

DIFFERENCES IN TEMPERATURE OF SOLAR COLLECTORS USING PAINT WITH A MIXTURE OF COCONUT SHELL CARBON AND PALM SHELL

Nereus Tugur Redationo¹, Bernardus Crisanto Putra Mbulu², Febri Valen Herwinsha³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin-Fakultas Teknik-Universitas Widya Karya-Malang-Jawa Timur

Email: tugur@widyakarya.ac.id, chris_bernardo666@widyakarya.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima:

Mei 2023

Naskah Disetujui:

Juni 2023

Naskah Diterbitkan:

Juni 2023

ABSTRACT

Coconut shell carbon and palm shell carbon which undergo a pyrolysis process at 1000°C were used as coatings for solar collectors. The two carbons were tested by SEM to determine their composition. Coconut shell carbon and palm shell carbon were mixed with paint as a coating on the aluminum surface of the solar collector. Aluminum alloy carbon paint was tested for temperature on the surface and bottom. The results of the SEM test, solar collector temperature test and discussion were the basis for knowing the carbon layer content of palm shells, coconut shells and without carbon layers. The results of the SEM test obtained the carbon content of palm shells 86.2% C and coconut shells 92.3% C. The results of the solar collector temperature test for 7 days, on the top surface of the palm shell was 3°C and the bottom surface was 0.9°C. High carbon content indicates a change in temperature in the solar collector.

Keywords: Temperature, Palm Shell Carbon, Coconut Shell Carbon, Solar Collectors, SEM.

PENDAHULUAN

Tempurung kelapa dan cangkang sawit saat ini banyak digunakan sebagai limbah. Pada proses pengarangan tempurung kelapa dan cangkang sawit diolah menjadi karbon. Karbon yang dihasilkan dari tempurung kelapa dan cangkang sawit juga dapat menjadi penghantar panas yang baik atau sebagai konduktor panas, sehingga dilakukan penelitian dengan memfokuskan pada pencampuran karbon dengan cat untuk disemprotkan pada plat aluminium untuk dijadikan kolektor surya.

Limbah tempurung kelapa yang ada di masyarakat sering kali hanya digunakan sebagai bahan bakar tungku. Beberapa industri mebel kecil ada yang sudah dimanfaatkan sebagai alat peraga edukatif ataupun cendera mata. Kegunaan lain yang dapat dilakukan menggunakan tempurung kelapa ini adalah untuk bahan baku pembuatan karbon. Kandungan kimia arang aktif adalah senyawa karbon, yang sangat berguna sebagai bahan untuk pembuatan kolektor surya. Dalam penelitian ini karbon yang ada, digunakan untuk dijadikan sebagai campuran cat yang akan digunakan untuk menambah penyerapan panas pada kolektor surya. Kelapa (*Cocos nucifera*) adalah

tanaman yang paling banyak ditemukan di daerah tropis seperti yang ada di Indonesia saat ini. Hampir semua bagian dari tanaman kelapa bisa dimanfaatkan baik itu batang, daun, buah hingga tempurungnya.

Tempurung dari buah kelapa bisa dijadikan arang untuk pembuatan karbon, grafit, dan briket melalui proses pembakaran. Jenis tempurung kelapa yang baik untuk menghasilkan karbon yaitu tempurung kelapa tua serta kering dengan warna gelap kecoklatan. Semua bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan, mulai dari batang, akar, daun, dan buah dapat dimanfaatkan. Selain itu dalam penelitian ini, penulis memfokuskan pada tempurung kelapa yang mana Tempurung kelapa mengandung atom karbon yang tinggi karena memiliki sifat kekerasan yang baik dan kadar abu yang rendah. Arang hasil pirolisis memiliki komponen penyusun yang terdiri dari air, abu, nitrogen, dan sulfur (Rampe, 2015). Kandungan adar karbon yang tinggi sebagai pembuat grafit diperlukan pemanasan yang ideal dan relatif tinggi yakni pada temperatur 1000°C (Redationo, 2017)

Pada penelitian ini kami rumuskan pada proses pemanasan tempurung kelapa dan

cangkang sawit pada suhu 1000°C dan perbandingan uji temperatur panas kolektor surya antara lapisan karbon cangkang sawit, tempurung kelapa, dan plat tanpa lapisan karbon. Tempurung kelapa saat ini banyak digunakan sebagai karbon aktif dengan pemanasan pada temperatur rendah di bawah 400°C. Pada tabel berikut disajikan perbandingan sidat antara tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa

