



JURNAL REKAYASA, TEKNOLOGI PROSES DAN SAINS KIMIA

Received: 02-12-2022

Accepted: 09-12-2022

Published: 04-01-2023

Manufacture of Capacitors from Activated Carbon from Used Batteries, Chicken Bones and Banana Skins

Marcellus Eko Rustanto¹⁾, Yusuf Yudita²⁾, and Adi Ilcham³⁾ *

Jurusan Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta Jl. Lingkar Utara Condongcatur Yogyakarta

*Corresponding: adi_ilcham@upnyk.ac.id

Abstrak

Penyimpanan energi dapat dilakukan pada sel bahan bakar, baterai dan kapasitor. Kemampuan sebuah kapasitor menyimpan energi ditentukan oleh sifat permukaan elektrodanya. Semakin besar luas permukaan elektrodanya, semakin besar pula kemampuan menyimpan energi. Luas permukaan yang besar dapat dicapai dengan menggunakan ukuran karbon aktif yang sangat kecil. Pada penelitian ini dibuat kapasitor dengan memanfaatkan bahan buangan seperti kulit pisang, tulang ayam, dan baterai bekas. Pemanfaatan bahan-bahan ini merupakan salah satu cara mengolah lingkungan. Penelitian diawali dengan menyiapkan bahan kulit pisang, tulang ayam, dan baterai bekas. Selanjutnya dibuat karbon aktif dari bahan-bahan tersebut dan diamati sifat-sifatnya. Karbon aktif yang dibuat dengan memperhatikan standar Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-19. Akhirnya karbon aktif diubah menjadi kapasitor. Setelah dilakukan analisis luas permukaan dengan metoda BET diperoleh luas karbon aktif adalah 109,075 m²/g; 104,926 m²/g; 67,210 m²/g masing-masing untuk tulang ayam, kulit pisang, dan baterai bekas. Kapasitansi Spesifik hasil karbon modifikasi HNO₃ sampel tulang ayam, kulit pisang dan baterai bekas berturut-turut didapat 32,3625 µF/g; 25,3376 µF/g; 20,2901 µF/g.

Kata kunci: karbon aktif, kapasitor, kapasitansi, bahan buangan.

Abstract

Energy storage can be done in fuel cells, batteries and capacitors. The ability of a capacitor to store energy is determined by the nature of its electrode surface. The larger the surface area of the electrode, the greater the ability to store energy. A large surface area can be achieved by using a very small size of activated carbon. In this study, capacitors were made using waste materials such as banana peels, chicken bones, and used batteries. Utilization of these materials is one way to treat the environment. The research begins by preparing banana peels, chicken bones, and used batteries. Furthermore, activated carbon is made from these materials and their properties are observed. Activated carbon made by taking into account the Indonesian National Standard (SNI) 06-3730-19. The activated carbon is converted into a capacitor. After analyzing the surface area using the BET method, the activated carbon area was 109.075 m²/g; 104.926 m²/g; 67.210 m²/g each for chicken bones, banana peels, and used batteries. The Specific Capacitance of modified carbon from HNO₃ samples of chicken bones, banana peels and used batteries was 32.3625 F/g, consecutively 25.3376 F/g; 20.2901 F/g.

Keywords: activated carbon, capacitor, capacitance, waste material.**How to Cite:** Pertama, N.P. Pertama, P. & Ketiga, P. (2021). Judul Hendaknya Ringkas dan Informatif Tidak Lebih dari 15 Kata. REPROKIMIA – Jurnal Rekayasa Teknologi Proses dan Sains Kimia

I. PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang dihadapi oleh umat manusia saat ini adalah energi. Penyimpanan energi yang baik merupakan salah satu cara dalam mengelola energi (So, 2014). Energi harus dapat disimpan sebanyak-banyaknya meskipun menggunakan volume bahan yang sangat kecil. Sebuah perangkat penyimpan energi disebut kapasitor, yang memiliki sifat dapat menyimpan energi untuk sementara waktu

(Arepalli, et al., 2005; Zhang, et al., 2009). Kemampuan sebuah kapasitor didasarkan pada banyaknya energi yang tersimpan. Jika tegangan diberikan pada kapasitor, muatan akan terakumulasi di dalamnya. Hal mendasar yang membedakan superkapasitor dengan kapasitor konvensional adalah pada strukturnya. Kapasitor konvensional menggunakan logam sebagai bahan elektroda yang dipisahkan dari bahan dielektrik, sedangkan pada superkapasitor, elektroda yang dipakai berbasis material karbon dengan ketebalan tertentu sehingga menurunkan jarak antara elektroda.

