kayu sono

Sampel	ρ (kg.m⁻³)	NK (kal/gr)
1	0,84 x 10 ⁻³	224,062
2	0,77 x 10 ⁻³	230,976
3	1,53 x 10 ⁻³	229,950
4	1,68 x 10 ⁻³	233,308
5	1,44 x 10 ⁻³	226,602

b. Nilai kalor pada arang kayu mahoni

Tabel 3. Nilai kalor arang kayu mahoni

Sampel	Q (kalori)	M (gr)	NK (kal/gr)
1	1498,5	4,979	300,96
2	1511,82	4,951	305,06
3	1471,86	4,809	306,06
4	1485,18	4,944	300,40
5	1578,42	4,999	315,74

Adapun hubungan densitas arang kayu dengan nilai kalor dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Hubungan nilai kalor dengan densitas bahan arang kayu mahoni

Sampel	ρ (kg.m ⁻³)	NK (kal/gr)
1	0.233 x 10 ⁻³	300,96
2	0.232 x 10 ⁻³	305,06
3	0.230 x 10 ⁻³	306,06
4	0.231 x 10 ⁻³	300,40
5	0.233 x 10 ⁻³	315,74

c. Nilai kalor pada arang kayu jati

Sampel	Q (kalori)	M (gr)	NK (kal/gr)
1	1611,72	6,851	235,25
2	1271,76	6,804	230,97
3	1545,12	6,843	225,79
4	1591,74	6,847	232,60
5	1551,78	6,861	226,17

Tabel 5. Nilai kalor arang kayu jati

Adapun hubungan densitas arang kayu dengan nilai kalor dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Hubungan nilai kalor dengan densitas bahan arang kayu jati

Sampel	ρ (kg.m ⁻³)	NK (kal/gr)
1	0,31 x 10 ⁻³	235,25
2	0,24 x 10 ⁻³	230,97
3	0,26 x 10 ⁻³	225,79
4	0,26 x 10 ⁻³	232,60
5	0,26 x 10 ⁻³	226,17

d. Nilai kalor pada arang kayu nangka

Tabel 7. Nilai kalor arang kayu nangka

Sampel	Q (kalori)	M (gr)	NK (kal/gr)
1	1591,74	6,569	242,31
2	1571,76	6,499	241,84
3	1591,74	6,611	240,77
4	1844,82	6,541	282,03
5	1578,42	6,549	241,01

Adapun hubungan densitas arang kayu dengan nilai kalor dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8. Hubungan nilai kalor dengan densitas bahan arang kayu nangka

Sampel	ρ (kg.m ⁻³)	NK (kal/gr)
1	0,48 x 10 ⁻³	242,31
2	0,48 x 10 ⁻³	241,84
3	0,49 x 10 ⁻³	240,77
4	0,45 x 10 ⁻³	282,03
5	0,46 x 10 ⁻³	241,01

e. Nilai kalor pada arang kayu waru

Tabel 9. Nilai kalor arang kayu waru

Sampel	Q (kalori)	M (gr)	NK (kal/gr)
1	1378,62	5,918	234,95
2	1385,28	5,899	234,83
3	1385,28	5,910	234,39
4	1345,32	5,902	227,94
5	1385,28	5,914	234,23

Adapun hubungan densitas arang kayu dengan nilai kalor dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 10. Hubungan nilai kalor dengan densitas bahan arang kayu waru

Sampel	ρ (kg.m ⁻³)	NK (kal/gr)
1	0,36 x 10 ⁻³	234,95
2	0,38 x 10 ⁻³	234,83
3	0,38 x 10 ⁻³	234,39
4	0,35 x 10 ⁻³	227,94
5	0,35 x 10 ⁻³	234,23

Hubungan antara nilai kalor sebelum dan sesudah pengarangan

Adapun hubungan energi kalor sebelum pengarangan dan sesudah pengarangan adalah sama pada jenis kayu yang sama. Akan tetapi untuk nilai densitas pada tiap jenis kayu terdapat perbedaan. Hal ini dikarenakan terjadi perubahan struktur kimia (khususnya pada lignin, selulosa, dan hemicelulosa) pada kayu ketika proses pengarangan. Menurut D. Fengel, dan G. Wegener (1995) “Makin tinggi berat jenis bahan bakar, makin rendah nilai kalor yang diperolehnya”. Hal ini sesuai dengan konsep yang menjelaskan bahwa: “Perubahan energi dari kayu menjadi energi kalor merupakan perubahan fisis yang menjadikan hubungan antara kepadatan, kerapatan, kandungan air serta jenis pada kayu. Setiap kayu akan memiliki tingkat energi kalor yang berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh sifat fisik yang dimiliki oleh bahan kayu tersebut”. Selain itu konsep hubungan antara nilai densitas energi kalor dan nilai kalor tersebut sesuai dengan apa yang telah dituliskan oleh (Koesoemadinata : 1980) “bahwa nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar didalam zat asam. Makin tinggi berat jenis bahan bakar, makin rendah nilai kalor yang diperolehnya”.