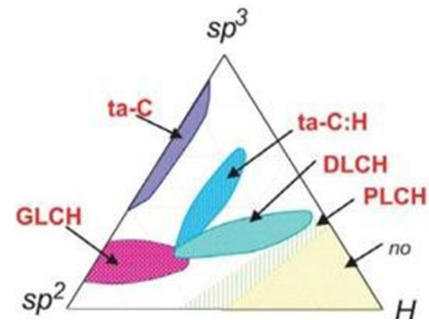
Tabel 1. Perbandingan Sifat antara Tempurung Kelapa dan Arang Tempurung Kelapa

Bahan	Komponen	Kandungan (%)	Sifat termal (kJ/kg)
Tempurung Kelapa	Moisture	10,46	18.388
	Volatile	67,67	
	Karbon	18,29	
	Abu	3,58	
Arang Tempurung Kelapa	Volatile	10,60	30.750
	Karbon	76,32	
	Abu	13,08	

Sumber: (Budi, 2011)

Karbon seperti intan/*Diamond Like Carbon* (DLC) saat ini banyak dikembangkan dengan metode *Physical Vapor Deposition* (PVD) dan *Chemical Vapor Deposition* (CVD). Dengan metode tersebut mampu membuat lapisan karbon yang karakteristiknya unik menyerupai intan dan grafit. Beberapa sifat dan karakteristik dari DLC antara lain (Chen, 2003 dan Kadiyala 2006) menyebutkan antara lain kekerasan yang tinggi (5–80 GPa), konduktivitas panas tinggi, struktur atom yang halus/nano (< 5nm), koefisien gesek yang rendah (<0,01–0,7), ketahanan terhadap abrasi, afnitas (gaya gabung) elektron negatif/negative electron affinity, tahan terhadap reaksi kimia, konstanta dielektrik rendah (<4) dan transparansi terhadap inframerah. Secara umum, sebuah karbon amorf dapat memiliki campuran sp^3 , sp^2 , dan sp^1 , dengan kemungkinan adanya hidrogen dan nitrogen. Sebuah karbon amorf yang tinggi sebagian kecil dari berlian- seperti (sp^3) dikenal sebagai karbon seperti intan (DLC). Dari beberapa sifat dan karakteristik yang unik tersebut DLC saat ini banyak di kembangkan dalam berbagai bidang. DLC dicirikan oleh struktur amorf yang terdiri atas campuran struktur seperti intan (*diamond-like*) dan struktur seperti grafit (*graphite-like*). Karakter seperti intan yang memberikan properti kekerasan tinggi berasal dari ikatan sp^3 dari atom C, sedangkan ikatan sp^2 memberikan perilaku

seperti grafit yaitu koefisien gesek rendah (Miyoshi et al., 1999). Grafit (sp^2), merupakan alotrop karbon yang berada dalam fasa stabil dengan struktur kristal heksagonal dan mempunyai densitas 2.6 g.cm³. Antar bidang heksagonal diikat oleh ikatan lemah yang disebut dengan ikatan Van der Waals, sehingga memiliki koefisien gesek yang rendah (Erdemir & Martin, 2018). Sedangkan intan/diamond (sp^3), merupakan allotrop karbon yang berada dalam fasa stabil dengan struktur kristal kubik (struktur diamond) yang membentuk *network* dan diikat oleh ikatan kovalen sehingga memiliki kekerasan tinggi.



Gambar 1. Diagram Fasa DLC
Sumber: (Casiraghi et al., 2007)

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah padat dari komoditi perkebunan kelapa sawit. Salah satu produk yang dapat dibuat dari limbah cangkang kelapa sawit adalah karbon aktif yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel waktu aktivasi terhadap analisa kadar air, zat mudah menguap, dan kadar abu pada karbon aktif. Pada penelitian ini digunakan variabel waktu aktivasi 2 jam dan 4 jam serta menggunakan NaOH 1 N. Hasil dari penelitian ini didapatkan kadar air sebesar 2,92%, Kadar Abu 1% dan Hasil penelitian ini berupa karbon aktif yang memiliki kadar 2,92%, kadar abu 1% dan zat mudah menguap 3% pada saat waktu aktivasi 2 jam. Didapatkan hasil analisa kadar air sebesar 4,3%, kadar abu 3 % dan zat mudah menguap 9% pada saat waktu aktivasi 4 jam (Wahyuni & Fathoni, 2019).

Proses selanjutnya adalah Cangkang kelapa sawit disangrai menjadi arang. Kemudian diaktivasi dengan larutan NaOH selama 2 jam dan 3 jam, selanjutnya karbon aktif dicuci dengan akuades hingga

pH netral dan dilakukan pemanasan pada suhu tinggi. Kemudian dilakukan analisa kadar air, kadar abu, dan zat mudah menguap secara duplo (Wahyuni & Fathoni, 2019).