II. STUDI PUSTAKA

A. Kapasitor Elektrokimia

Superkapasitor hadir sebagai terobosan baru yang diciptakan untuk melengkapi kekurangan baterai, sel bahan bakar, dan kapasitor konvensional yaitu kemampuannya untuk menghasilkan rapat daya dan rapat energi yang tinggi. Baterai memiliki rapat energi yang tinggi tetapi memiliki rapat daya yang rendah. Sel bahan bakar memiliki rapat energi lebih tinggi dibanding baterai tetapi rapat daya sel bahan bakar lebih kecil dibanding baterai. Sedangkan kapasitor konvensional pada umumnya memiliki rapat daya yang sangat tinggi namun memiliki rapat energi yang rendah (Arepalli, dkk., 2005). Hal mendasar yang membedakan superkapasitor dengan kapasitor konvensional adalah pada strukturnya. Kapasitor konvensional menggunakan logam sebagai bahan elektroda yang dipisahkan dari bahan dielektrik, sedangkan pada superkapasitor, elektroda yang dipakai berbasis material karbon dan ketebalan bahan dielektrik dibuat jauh lebih tipis sehingga menurunkan jarak antara elektroda. Efek kapasitansi superkapasitor muncul akibat dua lapisan substrat karbon yang terpisah pada jarak yang sangat kecil yaitu skala nanometer. Konstruksi sebuah kapasitor berupa dua keeping sejajar dengan jarak tertentu. Di antara dua keeping tersebut terdapat bahan dielektrik. Oleh karena itu, kapasitansi pada sebuah kapasitor ditentukan oleh luas penampang, jarak antar plat, dan bahan dielektrik. Pada luas penampang pelat, dengan semakin besar luas penampang pelat maka semakin besar nilai kapasitansinya. Pada jarak antar pelat, bila jarak antar kedua pelat semakin lebar maka kapasitansinya semakin kecil dan sebaliknya. Pada bahan dielektrik, dengan semakin besar permitivitas bahan dielektrik memberikan nilai kapasitansi yang semakin besar, demikian pula sebaliknya.

B. Karbon Aktif

Karbon aktif bersifat amorf berbentuk cincin heksagonal yang tersusun paralel. Sifat fisis dari karbon aktif terutama ditentukan oleh ukuran pori dan luas permukaannya. Karbon aktif mempunyai luas permukaan yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 500-1.500 m² per gram dan volume pori berkisar antara 0,7-1,8 cm³ per gram (Cecen dan Aktas, 2012).

Tabel 1. Standard karbon aktif menurut SNI 06-3703- 1995

Uraian	Prasyarat kualitas	
	Butiran	Serbuk
Kadar air %	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar abu %	Maks. 2,5	Maks. 10
Daya serap terhadap yodium mg/g	Min. 750	Min. 750

C. Aktivasi Karbon Aktif

Aktivasi karbon aktif merupakan proses penting dalam pembuatan karbon aktif. Aktivasi karbon bertujuan untuk memperbesar dan menghilangkan pengotor pada pori-pori karbon (Rahayu dan Adhityawarman, 2014). Aktivasi dapat dilakukan melalui dua metoda yaitu aktivasi fisis dan aktivasi kimiawi. Pada penggunaan karbon sebagai kapasitor, diperlukan melakukan aktivasi karbon dengan cara disperse (Ali SK dan Al-khediary, 2019). Pada pelaksanaan aktivasi dispersi karbon direaksikan dengan tiga mol sodium hidroksida dan ditambahkan air. Proses dispersi dilakukan selama dua jam. Setelah karbon terdispersi dalam air selanjutnya dilakukan proses pengeringan.

Tujuan penelitian ini adalah membuat kapasitor dari karbon aktif berdasar standard SNI 06-3703-1995. Kapasitor yang diperoleh diuji terhadap kapasitansi spesifik yaitu kemampuan menyimpan muatan listrik. Selain itu dipelajari juga kemampuan kapasitor terhadap suhu, daya serap iodium terhadap luas permukaan dan pengaruhnya terhadap daya kapasitansi kapasitor.

D. Modifikasi Permukaan

Modifikasi permukaan dengan treatment dengan larutan asam umumnya digunakan untuk mengoksidasi permukaan pori karbon, meningkatkan karakter asam, menghilangkan unsur-unsur mineral, dan meningkatkan sifat hidrofilik dari permukaan karbon aktif. Shim dkk. (2001) telah memodifikasi karbon aktif fiber dengan asam nitrat dan natrium hidroksida. Luas permukaan karbon aktif fiber menurun setelah dioksidasi dengan asam nitrat 1 M, tetapi konsentrasi asam total meningkat tiga kali lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif fiber tanpa treatment. Gugus asam karboksilat dan kuinon muncul setelah modifikasi dengan asam nitrat.

E. Metode Voltametri Siklik

Metode voltametri siklik merupakan metode untuk elektroanalisis pengukuran analit yang berdasarkan pengukuran arus sebagai fungsi potensial. Hasil pengukuran berupa kurva berbentuk voltamogram yang menunjukkan hubungan antara potensial dengan arus. Pada teknik voltametri ini, potensial diberikan dalam suatu siklus antara dua nilai beda potensial, pada awal potensial meningkat hingga maksimum, kemudian turun secara linier dengan nilai kemiringan yang sama hingga kembali ke potensial awal (Atkins dan Paula, 2009).

III. METODE PENELITIAN

A. Gambar dan Tabel

Bahan-bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tulang ayam, kulit pisang, baterai bekas dimana bahan tersebut mudah digunakan untuk pembuatan karbon. Tulang ayam dari ayam broiler yang di peroleh dari pasar tradisional terdekat, kulit pisang dan baterai bekas AAA dibersihkan dengan air, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari dan dipanaskan dalam oven pada suhu 100°C selama 24 jam. Kemudian bahan dipotong-potong menjadi kecil selanjutnya di blender sampai halus. Bahan yang telah halus kemudian dikarbonisasi dalam furnace selama 3 jam dengan suhu 110°C; 300°C; 500°C; dan 600°C. Proses tersebut menghasilkan karbon yang kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran 80 mesh sehingga menjadi serbuk karbon.

