Analisis Variasi Temperatur Aktivasi dengan Agen *Potassium Silicate* (K_2SiO_3) terhadap Sifat Listrik Arang Aktif Tandan Aren (*Arenga pinnata* Merr.)

Kiki Wahyuni^{1)*}, Muhammad Anas²⁾, Hunaidah M²⁾

^{1)*} Mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UHO, Kendari,

²⁾ Dosen Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UHO, Kendari

*Koresponden Email: kikiwn14@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efek variasi temperatur aktivasi dengan agen *potassium silicate* (K_2SiO_3) terhadap konduktivitas listrik dan kapasitansi arang aktif dari tandan aren (*Arenga Pinnata* Merr.). Arang aktif tandan aren diperoleh dalam empat tahap yaitu 1) persiapan; 2) karbonasi menggunakan reaktor pirolisis dengan suhu $300^{\circ}C$ – $400^{\circ}C$ selama ± 8 jam; 3) aktivasi kimia menggunakan aktivator *potassium silicate* (K_2SiO_3) dengan perbandingan 2:1 (*potassium silicate* 320 gram: arang aktif 160 gram) selama 12 jam; dan 4) aktivasi fisika menggunakan tanur selama 30 menit dengan variasi temperatur aktivasi yaitu $600^{\circ}C$, $650^{\circ}C$, $700^{\circ}C$, $750^{\circ}C$ dan $800^{\circ}C$. Konduktivitas listrik ditentukan melalui metode I-V, kapasitansi ditentukan dengan menggunakan rangkaian RC (*Resistor Capacitor*). Konduktivitas listrik dan kapasitansi tertinggi berada pada temperatur $800^{\circ}C$ sebesar $1,75 \times 10^{-1} \Omega^{-1}m^{-1}$ dan 102,07 nF.

Kata Kunci : Agen *Potassium Silicate* (K_2SiO_3); arang aktif tandan aren; kapasitansi; konduktivitas listrik; temperatur aktivasi

Abstract: This research aims to determine the effect of variations of temperature activation with the *Potassium Silicate* (K_2SiO_3) agent on the electrical conductivity and capacitance of activated carbon from the sugar palm bunches (*Arenga Pinnata* Merr.). Activated carbon from bunches of sugar palm acquired in four steps: 1) preparation; 2) carbonization using the pyrolysis reactor with temperature of $300^{\circ}C$ - $400^{\circ}C$ for 8 hours; 3) chemical activation using of *potassium silicate* (K_2SiO_3) activator in weight ratio of 2: 1 for 12 hours; and 4) physical activation using the electric furnace for 30 minutes with temperature variation of $600^{\circ}C$, $650^{\circ}C$, $700^{\circ}C$, $750^{\circ}C$ and $800^{\circ}C$. Electrical conductivity was determined and analyzed by the I-V method, the capacitance was determined by using a RC circuit (*Resistor Capacitor*). The highest electrical conductivity and capacitance were at the temperature of $800^{\circ}C$ that equal to $1.75 \times 10^{-1} \Omega^{-1}m^{-1}$ and 102.07 nF respectively.

Keywords: *Potassium Silicate* (K_2SiO_3) agent; activated carbon of sugar palm bunches; capacitance; electrical conductivity; activation temperature

PENDAHULUAN

Arang aktif atau karbon aktif adalah arang yang dibuat dengan proses aktivasi dari beberapa bagian hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon, baik organik maupun anorganik dan memiliki banyak pori-pori. Salah satu tumbuhan yang dapat dibuat arang aktif yaitu pohon aren (*Arenga pinnata* Merr.). Hampir seluruh bagian tanaman aren bermanfaat untuk manusia, dan bagian yang dapat dimanfaatkan untuk dibuat arang aktif yaitu tandan aren. Karena Sumaiyah *et al* (2016) melaporkan komponen senyawa kimia yang terdapat pada limbah tandan aren adalah 68,11%

holoselulosa, 33,79% α -selulosa, 27,74% lignin, 11,10% kadar air, dan 1,80% ekstrakatif. Arsad & Hamdi (2010) mengatakan bahan organik yang mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif.