Agregat didefinisikan secara umum sebagai susunan kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa yang berukuran besar ataupun berupa pecahan-pecahan. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil dari campuran agregat dengan material lain. Agregat dapat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya, pengolahan, dan ukuran butirnya. Berdasarkan proses terjadinya agregat dapat dibedakan menjadi batuan beku (*igneous rock*), batuan sedimen (*sedimentary rock*) dan batuan metamorfik (*metamorphic rock*) (Sukirman, 2003).

Grafit merupakan salah satu mineral dari unsur karbon selain intan. Terbentuk secara alami sebagai tiga tipe dasar yaitu serpihan, urat, dan amorf. Ketiganya memiliki struktur kristal, meskipun grafit tipe amorf adalah bahan karbon dengan tingkat keteraturan yang sangat rendah dalam struktur mikrokristalin (Akbar et al., 2021).

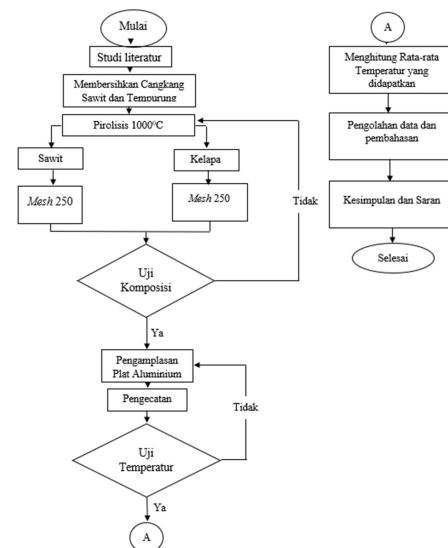
Mineral grafit sendiri dapat dibedakan menjadi 2 yaitu grafit alami dan grafit sintetis. Penggunaan grafit secara tradisional digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan pensil. Penggunaan grafit pada teknologi baru dan berkembang saat ini digunakan pada baterai litium, reaktor nuklir, panel surya dan semi konduktor (Crossley, 2000).

Mineral ini dapat dijumpai pada batuan metamorfisme regional seperti genes, sekis, filit, batu sabak, dan pada metamorfisme kontak seperti marmer dan endapan skam. Umumnya dalam mencari keterdapatannya mineral grafit, formasi geologi yang berupa batuan malihan dapat digunakan sebagai panduan dalam menentukan formasi pembawa mineral grafit. Indonesia mempunyai beberapa jalur batuan malihan terutama di Pulau Sulawesi, Pulau Sumatera, dan Pulau Kalimantan, sehingga menjadi potensi mineral grafit di Indonesia (Akbar et al., 2021).

METODE PENELITIAN

Banyaknya limbah tempurung kelapa dan cangkang sawit mengakibatkan tercemarnya lingkungan. Sebenarnya limbah tempurung kelapa dan cangkang sawit mengandung unsur penting yang bisa diolah dan digunakan menjadi energi terbarukan. Setelah dilakukan penelitian diketahui bahwa unsur yang paling banyak terkandung pada limbah tempurung kelapa dan cangkang sawit adalah unsur karbon. Unsur ini sangat penting dalam penelitian ini karena mempengaruhi peningkatan penyerapan panas dan sebagai emisivitas yang mana rasio energi yang diradiasikan oleh benda hitam (kolektor surya) dapat menghantarkan panas dengan baik. Dalam penelitian ini, ada 3 sampel yang digunakan yaitu sampel dengan lapisan karbon cangkang sawit, tempurung kelapa, dan sampel tanpa lapisan karbon. Ketebalan lapisan karbon untuk kedua sampel tersebut juga mempengaruhi penyerapan panas untuk kolektor surya. Jika semakin tebal lapisan karbon, maka penyerapan panas akan berjalan lambat, karena energi panas harus melalui lapisan yang tebal, sedangkan jika lapisan kolektor surya semakin tipis, maka akan mempermudah dalam proses penyerapan panas karena panas yang diserap mudah menembus lapisan karbon dan akan diteruskan dari permukaan atas spesimen ke permukaan bawah spesimen.

Adapun diagram alir dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



Adapun beberapa variabel penelitian yang dilakukan:

1. Variabel Bebas (*Independent variable*)
Variabel bebas adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi sebab berubahnya atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah karbon cangkang sawit dan tempurung kelapa.
2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)
Variabel terikat adalah kondisi yang hendak kita jelaskan. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah plat aluminium dan cat.