Aktivasi karbon dilakukan dengan mencampurkan 10 gram karbon kedalam 25 mL larutan NaOH 0,5 M dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian karbon disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C sampai beratnya konstan. Setelah karbon teraktivasi dilakukan pengujian SNI 06-3703-1995 yaitu pengujian kadar air, bilangan iodine, kadar abu untuk mengetahui apakah karbon aktif sesuai standar SNI sehingga layak disebut karbon aktif. Standar pengujian SNI dilakukan sebagai berikut.

1. Pengujian kadar air pada karbon dilakukan dengan menempatkan sebanyak satu gram karbon aktif dalam cawan porselin. Cawan kemudian dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C selama 3 jam sampai bobotnya konstan dan didinginkan dalam desikator lalu ditimbang. Pengeringan dan penimbangan diulangi setiap satu jam sampai diperoleh bobot konstan.
2. Pengujian kadar abu pada karbon aktif dilakukan dengan menempatkan 2 gram karbon aktif dalam cawan krus. Kemudian krus dimasukkan dalam furnace pada suhu 700°C selama 6 jam atau hingga seluruh karbon aktif menjadi abu.
3. Pengujian bilangan iodine karbon aktif dilakukan sebanyak 0,5 gram dicampurkan dengan 50 mL larutan iodium 0,1 N. Kemudian dikocok selama 15 menit lalu disaring. Filtrat yang diperoleh sebanyak 10 mL dititrasikan dengan larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N hingga muncul warna kuning samar dari larutan. Kemudian larutan ditambahkan beberapa tetes larutan kanji 1% hingga muncul warna biru dan dititrasi kembali hingga warna biru tepat hilang.

Langkah selanjutnya setelah didapatkan karbon aktif adalah dengan memodifikasi permukaan. Modifikasi permukaan dengan menggunakan larutan asam umumnya digunakan untuk mengoksidasi permukaan pori karbon, meningkatkan karakter asam, menghilangkan unsur-unsur mineral dan meningkatkan sifat hidrofilik dari permukaan karbon aktif. (Ismanto dkk, 2010) Permukaan karbon memiliki pengaruh dalam meningkatkan nilai kapasitansi karbon aktif sebagai bahan elektroda.

1. Modifikasi Permukaan

Karbon yang teraktivasi dicampur dengan larutan oksidator HNO_3 . Lalu didiamkan selama 24 jam kemudian dilakukan pencucian dengan akuades dan mengeringkan karbon dalam oven pada suhu 110°C sampai beratnya konstan

2. Karakterisasi dengan metoda Titration Boehm

Analisis gugus asam dilakukan dengan merendam 0,5 gram karbon aktif ke dalam masing-masing larutan NaHCO_3 0,05 N, Na_2CO_3 0,05 N dan NaOH 0,05 N sebanyak 50 mL. Campuran didiamkan selama 24 jam dan disaring. Sebanyak 10 mL masing-masing filtrat dipipet dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer kemudian ditambahkan 12 mL larutan HCl dan 2-3 tetes indikator PP. Analit tersebut dititrasi balik menggunakan NaOH 0,05 N. Analisis gugus basa dilakukan dengan merendam 0,5 gram karbon aktif dalam HCl 0,05 N sebanyak 50 mL. Campuran didiamkan selama 24 jam dan disaring. Filtrat yang dihasilkan, dipipet sebanyak 10 mL ke dalam Erlenmeyer kemudian ditambahkan 12 mL NaOH 0,05 N dan 2-3 tetes indikator metil merah. Campuran dititrasi balik dengan HCl 0,05 N (Ismanto, dkk, 2010).

3. Karakterisasi dengan metoda BET

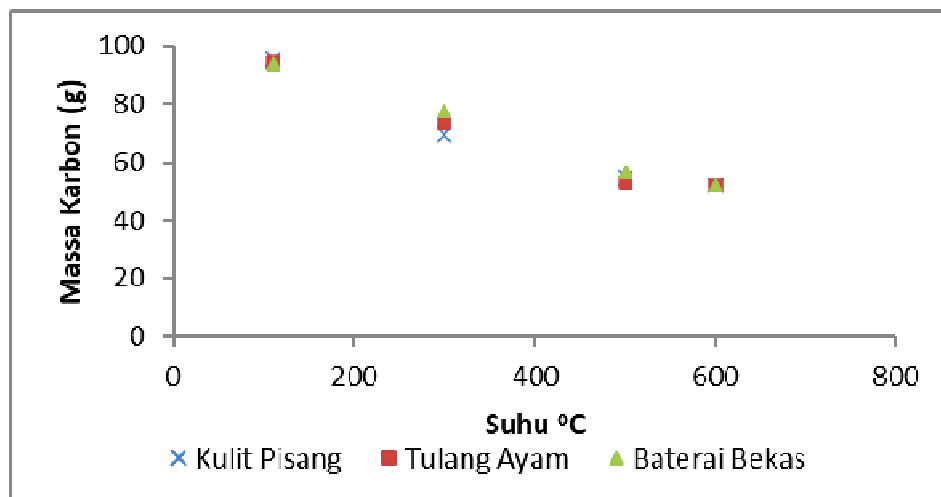
Analisis Brunauer-Emmett-Teller (BET) merupakan sebuah cara mengukur luas permukaan (surface area analysis) bahan. Karbon aktif yang telah selesai diaktivasi kemudian dianalisis dengan metoda BET.