Arang aktif merupakan suatu padatan berpori dan memiliki banyak kegunaan. Arang aktif sering digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi. Arang aktif memiliki fungsi lain yang memiliki nilai jual lebih tinggi yaitu sebagai bahan untuk baterai kendaraan berbasis energi listrik, salah satu pembangkit energi alternatif yang terbarukan dan

ramah lingkungan, juga sebagai pengganti bahan aditif elektroda pada baterai. Syarat suatu bahan agar dapat dijadikan elektroda adalah memiliki nilai konduktivitas yang tinggi, karena dengan semakin tinggi nilai konduktivitas suatu bahan maka semakin baik bahan tersebut dalam menghantarkan arus (Destyorini *et al*, 2010).

Utami (2019) membuat arang aktif dari tandan aren dengan memvariasikan temperatur aktivasi tanpa menggunakan aktivator menunjukkan bahwa konduktivitas listrik tertinggi berada pada temperatur 750°C sebesar $62,44 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ dan bersifat semikonduktor, serta nilai kapasitansi tertinggi terjadi pada temperatur yang sama yaitu 750°C sebesar 193,561 nF. Selain dengan aktivasi fisika, pembuatan arang aktif dapat dilakukan dengan aktivasi kimia, yaitu menggunakan aktivator atau bahan pengaktif yang diketahui dapat mempercepat proses aktivasi. Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Dengan memadukan aktivasi fisika dan aktivasi kimia, maka dapat lebih meningkatkan konduktivitas listrik arang aktif tandan aren.

Salah satu bahan kimia atau aktivator terbaru yaitu kalium silikat atau *Potassium Silicate*. Sesuai penelitian yang dilakukan oleh Kong *et al* (2014) bahwa kalium silikat atau *Potassium Silicate* merupakan agen pengaktif yang efisien dan baik untuk pembuatan arang aktif. Arang aktif tersebut memiliki luas permukaan 2046,12 m²/g pada temperatur 700°C dengan perbandingan arang : aktivator *potassium silicate* yaitu 2:1. Hasil adsorpsi memenuhi kapasitas adsorpsi tunggal untuk MB 769,23 mg/g. Efendi & Astuti (2016) mengemukakan bahwa luas permukaan dan ukuran partikel dapat mempengaruhi besarnya konduktivitas listrik dan kapasitansi. Besarnya konduktivitas disebabkan oleh mengecilnya ukuran partikel akibat kenaikan temperatur (Negara & Astuti, 2015). Semakin tinggi nilai konduktivitas suatu bahan, menyebabkan nilai resistansinya semakin rendah.

Uraian di atas memberikan informasi bahwa penting untuk dilakukan penelitian pembuatan arang aktif dengan menggunakan 2 aktivasi agar memiliki

nilai konduktivitas dan kapasitansi listrik yang besar sebagai solusi untuk mengatasi kebutuhan energi yang semakin meningkat, sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Variasi Temperatur Aktivasi dengan Agen *Potassium Silicate* (K_2SiO_3) terhadap Sifat Listrik Arang Aktif Tandan Aren (*Arenga Pinnata Merr.*)”.

METODE

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimen dengan bidang kajian fisika material, dengan melihat pengaruh variasi temperatur aktivasi dengan agen *potassium silicate* terhadap sifat listrik arang aktif tandan aren. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2019-Maret 2020.

Tempat pengambilan tandan aren diperoleh dari Desa Lantowonua, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara. Karbonasi, Penggerusan dan Pengayakan Sampel dilakukan di Sekitaran kampus UHO. Aktivasi sampel dilakukan di Laboratorium Pendidikan Kimia FKIP Universitas Halu Oleo. Analisis sifat listrik dilakukan di Laboratorium Pendidikan Fisika FKIP Universitas Halu Oleo.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah tanur listrik, ayakan 100 mesh, reaktor pirolisis, *pellet pressure*, osiloskop, signal generator, multimeter analog, catu daya, resistor, dan papan rangkaian. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tandan aren, pipet plastik, keping tembaga, dan larutan *potassium silicate* (K_2SiO_3).

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

a. Pembuatan arang aktif

Prosedur kerja pembuatan arang mengacu pada penelitian Utami (2019), untuk aktivasi kimia dan fisika pada pembuatan arang aktif mengacu pada penelitian Kong *et al* (2014).

b. Analisis Sifat listrik arang aktif tandan aren

1. Konduktivitas Listrik

Sampel arang yang telah diaktivasi menjadi arang aktif pada masing-masing temperatur dibuat dalam bentuk resistor dengan mengacu pada Utami (2019) dan ditentukan melalui grafik *I-V*

Gambar 1. Hubungan antara Tegangan, arus, dan Hambatan

Konduktivitas listrik ditentukan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{L}{RA}$$