Dari karbon tempurung kelapa dan cangkang kelapa sawit akan dicampurkan cat dan dilapisi pada plat aluminium dengan cat hitam tahan 200°C sebagai pengikat/perekat sehingga akan dibuatkan 4 spesimen dan menguji temperatur. Kalor yang masuk didapat dari panas matahari (q_{in}) yang akan melewati spesimen. Temperatur pada permukaan spesimen (T_1) dan temperatur setelah melewati (T_2) spesimen akan diukur dengan termokopel.



Gambar 2. Spesimen yang akan diuji.

Keterangan gambar:

k = Konduktifitas spesimen (W/m)

$K dx$ = Ketebalan Spesimen (mm)

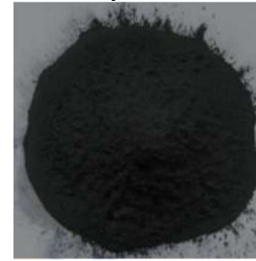
A = Luas Permukaan Spesimen (mm²)

T_1 = Temperatur Permukaan Spesimen (K)

T_2 = Temperatur Setelah Melewat Spesimen (K)

Selanjutnya proses pembuatan sampel benda uji akan melalui beberapa tahap antara lain, proses pengolahan bahan, penjemuran, pengarangan/pengabuan (karbonasi). Adapun hasil dari proses karbonasi ini menghasilkan serbuk karbon yang akan digunakan sebagai

lapisan kolektor surya.

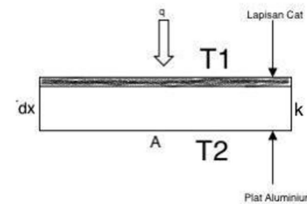


Gambar 3. Serbuk Tempurung Kelapa setelah diayak menggunakan mesh 50

Serbuk arang tempurung kelapa yang sudah diayak di karakterisasi dengan menggunakan pengujian SEM XRD. Data yang diperoleh dari pengujian SEM XRD adalah foto mikro, unsur, kandungan dan komposisinya. Masing-masing perlakuan diambil 3 sampel pengujian.

Hasil foto mikro dianalisis dengan membandingkan beberapa referensi. Perhitungan diameter pori diambil dari masing-masing pengujian dengan perbesaran 1200x, 1800x, dan 2000x, selanjutnya diambil rata-ratanya. Unsur, komposisi dan kandungan serbuk arang tempurung kelapa dari masing-masing perlakuan temperatur dianalisis dan dibandingkan dengan referensi jurnal dan dilakukan pembahasan (Redationo, 2017).

Sebelum masuk dalam skema alat uji, kita bisa melihat urutan proses pembuatan alat kolektor surya sebagai berikut:



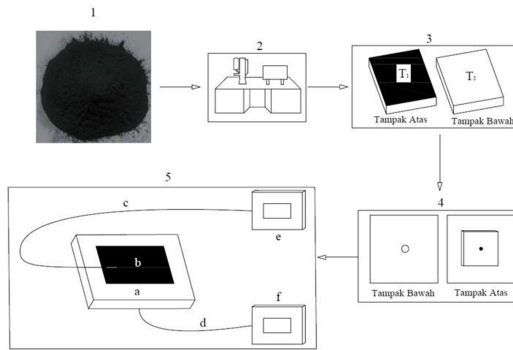
Gambar 4. Proses Pembuatan Kolektor Surya

Proses yang dilakukan dalam pengujian ini adalah:

1. membersihkan cangkang sawit dan tempurung kelapa.
2. Proses pirolisis 1000 °C.
3. Arang hasil pirolisis ditumbuk hingga halus.
4. Setelah halus, arang akan diayak menggunakan mesh 250 (63 μm).
5. Hasil dari mesh akan diuji SEM.

6. Setelah diuji SEM, amplas bagian atas aluminium.
7. Hasil dari uji SEM dicampurkan dengan cat dan tiner 1:1 dan disemprotkan pada plat aluminium.
8. Yang terakhir yaitu uji temperatur dari Kolektor Surya.

Untuk skema penelitian dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 4. Proses Pengujian Plat Aluminium

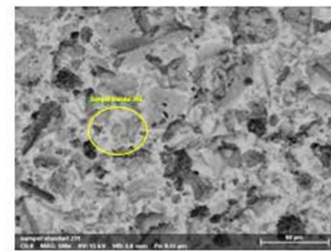
Dari Gambar 4. bisa dilihat keterangan tiap angka sebagai berikut:

1. Serbuk Karbon
2. Alat Uji SEM
3. Plat Kolektor Surya
4. Batu Tahan Api
5. Pengujian Kolektor Surya
 - a. Batu Tahan Api
 - b. Plat Kolektor Surya
 - c. T1 (Temperatur Permukaan Atas Spesimen)
 - d. T2 (Temperatur Lapisan Bawah Spesimen)
 - e. Thermokopel 1
 - f. Thermokopel 2