4. Pembuatan Elektroda

Badan elektroda dibuat dengan menghubungkan kawat tembaga menggunakan solder uap. Karbon aktif dicampur dengan lilin paraffin dan diaduk sampai homogen hingga membentuk pasta. Selanjutnya pasta karbon dimasukkan ke dalam badan elektroda atau cetakan. Selanjutnya elektroda yang telah diperoleh diukur kapasitansinya menggunakan potentiostat (Wonatech WPG100 series Potentiostat standard type).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Bahan penelitian ini tulang ayam dan kulit pisang dibakar menggunakan oven pada temperatur antara 110°C sampai 600°C . Karbon yang diperoleh dari proses karbonisasi ini jumlahnya bervariasi tergantung suhu bakarnya, hasilnya ditunjukkan oleh gambar 1. Diketahui semakin tinggi suhu pembakaran maka semakin sedikit karbon yang diperoleh. Hal ini dapat terjadi disebabkan antara lain penguraian senyawa organik penyusun struktur bahan, penguapnya zat volatil, dan pemutusan rantai karbon (Daud, 2000).



Gambar 1. Hubungan antara suhu tanurisasi dengan massa karbon

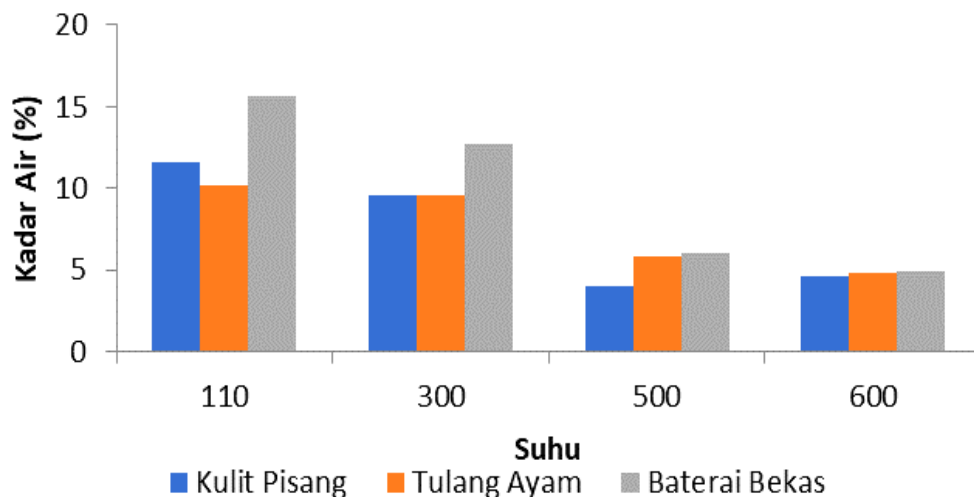
Pada gambar 1. data dapat dilihat walaupun karbon berasal dari sumber yang berbeda massa penyusutan karbon hampir sama pada semua suhu percobaan. Sehingga dapat dikatakan bahwa selama karbonisasi, asal karbon tidak berpengaruh terhadap penyusutan massa karbon.

Tabel 2. Hasil Tanurisasi

Asal Karbon	Suhu Tanurisasi, °C			
	110	300	500	600
Tulang Ayam, g	95,22	69,66	54,65	52,22
Kulit Pisang, g	94,23	73,61	53,34	52,32
Baterai Bekas, g	94,03	77,78	56,76	52,32

1. Uji Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam karbon aktif setelah mengalami karbonisasi. Kadar air dalam karbon aktif dapat menjadi indikator kemampuan aktivator sebagai zat pendehidrasi.



Gambar 2. Kadar air dalam bahan pada berbagai suhu

Karbon aktif mempunyai sifat higroskopis sehingga mudah menyerap uap air dari udara. Kandungan air dalam karbon aktif diharapkan serendah mungkin, karena kadar air yang tinggi dapat mengurangi daya simpan energi pada karbon aktif (Pari 1996).