Dari hasil pengujian nilai kalor serta hubungannya dengan nilai densitas pada tiap-tiap kayu dapat dibuktikan bahwa tidak ada hubungan antara nilai kalor pada kayu sebelum pengarangan dengan nilai kalor sesudah pengarangan. Adapun nilai perbandingan nilai kalor pada kayu sesudah pengarangan lebih besar dari pada kayu sebelum pengarangan, hal ini berlaku untuk kayu sono dan kayu mahoni. Hal ini berlaku untuk jumlah massa awal yang sama ketika proses pembakaran. Jika berangkat dengan massa awal yang sama yaitu massa sebelum bahan dijadikan arang sama dengan massa sebelum pengarangan maka nilai kalor sebelum pengarangan lebih besar dari pada nilai kalor sesudah pengarangan. Hal ini dikarenakan ketika proses pengarangan, kayu mengalami penurunan massa sehingga mempengaruhi nilai densitas pada arang. Massa kayu setelah proses pengarangan mengalami penurunan massa hampir tiga kali lipat dari massa awal.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari analisa hasil penelitian serta pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan dalam penentuan nilai kadar kalor serta hubungannya dengan nilai densitas adalah dengan menggunakan asas black, dengan persamaan

$$Q = m.c.\Delta T \text{ serta } Nk = \frac{Q}{m}$$

2. Terdapat kecendrungan hubungan antara nilai kalor dengan densitas, yaitu semakin besar nilai densitas kayu, akan semakin kecil nilai kalor yang dihasilkan.
3. Menggunakan jenis bahan dan metode yang sama dengan penelitian sebelumnya (penentuan energi kalor dengan bahan bakar kayu sebelum pengarangan). Akan tetapi setelah proses pengarangan terjadi perubahan massa.

4. Nilai energi kalor pada bahan bakar kayu sesudah pengarangan lebih besar dari pada nilai kalor pada bahan bakar kayu sebelum pegarangan. Sedangkan untuk nilai kalor hanya beberapa jenis arang kayu arang nilainya lebih besar dari pada nilai kalor sebelum pengarangan, yaitu arang kayu sono dan arang kayu mahoni.

SARAN

1. Pada penelitian kalor pada arang kayu sebaiknya menggunakan jenis kayu yang biasa dipakai oleh produsen arang.
2. Menggunakan jenis kayu yang umurnya sama sehingga nilai kalor bakarnya lebih mampu memberikan gambaran sebagai kualitas dari arang kayu yang digunakan untuk bahan bakar industri atau rumah tangga
3. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik sebaiknya gunakan peralatan otomatisasi pada pengamatan perubahan suhu

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 8*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i
- Al-jazairi, Syaikh Abu Bakar Jabir. 2007. *Tafsir Al-Quran Al-Aisar Jilid 3*. Jakarta: Darus Sunnah
- Bueche, Frederick J, 1988, *Teori dan Soal-Soal Fisika*, Erlangga: Jakarta
- Dasteghib. 2005. *Qalbul Quran*. Trejemahan Ibnu Fauzi al-Muhdhar. Jakarta: Cahaya
- Djajapertundja, Sadikin. 2002. *Hutan dan Kehutanan Indonesia dari Masa ke Masa*. IPB Press. Bandung
- Dumanau. J.F. 1990. *Mengenal Kayu*. Penerbit Kanisius: Semarang
- Faidah, 2007. *Studi Vegetasi Nonfloristik Di Kawasan Cagar Alam Batukahu Desa Candikuning Kecamatan Baturiti Kabupaten Tabanan Bali* Skripsi Jurusan Biologi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Malang
- Faraday, Halliday. 1995. *Fisika*. Jakarta: Erlangga
- Fengel, deitrick. Wegener, gerd. 1995. *Kayu Kimia Ultrastruktur Reaksi Kimia*. Yogyakarta: Gadjadara University Press
- Giancoli. 1998. *Fisika*. Jakarta: Erlangga
- Haygreen, John G. Bowyer, Jim L. 1996. *Hasil Hutan Dan Ilmu Kayu Suatu Pengantar*. Yogyakarta: Gadjadara University Press
- Jankowska. 1991. *Active Carbon*. Warsaw Poland: Ellis Harwood Limited

- Jati, Eka. 2005. *Penentuan Kalor Bakar Arang Dari Dari Sejumlah Jenis Kayu Dan Lama Pirolisis*. Jurnal Fisika Indonesia. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Gadjadara Yogyakarta
- Kusairi. 2007. *Pemodelan Konduksi Panas Pada Bahan Berbentuk Plat Homogen Dalam Kondisi Setimbang Menggunakan Metode Urata Diskrit*. Skripsi Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
- Purwanto, Agus. 2008. *Ayat-Ayat Semesta*. Mizan: Bandung
- Rossidi, Imron. 2008. *Fenomena flora dan fauna dalam prespektif al-Quran*. Malang: UIN-Malang Press
- Sears, Zemansky. 1999. *Fisika Untuk Universitas I Mekanika Panas Bunyi*. Yogyakarta: Trimitra Mandiri
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah volume 14*. Lentera Hati. Jakarta
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah volume 15*. Lentera Hati. Jakarta
- Sugiyono. 2007. *Statistik untuk Penelitian*. Alfabeta: Jakarta
- Susyandiana, Yustika. 2003. *Kajian Floristik Pohon Penyusun Vegetasi Hutan Cagar Alam Arjuna Lalijiwo Kawasan Taman Hutan Raya R. Soerjo Cangar Kota Batu Jawa Timur*. Skripsi Jurusan Biologi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Malang.
- Syamsuri, Usman Dzikri. 2010. *Penentuan Kadar Kalor Pada Bahan Kayu Sebelum Pengarangan Serta Hubungannya Dengan Nilai Densitas Zat Padat*. Skripsi Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
- Tippler. 1991. *Fisika untuk sains dan teknik*. Jakarta: Erlangga
- Wardhana, Arya wisnu. 2004. *Al-Quran dan Energi Nuklir*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar Offset
- Wardhana, Arya wisnu. 2006. *Melacak Einstein dalam Al-Quran*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar Offset
- Zemansky, Mark W dan Richard H. Dittman. 1986. *Kalor dan Termodinamika*, ITB: Bandung