Berdasarkan gambar 4., dapat kita lihat proses pembuatan benda uji sekaligus proses pengumpulan data di lapangan. Yang pertama adalah menguji sampel serbuk karbon ditunjukkan pada nomor (1) dengan menggunakan alat uji SEM yang ditunjukkan pada nomor (2), selanjutnya adalah proses pengecatan benda uji pada permukaan plat aluminium yang ditunjukkan pada gambar nomor (3), selanjutnya adalah proses pembuatan batu tahan api sebagai lapisan bawah dari plat aluminium yang ditunjukkan pada gambar nomor (4), dan yang terakhir adalah proses pengujian benda uji di lapangan menggunakan thermokopel yang ditunjukkan pada gambar nomor (5).

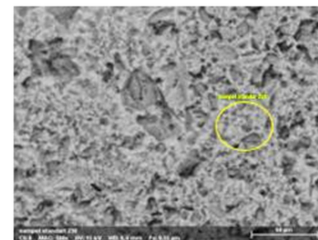
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini yang digunakan sebagai data acuan data kandungan karbon dari hasil pengujian SEM. Pengujian SEM sendiri merupakan pengujian yang dilakukan guna mengetahui secara detail kandungan yang terdapat pada arang cangkang sawit dan juga tempurung kelapa, sehingga kita dapat mengetahui kandungan karbon yang terdapat dari pengujian SEM ini, serta perbandingan presentase karbon yang terdapat pada arang cangkang sawit dan tempurung kelapa. Dari hasil pengujian SEM ini, kita bisa mengetahui kadar karbon tertinggi dari antara kedua sampel tersebut.



Gambar 5. Gambar Mikro Arang Cangkang Sawit perbesaran 500x
Sumber: Hasil Uji SEM

Dari gambar 5 dapat dilihat pada perbesaran 500x, tampak struktur dari karbon cangkang sawit memiliki pori-pori yang besar dan berstruktur kasar.



Gambar 6. Gambar Mikro Arang Tempurung Kelapa perbesaran 500x
Sumber: Hasil Uji SEM

Dari gambar 5 dapat dilihat pada perbesaran 500x, tampak struktur karbon tempurung kelapa terlihat lebih halus dan memiliki pori-pori yang kecil.

Sehingga dari kedua gambar di atas yaitu gambar 5 dan gambar 6 dapat dilihat perbedaan yang dominan yaitu perbedaan tekstur pada kedua karbon dan dapat disimpulkan bahwa tekstur yang lebih halus memiliki presentase karbon terbaik yang dimiliki oleh karbon tempurung kelapa dibandingkan karbon cangkang sawit. Selanjutnya, dari dua data yang didapatkan

(data presentase kandungan karbon dari arang cangkang sawit dan tempurung kelapa) akan dilakukan uji temperatur yang terbaik dari kedua sampel. Kedua sampel tersebut akan dihaluskan menggunakan lesung dan arang yang telah dihaluskan akan diayak menggunakan mesh 250 (63 µm). Selanjutnya kedua sampel tersebut dicampur menggunakan cat dengan takaran 1:1 sebagai perekat pada plat aluminium sehingga dapat di uji kemampuan dalam menyerap panas antara kedua sampel dengan menggunakan Thermokopel.

Dari penelitian yang dilakukan dari pengujian SEM, diperoleh beberapa unsur yang terdapat pada cangkang sawit dan tempurung kelapa dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Data Presentase Kandungan Karbon Cangkang Sawit

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
C	6	17087	52.17	77.95	86.15	6.84	13.11
O	8	1147	7.97	11.91	9.88	1.76	22.13
Ca	20	2733	2.54	3.79	1.26	0.12	4.72
Si	14	2341	1.93	2.89	1.37	0.12	6.31
Al	13	1559	1.47	2.19	1.08	0.11	7.55
Fe	26	339	0.70	1.05	0.25	0.07	10.25
Hg	80	96	0.14	0.21	0.01	0.04	29.54
		Sum	66.93	100.00	100.00		

Sumber: Hasil Uji SEM

Tabel 3. Data Presentase Kandungan Karbon Tempurung Kelapa

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
C	6	23597	87.38	87.38	92.26	11.04	12.63
O	8	626	7.91	7.91	6.27	2.08	26.30
K	19	1911	2.88	2.88	0.94	0.14	4.95
Ca	20	530	0.97	0.97	0.31	0.08	8.34
Fe	26	161	0.75	0.75	0.17	0.09	12.39
Al	13	103	0.11	0.11	0.05	0.04	34.66
N	7	0	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
		Sum	100.00	100.00	100.00		

Sumber: Hasil Uji SEM

Dari hasil uji SEM, diperoleh kandungan karbon yang paling besar terdapat dalam sampel tempurung kelapa. Selanjutnya sampel cangkang sawit dan tempurung kelapa ditumbuk sampai halus dan diayak menggunakan mesh 250 (63 µm), setelah itu dicampur cat dan tiner dengan perbandingan 1:1. Kemudian disemprotkan pada plat aluminium menggunakan kompressor. Setelah itu kolektor surya siap diuji di lapangan.