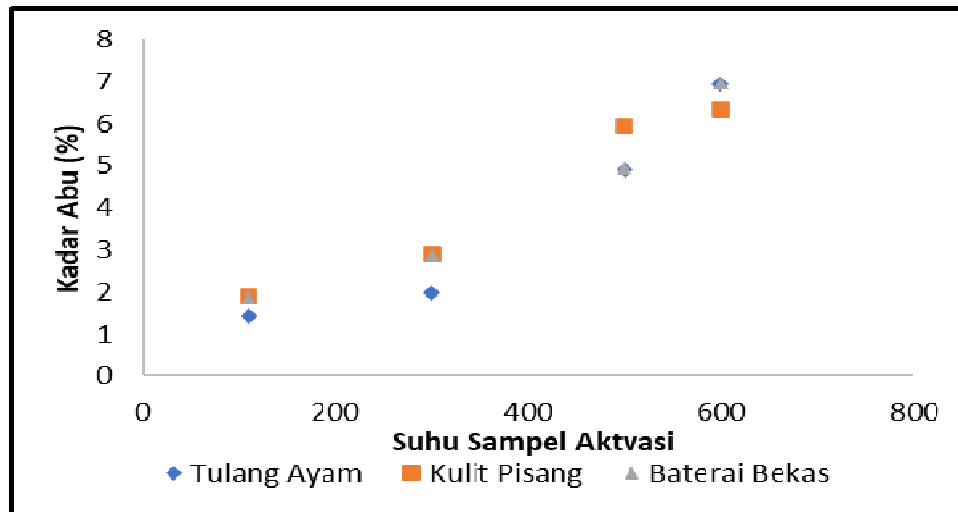
Tabel 3. Hasil uji kadar air

Suhu, °C	Kadar Air, %		
	Tulang Ayam	Kulit Pisang	Baterai Bekas
110	10,24	11,62	15,61
300	9,54	9,56	12,73
500	5,89	4,017	6,05
600	4,86	4,64	4,96

Dengan hilangnya air dan senyawa kontaminan, massa karbon menjadi berkurang. Selama karbon direndam dalam aktivator dan pemanasan, zat-zat volatil pada karbon terlepas dan menyebabkan penurunan massa karbon. Dengan aktivasi diameter pori karbon membesar dan volume adsorbat yang terjerap dapat semakin banyak. Penambahan ukuran pori secara menyebabkan bertambahnya luas permukaan permukaan superkapasitor. Akibatnya daya tampung muatan listrik yang berupa kapasitansi yang dihasilkan oleh karbon aktif semakin besar.

2. Uji Kadar Abu

Pengamatan kadar abu dalam karbon aktif dilakukan untuk mengetahui kandungan oksida logam di dalamnya. Abu merupakan sisa pembakaran yang tertinggal pada saat karbon dibakar. Dapat dimungkinkan dalam abu terdapat sebagian dari mineral yang tereduksi saat karbonisasi dan aktivasi.

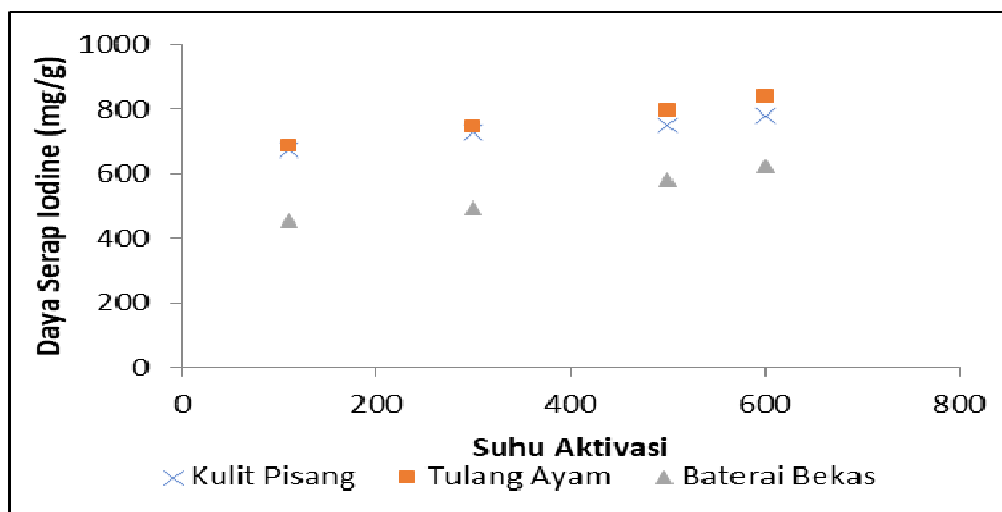


Gambar 3. Hubungan antara kadar abu dan sampel bahan pada berbagai suhu

Pada gambar 3. jumlah abu maksimal diperoleh pada suhu 600°C. Keberadaan abu yang banyak dapat menandakan terjadinya penyusutan permukaan aktif sebagai akibat penyumbatan pori-pori karbon (Jankowska, 1991). Abu yang diperoleh dari pengabuan berbagai sumber karbon pada percobaan ini telah memenuhi SNI 06-3703-1995 yaitu kurang dari 10%.

3. Uji Daya Serap Iodium

Pengujian daya serap karbon aktif terhadap iodium ditujukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi larutan yang berwarna. Daya serap karbon aktif terhadap iodium dinyatakan dengan jumlah milligram iodium yang teradsorpsi oleh satu gram karbon aktif. Hasil percobaan ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara daya serap iodin dan sampel bahan pada berbagai suhu

Dari hasil percobaan diketahui bilangan iodine karbon aktif meningkat dengan semakin tingginya suhu karbonisasi. Daya jerap iodium pada karbon aktif akan maksimal pada suhu karbonisasi 600°C. Besarnya bilangan iodine pada suhu 600°C masing-masing sebesar 781,65 mg/g; 837,73 mg/g; 621,95 untuk tulang ayam, kulit pisang, dan baterai bekas. Daya jerap iodium dalam penelitian ini telah memenuhi SNI 06-3703-1995 dengan bilangan iodine lebih dari 750 mg/g. Ini merupakan sifat karbon yang diperoleh dari tulang ayam dan kulit pisang.