Keterangan :

σ = konduktivitas listrik ($\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$),

L = panjang penampang (m)

A = luas penampang (m^2)

R = hambatan (Ω).

v_{in} = tegangan masukan (volt)

v_{out} = tegangan keluaran (volt)

π = konstanta (3,14)

f = frekuensi (Hz)

R = hambatan (Ω)

HASIL PENELITIAN

Penelitian variasi temperatur aktivasi dengan agen *potassium silicate* terhadap sifat listrik (konduktivitas listrik dan kapasitansi) arang aktif tandan aren menghasilkan produk berupa serbuk arang aktif tandan aren yang diaktivasi menggunakan tanur listrik dengan variasi temperatur 600°C, 650°C, 700°C, 750°C dan 800°C selama 30 menit.

1. Konduktivitas Listrik Arang Aktif Tandan Aren dengan Agen Aktivasi *Potassium Silicate*

Konduktivitas listrik ditentukan dengan karakteristik I - V . Penentuan konduktivitas listrik dilakukan terhadap arang aktif tandan aren dengan memvariasikan tegangan sumber dari catu daya sebesar 3V, 6V, 9V, dan 12V. Grafik hubungan antara tegangan listrik dan kuat arus ditunjukkan pada Gambar 2.

2. Kapasitansi

Pengukuran kapasitansi kapasitor dapat diukur dengan mengukur tegangan masukan dan tegangan keluaran beserta frekuensinya. Mengacu pada penelitian Utami (2019) yang menggunakan rangkaian signal generator dan osiloskop, kapasitansi ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$C = \frac{\sqrt{\left(\frac{v_{in}}{v_{out}}\right)^2 - 1}}{2\pi f R}$$

Keterangan :

C = kapasitansi (F)

Gambar 2. Hubungan antara Kuat Arus dan Tegangan Arang Aktif Tandan Aren dengan Agen Aktivasi *Potassium Silicate* pada Berbagai Temperatur Aktivasi

Gambar 2 memperlihatkan bahwa grafik antara kuat arus dan tegangan berbentuk garis lurus (linear)

sehingga berlaku Hukum Ohm. Gradien lurus tersebut dapat direpresentasikan sebagai $y = mx$ atau

menunjukkan $I = aV$ dengan a merupakan nilai dari $1/R$, Resistansi material-material ohmik tidak bergantung pada arus, namun bergantung pada perbedaan gradien/kemiringan pada masing-masing

temperatur. Nilai konduktivitas listrik yang diperoleh pada masing-masing temperatur dapat dilihat pada grafik di Gambar 3

Gambar 3. Hubungan antara Konduktivitas Listrik dan Temperatur Aktivasi Arang Aktif Tandan Aren

2. Kapasitansi Arang Aktif Tandan Aren dengan Agen Aktivasi *Potassium Silicate*

Kapasitansi ditentukan melalui pengukuran tegangan masukan (V_{in}) dan tegangan keluaran (V_{out}) menggunakan signal generator sebagai sumber frekuensi dan osiloskop untuk melihat bentuk

gelombang keluaran. Frekuensi masukan divariasikan dari 100 Hz hingga 1000 Hz, dan menggunakan hambatan sebesar 6,8 k Ω . Nilai kapasitansi yang diperoleh pada masing-masing temperatur dapat dilihat pada grafik di Gambar 4.

Gambar 4. Hubungan antara Kapasitansi dan Temperatur Aktivasi Arang Aktif Tandan Aren

PEMBAHASAN

1. Konduktivitas Listrik Arang Aktif Tandan Aren dengan Agen Aktivasi *Potassium Silicate*

Konduktivitas listrik arang aktif tandan aren pada berbagai temperatur aktivasi ditunjukkan pada Gambar 3 memberikan informasi bahwa nilai konduktivitas untuk sampel dengan temperatur aktivasi 600°C hingga 650°C mengalami peningkatan, namun pada temperatur 700°C mulai

menurun, hingga nilai konduktivitas terendah berada saat temperatur aktivasi 750°C sebesar $1,11 \times 10^{-1} \Omega^{-1} m^{-1}$. Ketika temperatur naik menjadi 800°C konduktivitas listrik meningkat cukup signifikan mencapai konduktivitas tertinggi sebesar $1,75 \times 10^{-1} \Omega^{-1} m^{-1}$. Berdasarkan nilai-nilai yang diperoleh tersebut, arang aktif tandan aren yang diaktivasi dengan agen *potassium silicate* bersifat semikonduktor.