Dalam proses pengambilan data di lapangan, dilakukan dalam kurun waktu 7 hari. Sampel yang telah dibuat akan dijemur dibawah sinar matahari mulai pukul 12.12 WIB – 12.57 WIB tetapi proses penjemuran

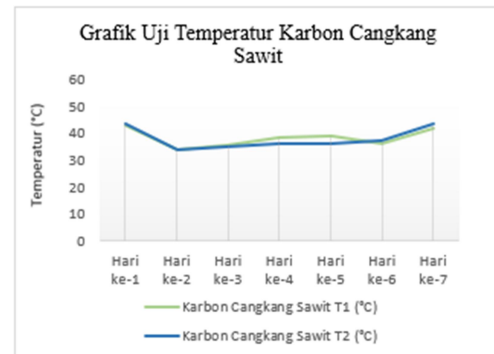
ini juga disesuaikan dengan cuaca, jadi ada beberapa hari yang dimulai penjemuran di atas jam 12.12 WIB siang hari. Proses pengambilan data dilakukan setiap 5 menit saat penjemuran kolektor surya. Ada tiga sampel yang penulis uji yaitu kolektor surya dengan Lapisan Karbon Cangkang Sawit, Lapisan Karbon Tempurung Kelapa, dan kolektor surya tanpa lapisan karbon.

Kolektor surya dengan lapisan karbon cangkang sawit. Hasil pengujian dilapangan yang dilakukan selama 7 hari dengan sampel karbon dari cangkang sawit diperoleh rata-rata.

Tabel 4. Temperatur Rata-Rata Pengujian Selama 1 – 7 Hari Karbon Cangkang Sawit

Karbon Cangkang Sawit		
Hari	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)
1	43.1	43.3
2	33.7	33.8
3	35.5	35.2
4	38.2	35.9
5	38.7	36.1
6	36.1	37
7	41.8	43.3
Rata-Rata	38.2	37.8

Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 7. Grafik Uji Temperatur Karbon Cangkang Sawit

Sumber: Dokumen Pribadi

Dari Tabel 4. diperoleh data rata-rata dihari pertama, kedua, keenam dan ketujuh T₂ (Temperatur yang melewati Spesimen) lebih tinggi dibandingkan T₁ (Temperatur Permukaan Spesimen), hal ini disebabkan oleh cuaca dengan tingkat angin yang lebih tinggi sehingga permukaan spesimen cepat mengalami penurunan temperatur. Sedangkan pada hari ketiga sampai hari kelima T₂ (Temperatur yang melewati Spesimen) lebih rendah dibandingkan T₁ (Temperatur Permukaan Spesimen) hal ini dikarenakan cuaca dengan tingkat angin yang sedang.

Perbandingan T1 dan T2 dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari karbon cangkang sawit dan tempurung kelapa terhadap peningkatan penyerapan panas dengan presentase karbon yang berbeda. Dalam hal ini, jika dihitung rata-rata temperatur selama 7 hari dari permukaan spesimen ke permukaan bawah spesimen diperoleh ΔT -nya $0,4^{\circ}\text{C}$, sehingga penyerapan panas yang dihasilkan lebih cepat.

Kolektor surya dengan lapisan karbon tempurung kelapa

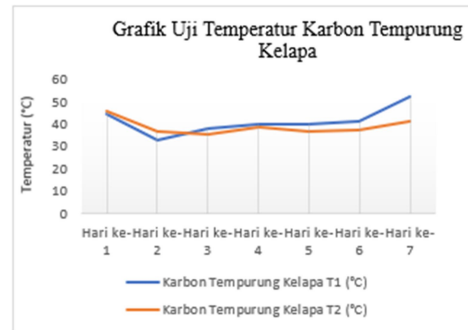
Hasil pengujian dilapangan yang dilakukan selama 7 hari dengan sampel karbon dari tempurung kelapa diperoleh rata-rata.