4. Pengaruh Perendaman HNO₃

Modifikasi permukaan karbon aktif dilakukan menggunakan HNO₃ pada suhu 500 ml. Karbon yang teraktivasi dicampur dengan larutan oksidator HNO₃, dengan perbandingan massa 5:1 (mL larutan: gram karbon) dan dipanaskan sampai suhu 65°C selama 60 menit. Kemudian larutan didinginkan lalu dibakar

selama 24 jam. Setelah itu, karbon dicuci dengan akuades berulang-ulang sampai pH netral. Kemudian karbon dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 110°C (Ismanto, dkk., 2010). Karakterisasi dilakukan menggunakan titrasi boehm

Tabel 4. Hasil analisis Titrasi Boehm

Karbon Aktif	Gugus Asam (mek/g)				Gugus Basa (mek/g)
	Karboksil	Lakton	Fenol	Total	
Tanpa Modifikasi	0,5916	0,2618	0,3321	1,1855	3,8895
Tulang Ayam	0,7341	0,6956	0,4738	1,8639	3,7368
Kulit Pisang	0,6168	0,2439	0,4439	0,4481	3,7368
Baterai Bekas	0,5684	0,6718	0,4748	1,6617	3,5332

Titirasi Boehm sendiri memanfaatkan pengujian asam karboksil lakton dan fenol sebagai indikator penambahan gugus oksigen pada karbon yang di uji. Karakter asam-basa dari permukaan karbon aktif ditunjukkan melalui data hasil titrasi Boehm. Konsentrasi total asam meningkat dan konsentrasi total basa menurun setelah modifikasi. Lewis dan berhubungan dengan ikatan π yang kaya elektron pada lapisan grafit karbon. Hal ini sesuai dengan kenyataan bahwa peningkatan gugus yang mengandung oksigen menyebabkan berkurangnya kepadatan elektron pada permukaan karbon aktif dan akibatnya dapat mengurangi sifat basa dari karbon aktif (Ramon, dkk., 1999; Castilla, dkk., 2000)

Didapat data bahwa karbon aktif sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi mendapat daya serap gugus asam yang berbeda. Karbon aktif non modifikasi ini didapat dengan membeli karbon aktif komersial dan dimodifikasi menggunakan HNO_3 . Penggunaan metoda titrasi boehm ini dilengkapi juga dengan analisis yang akan di lakukan selanjutnya yaitu FTIR dan BET.

5. Analisi BET

Modifikasi permukaan karbon aktif bertujuan untuk menciptakan gugus fungsi pada permukaan karbon dengan menambah struktur oksigen yang menyebabkan luas permukaan semakin besar Hal ini akan meningkatkan nil kapasitansi karbon aktif sebagai elektroda Shen et al., 2008). Modifikasi karbon pada penelitian ini menggunakan larutan HNO_3 1 N dengan analisis luas permukaan menurut metoda BET.

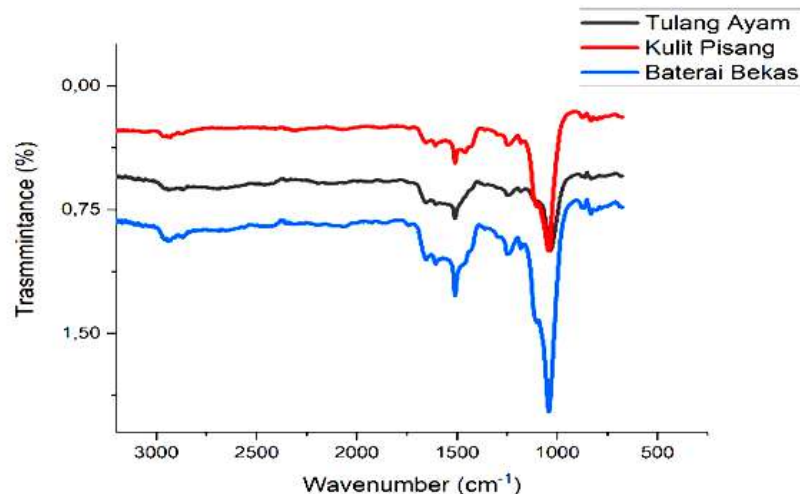
Tabel 5. Hasil analisis BET

No	Sampel	Luas BET (m^2/g)	Diameter ($\text{\AA}$)
1	Kulit Pisang	104,926	2368,6
2	Tulang Ayam	109,075	2590,1
3	Baterai Bekas	67,21	2891,8

Pengukuran luas permukaan karbon tulang ayam, kulit pisang, dan baterai bekas dilakukan dengan ukuran -80 +100 mesh. Besarnya luas permukaan karbon ditunjang oleh peningkatan gugus yang mengandung oksigen. Akibatnya terjadi kekurangan kepadatan elektron pada permukaan karbon aktif. Ini mendorong berkurangnya sifat basa pada karbon aktif (Ramon, dkk., 1999; Castilla, dkk., 2000).