Arang aktif tandan aren yang diaktivasi pada temperatur 600°C mengalami difusi antar partikel dengan baik dan adanya ikatan antar butir karbon sehingga nilai konduktivitas listrik meningkat. Nilai konduktivitas listrik menurun pada temperatur 700°C dan 750°C, sebab terjadi perubahan struktur arang aktif yang berpengaruh terhadap transfer ion atau muatan elektron. Apabila struktur arang aktif tandan aren memiliki jarak antar pori yang cukup besar maka lintasan transfer atau pergerakan elektron akan lebih panjang sehingga konduktivitas listrik menurun. Sebagian material pada temperatur ini berubah menjadi abu. Abu yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya penyumbatan pori arang aktif sehingga luas permukaan aktif menjadi berkurang dan resistivitas bahan menjadi bertambah. Abu yang terukur bukan hanya dari arang aktif tandan aren itu sendiri tetapi juga berasal dari hasil reaksi antara kandungan mineral dalam abu dan senyawa kimia sebagai aktivator. Keberadaan abu sangat berpengaruh pada kualitas arang aktif (Meisrilestari *et al.*, 2013). Hal itu yang menyebabkan nilai konduktivitas menurun (Negara dan Astuti, 2015). Selain itu juga penurunan konduktivitas listrik pada temperatur ini dapat diakibatkan karena kemurnian karbon atau arang aktif. Kemurnian arang aktif dapat mempengaruhi konduktivitas listrik karena adanya unsur-unsur atau senyawa lain yang tidak diharapkan dapat menutupi permukaan arang aktif dan menambah resistivitas bahan. Ismangil *et al.* (2017) menulis bahwa semikonduktor yang telah terkotori (tidak murni lagi) oleh atom dari jenis lainnya maka struktur pita dan resistivitasnya akan berubah.

Konduktivitas listrik arang aktif tandan aren kembali naik saat temperatur aktivasi 800°C. Temperatur yang tinggi mengakibatkan viskositas air menurun dan ion-ion dalam air bergerak cepat karena resistansi yang kecil, dan menyebabkan kenaikan konduktivitas listrik (Apipah, 2016). Tidak ada elektron yang mempunyai cukup energi untuk bergerak pada temperatur yang rendah, akan tetapi dengan naiknya temperatur aktivasi, energi elektron akan bertambah. Vibrasi atomnya semakin bergetar, sehingga elektron terikat dapat menjadi elektron bebas yang mudah bergerak. Ketika diberi beda potensial, maka muncul arus dan meningkatkan konduktivitas listrik. Salah satu penelitian dengan kajian mengenai stuktur kristalin karbon, dikenal istilah elektron bebas. Elektron bebas adalah

elektron yang bebas bergerak melalui permukaan lapisan. Elektron bebas inilah yang menyebabkan material bersifat konduktif atau mampu menghantarkan arus listrik (Priyotomo, 2007). Dilihat dari kadar abu yang dihasilkan, pada temperatur ini kadar abu lebih sedikit dari pada saat temperatur 700°C dan 750°C, sehingga konduktivitas listrik arang aktif tandan aren meningkat.

Nilai konduktivitas yang diperoleh jauh lebih besar jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Utami (2019) dimana konduktivitas tertinggi arang aktif tandan aren yang hanya diaktivasi fisika berada pada temperatur aktivasi 750°C yaitu sebesar $62,44 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$. Besarnya nilai konduktivitas listrik arang aktif tandan aren karena adanya penambahan zat aktivator saat aktivasi kimia yaitu *Potassium Silicate* (K_2SiO_3). Penggunaan bahan aktivasi yang baik diharapkan dapat menghasilkan pori-pori yang banyak sehingga daya adsorpsi juga besar (Erlina *et al.*, 2015). Penelitian yang dilakukan oleh Guo *et al.* (2014) hasilnya mengungkapkan bahwa K_2SiO_3 merupakan salah satu agen terbaru dalam persiapan pembuatan arang aktif yang layak dijadikan sebagai bahan pengaktif atau aktivator yang dapat memperbesar luas permukaan aktif dengan ukuran pori yang kecil dalam jumlah banyak. Ramdja (2008) menyatakan bahwa unsur-unsur mineral yang terkandung dalam zat aktivator akan masuk diantara pelat heksagon dari kristalit dan memisahkan permukaan yang mula-mula tertutup. Sehingga saat aktivasi, senyawa yang terkandung di dalam pori menjadi lebih mudah terlepas dari permukaan.