Tabel 5. Temperatur Rata-Rata Pengujian Selama 1 – 7 Hari Karbon Tempurung Kelapa

Plat Tanpa Lapisan Karbon		
Hari	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)
1	45.6	39.9
2	33.5	33.4
3	31.7	34.4
4	35	36
5	37.5	35.3
6	41.1	37.2
7	50.9	43.6
Rata-Rata	39.3	37.1

Sumber: Dokumen Pribadi

Dari tabel 5. diperoleh data rata-rata dihari pertama dan kedua uji temperatur dari T2 (Temperatur yang melewati Spesimen) lebih tinggi dibandingkan T1 (Temperatur Permukaan Spesimen), hal ini dikarenakan pada saat kolektor surya dijemur temperatur atas meningkat dan bawah juga meningkat, dan pencatatan hasil dilakukan per 5 menit sekali sehingga pada menit ke-3 cuaca panas menurun dan angin kencang maka permukaan atas akan lebih cepat turun temperaturnya dibandingkan bagian bawah dari kolektor surya tersebut, Sedangkan pada hari ketiga sampai ke tujuh cuaca panasnya normal sehingga T1 (Temperatur Permukaan Spesimen) lebih panas dibandingkan T2 (Temperatur yang melewati Spesimen). Dalam hal ini, jika dihitung rata-rata temperatur selama 7 hari dari permukaan spesimen ke permukaan bawah spesimen diperoleh ΔT -nya sebesar $2,5^{\circ}\text{C}$, sehingga penyerapan panas yang dihasilkan lebih lambat.



Gambar 8. Grafik Uji Temperatur Karbon Tempurung Kelapa

Sumber: Dokumen Pribadi

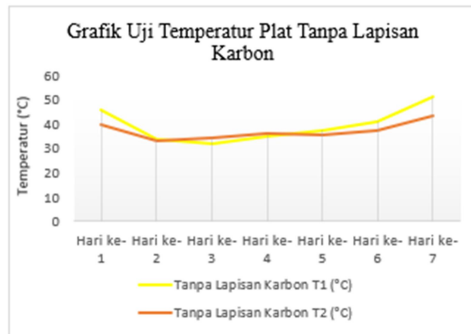
Kolektor Surya tanpa Lapisan Karbon Hasil pengujian dilapangan yang dilakukan selama 7 hari dengan sampel plat tanpa lapisan karbon diperoleh data rata-rata.

Tabel 6. Temperatur Rata-Rata Pengujian Selama 1 – 7 Hari PLAT Tanpa Lapisan Karbon

Karbon Tempurung Kelapa		
Hari	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)
1	44.6	45.4
2	32.6	36.6
3	38.2	35.6
4	39.9	38.7
5	40.1	36.6
6	41	37.1
7	52	41.2
Rata-Rata	41.2	38.7

Sumber: Dokumen Pribadi

Dihari pertama, kedua, kelima, keenam dan ketujuh uji temperatur dari T1 (Temperatur Permukaan Spesimen) lebih tinggi dibandingkan T2 (Temperatur yang melewati Spesimen) ini dikarenakan cuaca panas yang normal dan angin yang sedang. Sedangkan pada hari ketiga dan keempat T2 (Temperatur yang melewati Spesimen) lebih tinggi dibandingkan T1 (Temperatur Permukaan Spesimen). Dalam hal ini, jika dihitung rata-rata temperatur selama 7 hari dari permukaan spesimen ke permukaan bawah spesimen diperoleh ΔT -nya sebesar $2,2^{\circ}\text{C}$, sehingga penyerapan panas yang dihasilkan lebih lambat karena energi panas yang didapatkan tidak semua diserap karena T1 dari kolektor surya tanpa lapisan karbon berwarna silver sehingga panas yang diterima sebagiannya akan dipantulkan.