6. Analisis FTIR (Fourier Transform Infrared)

Analisis FTIR juga dilakukan untuk melihat gugus-gugus fungsi pada karbon aktif yang diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil uji FTIR karbon modifikasi

Gambar 5. menunjukkan grafik karakter gugus fungsi karbon aktif tulang ayam, kulit pisang, dan baterai bekas. Pita serapan yang lebar terletak pada daerah 2941 cm^{-1} mengindikasikan terdapat ikatan O-H yang cukup terlihat. Pita serapan daerah 1510 cm^{-1} yang melebar mengindikasikan terdapat gugus C=C ulur. Sedangkan 1038 cm^{-1} terdapat pelebaran yang pita yang sangat terlihat mengindikasikan terapat ikatan C-N. Pola grafik FTIR mengidentifikasi kehadiran gugus-gugus fungsi yang mengandung oksigen pada semua sampel hasil modifikasi (Pereira, et al., 1999). Dari hasil data FTIR menunjukkan sampel karbon aktif tulang ayam, kulit pisang dan baterai bekas yang di modifikasi menggunakan HNO_3 meningkatkan gugus fungsi yang mengandung oksigen.

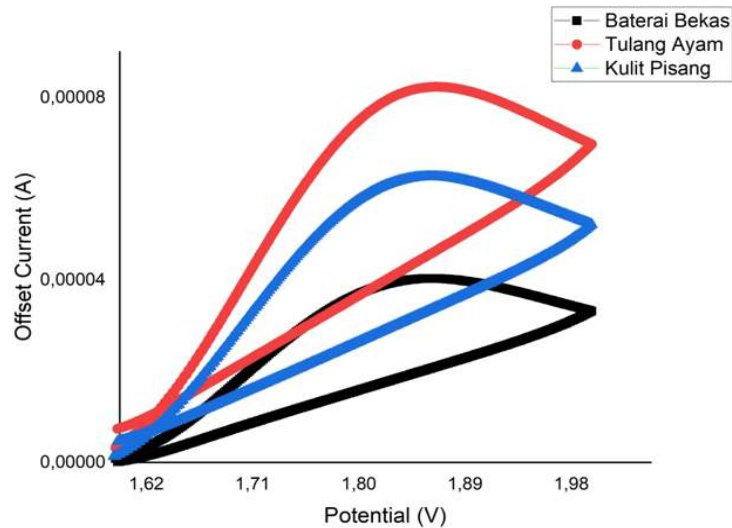
7. Kapasitansi Spesifik

Pada pengukuran kapsitansi spesifik, karbon modifikasi sampel dibentuk menjadi elektroda superkapasitor hingga membentuk padatan yang ditanamkan kawat tembaga di tengah elektroda.



Gambar 6. Elektroda superkapasitor yang dibuat di laboratorium

Karakterisasi pengukuran kapasitansi spesifik dilakukan menggunakan metoda voltametri siklik (Wachid, 2014). Pengujian elektroda dilakukan menggunakan Wonatech WPG100 series Potentiostat/Galvanostat standard type dengan laju scan 250 mV/s dan menggunakan larutan elektrolit $\text{H}_2\text{SO}_4\text{ 1 M}$.



Gambar 7. Voltammogram elektroda pasta karbon aktif modifikasi

Bentuk kurva yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan metoda voltametri siklik memberikan gambaran besarnya nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Nilai kapsitansi spesifik dipengaruhi oleh arus charge, discharge dan luas area A yang di dihasilkan. Nilai arus kapasitansi spesifik dapat dihitung menggunakan persamaan (2)

$$C_p = \frac{A}{2km\Delta V} \quad (1)$$

Dimana C_p adalah kapasitansi spesifik (F/g), A adalah luas area kurva cyclic voltammetry, k adalah laju scan, m adalah massa sampel, dan ΔV dalah potential window yang di peroleh dari kurva. Nilai kapasitansi spesifik dihitung menggunakan pers. (1) dan di dapat data sebagai berikut.

Tabel 6. data cylic voltammetry elektroda pasta karbon

	Tulang Ayam	Kulit Pisang	Baterai Bekas
ΔV (V)	0,5	0,5	0,5
m (mg)	0,9932	1,04	0,98
k (mV/s)	0,25	0,25	0,25
A (AV)	$8,03 \cdot 10^{-6}$	$6,59 \cdot 10^{-6}$	$4,97 \cdot 10^{-6}$
C_p ($\mu\text{F/g}$)	32,3625	25,3376	20,2901

Pada tabel 6. nilai kapsitansi spesifik paling tinggi dihasilkan oleh elektroda karbon yang berasal dari tulang ayam dengan nilai kapsitansi spesifik sebesar 32,3625 $\mu\text{F/g}$. Nilai kapasitansi yang tinggi pada elektroda karbon tulang ayam dengan perendaman dalam HNO_3 menunjukan didominasi ikatan C-N dan O-H menimbulkan luas permukaan karbon semakin besar dan hal ini akan berbanding lurus dengan nilai C_p yang dihasilkan yang dibuktikan dengan pembacaan FTIR. Konduktivitas elektroda meningkat yang ditunjukan dengan luas AV yang di dihasilkan dan disebabkan oleh pergeseran level energi Fermi ke pita valensi dalam elektroda karbon. Hal tersebut akan membantu memfasilitasi transfer elektron pada elektroda karbon (Chen, dkk, 2012).

Perbedaan kapasitansi dapat dipahami bahwa tulang ayam mengandung senyawa hidroksiapatit, kolagen glikosaminoglikans, proteoglikans, dan glikoprotein (Zhao et al., 2002) sedangkan kulit pisang yang merupakan nabati mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin (Bledzki et al., 2010). Perbedaan kandungan senyawa ini diduga menimbulkan perbedaan nilai kapasitansi Ketika karbon dijadikan kapasitor. Selain itu hasil analissi membuktikan bahwa karakter karbon aktif yang diperoleh sudah sesuai dengan standard SNI 06-3703- 1995.

V. SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Didapatkan karbon aktif yang sesuai dengan SNI 06-3703-1995 berada pada suhu karbonisasi sampel 500°C dan 600°C.
2. Luas permukaan hasil uji BET di dapat tulang ayam, kulit pisang, dan baterai bekas secara berturut-turut adalah sebagai berikut 109,075 m²/g; 104,926 m²/g; 67,210 m²/g.
3. Nilai kapasitansi karbon aktif tulang ayam, kulit pisang, dan baterai bekas secara berturut-turut adalah sebagai berikut 32,3625 µF/g; 25,3376 µF/g; 20,2901 µF/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali SK dan Al-Khedairy EBH., 2019. *Solubilit yand Dissolution Enhancement of Atorvastatin Calcium using Solid Dispersion Adsorbate Technique*, *Iraqi Journal of Pharmaceutical Sciences*, 28(2):105-114.
- Arepalli, S., Fireman, H., Huffman, C., Moloney, P., Nikolaev, P., Yowell, L., Higgins, C.D., Kim, K., Kohl, P.A., Turano, S.P., 2005, *Carbon-nanotube Based Electrochemical Double Layer Capacitor Technologies for Space Flight Applications*, *J. Mater.*, 57, 26-31.
- Bledzki AK, Mamun AA, J Volk. 2010. *Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites. The effect of fibre physical, chemical and surface properties. Composites Science and Technology*. 70: 840-846.
- Chen, L.F., Zhang, X.D., Liang, H.W., Kong, M., Guan, Q.F., Chen, P., Yu, S.H., 2012, *Synthesis of Nitrogen Doped of Porous Carbon Nanofibers as an Efficient Elelctrode Material of Supercapacitors*, *ACS nano*, 6, 7092-7102.
- Cencen, F., Aktas, O., 2012, *Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment, Integration of Adsorption and Biological Treatment*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany.
- Daud, Wan, W.M.A., Wan, W.S., Zaki, M., 2000, *The Effects of Carbonization Temperature on Pore Development in Palm Shell Gased Activated Carbon*, *Carbon*, 38, 1925-1932.
- Hashim, J., Park, S., Ryu, S., 2012. "Effect of Modification with HNO₃ and NaOH on Metal Adsorption by Pitch-Based Activated Carbon Fibers." *Carbon* 39, 1635-1642.
- Ismanto, A.E., Wang, S., Soetaredjo, F.E., Ismadji, S., 2010. "Preparation of Capacitor's Electrode from Cassava Peel Waste." *Technol* 101,3535-3540.
- Jankowska, H., A. Swiatkowski, dan J. Choma, 1991, *Active Carbon*, Horwood, London
- Lopez-Ramon, Stoeckli, F., Moreno-Castilla, Carrasco-Marin, F., 1999, *On The Charaterization of Acidic and Basic Surface Sites on Carbons by Various Techniques*, *Carbon*, 37, 1215-1221.
- Moreno-Castilla, C., Lopez-Ramon, M.V., Carasso-Marin, F., 2000, *Changes in Surface Chemistry of Activated Carbons by Wet Oxidation*, *Carbon*, 38, 1995-2001.
- Pari. G. 1996. *Pembuatan arang aktif dari serbuk gergajian sengon dengan cara kimia. Buletin Penelitian Hasil Hutan* 14 (8): 308-320.
- Pereira, M.F.R., Soares, S.F., Orfao, J.J.M., Figueiredo, J.L., 2003. "Adsorption of Dyes on Activated Carbons : Influence of Surface Chemical Groups,." *Carbon* 41, 881-821.
- Rahayu, A.N.R., Adhitiyawarman,. 2014. "Pemanfaatan Tongkol Jagung sebagai Adsorben Besi pada Air Tanah." *JKK* 3 (3), 7-13.
- Shen, W., Li, Z., Liu, Y., 2008, "Surface Chemical Functional Groups Modification of Porous Carbon." *Recent Patechenrn of Chemical Engineering* 1 (1), 27-40.
- So, P.Y., 2014. "Implementasi Kebijakan Konservasi Energi di Indonesia." *E-Journal Graduate Unpar* 1 (1), 1-13.
- Wachid, M.R., Setiarso, P., 2014, *Pembuatan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Bentonit untuk Analisis Ion Logam Tembaga(II) secara Cyclic Voltammetry Stripping*, *Prosiding Seminar Nasional Kimia, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, 20 September*.
- Zhang, Y., Feng, H., Wu, X., Wang, L., Zhang, A., Xia, T., Dong, H., Li, X., Zhang, L., 2009, *Progress of Electrochemical Capacitor Electrode Materials : A Review*, *Int. J. Hydrogen Energy*, 34, 4889-4899.
- Zhao, C., York, A., Yang, F., Forsthoefel, D.J., Dave, V., Fu, D., Zhang, D., Corado, M.S., Small, S., Seeger, M.A., Ma, J. (2002). *The activity of the Drosophila morphogenetic protein Bicoid is inhibited by a domain located outside its homeodomain. Development* 129(7): 1669--1680.