2. Kapasitansi Arang Aktif Tandan Aren dengan Agen Aktivasi *Potassium Silicate*

Kapasitansi menggambarkan kemampuan kapasitor untuk menyimpan energi dan muatan listrik. Kehadiran bahan dielektrik dalam kapasitor menyebabkan peningkatan nilai kapasitansi (Apipah, 2016). Sifat dielektrik memberikan informasi tentang interaksi antara karbon aktif dan medan listrik. Sifat dielektrik bahan dipengaruhi oleh frekuensi, temperatur, kadar air, densitas, komposisi, dan struktur materi (Nuzula *et al.*, 2014).

Kapasitansi arang aktif tandan aren yang diaktivasi dengan agen *Potassium Silicate* pada berbagai temperatur aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 nampak bahwa pada temperatur 600°C hingga temperatur 700°C kapasitansi mengalami penurunan cukup signifikan

dari 49,30 nF hingga mencapai 23,45 nF. Hal ini dapat dijelaskan bahwa terjadi perubahan struktur pori yang membuat resistansi dari arang aktif tandan aren cukup besar sehingga pergerakan ion menjadi terhambat, dapat dilihat dari tegangan kapasitor yang terukur saat temperatur 700°C dari frekuensi 100 Hz hingga 1000 Hz lebih besar dari pada temperatur yang lainnya. Tingginya resistansi membuat tegangan menjadi tinggi, sehingga kapasitansi listrik pun menurun. Apabila resistansi arang aktif tandan aren kecil, maka kapasitansi akan besar. Rosi *et al* (2013) menjelaskan bahwa pada proses pengisian muatan, ion-ion akan tersimpan pada antar muka elektroda dan elektrolit. Pada temperatur 700°C dan 750°C ditemukan kadar abu yang cukup banyak sehingga mempengaruhi kapasitansi.

Kapasitansi listrik meningkat kembali hingga pada temperatur aktivasi 800°C sebesar 102,07 nF dan merupakan kapasitansi tertinggi. Kenaikan nilai kapasitansi disebabkan oleh resistansi arang aktif tandan aren yang tidak begitu besar dibandingkan pada temperatur lainnya, sehingga tegangan pada kapasitor kecil. Selain itu juga adanya medan listrik tambahan yang dihasilkan oleh bahan dielektrik atau isolator yang dalam penelitian ini merupakan karbon aktif yang diletakkan di antara keping-keping tembaga. Apabila di antara keping-keping tembaga dari kapasitor ada bahan dielektrik maka akan terjadi polarisasi (pengkutuban muatan listrik) antara dielektrik dan momen-momen dipol. Molekul-molekul dalam dielektrik akan menghasilkan medan listrik tambahan dan menyebabkan kapasitansi kapasitor menjadi naik. Apipah (2016) menulis bahwa dengan naiknya temperatur aktivasi, maka bagian yang terpolarisasi akan semakin tinggi sehingga berdampak pada semakin tingginya nilai konstanta dielektrik. Hasil kapasitansi yang diperoleh dalam penelitian ini lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Utami (2019), dimana kapasitansi tertinggi berada pada temperatur aktivasi 750°C sebesar 193,561 nF. Hal ini dapat diakibatkan karena secara keseluruhan resistansi yang dimiliki arang aktif tandan aren cukup besar.

Superkapasitor yang baik mempunyai konduktivitas yang tinggi, resistansi yang rendah, dan kapasitansi tinggi. Konduktivitas listrik tertinggi berada pada temperatur 800°C, begitu pula pada kapasitansi. Kapasitansi listrik berhubungan dengan konduktivitas listrik dan banyaknya muatan yang

terkandung dalam material. Penambahan aktivator dapat memperbanyak muatan bebas pada material. Sehingga arang aktif dari tandan aren dapat dijadikan sebagai elektroda kapasitor dan dimanfaatkan dalam bidang kelistrikan.

KESIMPULAN

Konduktivitas listrik arang aktif tandan aren yang diaktivasi secara kimia dengan agen *potassium silicate* mengalami sedikit peningkatan pada temperatur 650°C kemudian menurun hingga konduktivitas listrik terendah pada temperatur 750°C sebesar $1,11 \times 10^{-1} \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$, dan meningkat kembali mencapai konduktivitas listrik tertinggi pada temperatur 800°C sebesar $1,75 \times 10^{-1} \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$. Kapasitansi arang aktif tandan aren yang diaktivasi secara kimia dengan agen *potassium silicate* mengalami penurunan dari temperatur 600°C hingga nilai kapasitansi terendah berada pada temperatur 700°C sebesar 23,45 nF, dan meningkat dengan kapasitansi tertinggi berada pada temperatur 800°C sebesar 102,07 nF.