Gambar 8. Grafik Uji Temperatur Plat Tanpa Karbon
Sumber: Dokumen Pribadi

Dari ketiga tabel dan gambar grafik di atas dapat dilihat perbandingan antara sampel karbon cangkang sawit dan tempurung kelapa yang mana diketahui yang terbaik untuk penyerapan panas adalah karbon cangkang sawit. Hal ini dibuktikan dari hasil penelitian yang dilakukan selama 7 hari. Berdasarkan data diperoleh nilai ΔT sampel karbon cangkang sawit sebesar $0,4^{\circ}\text{C}$, dan untuk ΔT sampel tempurung kelapa sebesar $2,5^{\circ}\text{C}$. Dari kedua sampel tersebut yang paling baik dalam menyerap panas adalah sampel dengan ΔT terendah, walaupun untuk presentase karbon untuk cangkang sawit lebih kecil dibandingkan dengan tempurung kelapa yaitu sebesar $86,15\%$ C berbanding $92,3\%$ C, tetapi berdasarkan hasil uji SEM diperoleh unsur yang terkandung didalam cangkang sawit selain karbon adalah silikon yang mana dapat membantu dalam penyerapan panas. Sedangkan tempurung kelapa tidak memiliki kandungan silikon. Selanjutnya kita bisa melihat perbandingan ΔT antara lapisan karbon tempurung kelapa dan plat tanpa lapisan karbon. Didapatkan nilai ΔT keduanya adalah $2,5^{\circ}\text{C}$ dan $2,2^{\circ}\text{C}$. Jika dilihat dari nilai ΔT -nya, plat tanpa lapisan karbon lebih baik, tetapi jika dilihat dari temperatur kedua sampel diperoleh T_1 dari tempurung kelapa lebih banyak menyerap panas, sedangkan T_1 dari Plat tanpa lapisan karbon lebih kecil, karena sebagian energi panas dipantulkan oleh T_1 dari plat aluminium tanpa lapisan karbon yang mana diketahui palat tanpa lapisan karbon memiliki warna silver dan diketahui warna untuk menyerap panas adalah warna gelap.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas,

maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut: Hasil uji SEM dan pembahasan pada pirolisis/pemanasan temperatur 1000°C diperoleh kadar kandungan karbon cangkang sawit $86,2\%$ C dan tempurung kelapa $92,3\%$ C. Perbandingan uji temperatur kolektor surya dengan lapisan karbon cangkang sawit, tempurung kelapa dan tanpa lapisan karbon. Hasil uji kolektor surya menunjukkan selama 7 hari, didapatkan paling baik menyerap panas adalah lapisan karbon cangkang sawit dengan perbedaan temperatur $0,4^{\circ}\text{C}$.

REFERENSI

- [1] Akbar, K., Hasria, & Asfar, S. (2021). Karakteristik Mineral Grafit Daerah Samaturu, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Geosains Dan Teknologi, Volume 4 N*.
- [2] Budi, E. (2011). Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Tempurung Kelapa sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Penelitian Sains, Volume 14*.
- [3] Casiraghi, C., Robertson, J., & Ferrari, A. C. (2007). Diamond-Like Carbon for data and beer Storage. *Materials today, 10(1–2)*, 44–55. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702106717916>
- [4] Crossley, P. (2000). Graphite high-tech supply sharpens up. *Industrial Minerals*, 31–47.
- [5] Erdemir, A., & Martin, J. M. (2018). Superior wear resistance of diamond and DLC coatings. *Current Opinion in Solid State and Materials Science, 22(6)*, 243–254. <https://doi.org/10.1016/j.cossms.2018.11.003>
- [6] Husin, A. A. (2003). *Limbah Untuk Bahan Bangunan*.
- [7] Miyoshi, K., Pohlchuck, B., Street, K. W., Zabinski, J. S., Sanders, J. H., Voevodin, A. A., & Wu, R. L. C. (1999). Sliding wear and fretting wear of diamondlike carbon-based, functionally graded nanocomposite coatings. *Wear, 225–229(I)*, 65–73. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(98\)00349-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(98)00349-4)

-
- [8] Muliadi, D. (2015). *Universitas Sumatera Utara* 7. Pusat Laboratorium. (2022). *Tungku Pemanas*.
<https://pusatalatlaboratorium.com/>
- [9] Rampe, M. J. (2015). Konversi Arang Tempurung Kelapa Menjadi Elektroda Karbon. *Chemistry Progress*, 8(2), 77–86.
- [10] Rampe, M. J., Tiwow, V. A., & Rampe, H. L. (2013). Potensi Arang Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa sebagai Material Karbon. *Jurnal Sainsmat*, II(2), 191–197.
- [11] Redationo, N. T. (2017a). Karakterisasi Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Target Dengan Variasi Temperatur Pemanasan. *Wawasan*, XXVI(1), 27–34.
- [12] Redationo, N. T. (2017b). Katariksasi Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Target Dengan Variasi Temperatur Pemanasan, *Wawasan*, Volume XXV.
- [13] Roilbilad. (2010). *Visualisasi fouling: Scanning electron microscopy (SEM)*.
<https://roilbilad.wordpress.com/2010/10/21/visualisasi-fouling-scanning-electron-microscopy-sem/>
- [14] Suhardiyono, L. (1995). *Tanaman Kelapa Budidaya dan pemanfaatannya*. Kanisius.
- [15] Sukirman, S. 2003. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- [16] Wahyuni, I., & Fathoni, R. (2019). Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Waktu Aktivasi. *Jurnal Chemurgy*, 3(1), 11.
<https://doi.org/10.30872/cmng.v3i1.2776>