DAFTAR PUSTAKA

- Apipah, E, R 2016, Sifat Listrik Arang Aktif dari Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Sebagai Bahan Semikonduktor, *Skripsi*, ITB.
- Arsad, E, dan Hamdi, S 2010, Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Karbon Aktif untuk Industri Processing Technology and Industrial Utilization of Activated Carbon, *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(2). DOI: <http://dx.doi.org/10.24111/jrihh.v2i2.1146>
- Destyorini, F, Suhandi, A, Subhan, A, dan Indayaningsih, N 2010, Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa, *Jurnal Fisika*.
- Efendi, Z., dan Astuti 2016, Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Morfologi dan Jumlah Pori Karbon Aktif Tempurung Kemiri sebagai Elektroda, *Jurnal Fisika Unand*, 5 (4). DOI: <https://doi.org/10.25077/jfu.5.4.297-302.2016>
- Erlina, Umiatin, dan Budi, E 2015, Pengaruh Konsentrasi Larutan KoH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Cu, *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015*.

- Esterlita, O, M, dan Herlina, N 2015, Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl_2 , KOH, dan H_3PO_4 dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*Arenga Pinnata*), *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4 (1). DOI: <https://doi.org/10.32734/jtk.v4i1.1460>
- Guo, Z, Xio, B, Jian, Z, Hai, L, Cheng, C, Chenglu, Z, Jing, W 2014, Activated Carbon S with Well-Developed Microporosity Prepared From Phragmites Australis by Potassium Silicate Activation. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineer, G Model JTICE-981*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.07.017>
- Ismangil, A, Irmansyah, dan Irzaman 2017 Sifat Optik Lithium Tantalat (LiTaO_3) di atas Substrat Silikon (100) Tipe-P Bervariasi Suhu, *Jurnal Komputasi*, 14(1). DOI: [10.33751/komputasi.v14i1.263](https://doi.org/10.33751/komputasi.v14i1.263)
- Kong, J, Qinyan, Y, Baoyu, G, Qian L, Yan W, & Huu, H, N 2015, Comparative Study on Microstructure and Surface of Keratin and Lognocellulosic Based Active Carbons, *Journal Fuel Processing Technology*, Volume 140; h : 67-75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.08.025>
- Kong, J, Qinyan, Y., Baoyu, G, Qian, L, Yan, W, Huu, H, N, & Wenshan, G 2014, Porous Structure and Adsorptive Properties Of Hide Waste Activated Carbons Prepared Via Potassium Silicate Activation. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 109 ; h: 311-314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2014.06.012>
- Meisrilestari, Y, Khomaini, R, dan Wijayanti, H 2013, Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia dan Fisika-Kimia, *Jurnal Konvers*, 2 (1). DOI: <http://dx.doi.org/10.20527/k.v2i1.136>
- Negara, V, S, I, dan Astuti 2015, Pengaruh Temperatur Sintering Karbon Aktif Berbasis Tempurung Kemiri Terhadap Sifat Listrik Anoda Baterai Litium, *Jurnal Fisika Unand*, 4 (2). DOI: <https://doi.org/10.25077/jfu.4.2.%25p.2015>
- Nuzula, F, Widodo, C. S, & Sucipto (2014), Studi Pengaruh Campuran Lemak Babi terhadap Kapasitansi dan Konstanta Dielektrik Lemak Sapi dengan Metode Dielektrik, *Jurnal Fisika*, 2(1), h: 297-300
URI : <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/154028>
- Priyotomo, G 2014, Perubahan Struktur Kristal Material Berbasis Karbon terhadap Sifat Konduktivitas, *Jurnal Metalurgi*.
- Ramdja, A, Fuadi, Halim M, dan Handi J 2008, Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa (*Cocus Nucifera*), *Jurnal Teknik Kimia*.
- Rosi, M, Iskandar, F, Abdullah, M, & Khairurrijal, 2013, Sintesis Nanopori Karbon dengan Variasi Jumlah NaOH dengan Aplikasinya sebagai Superkapasitor, *Prosiding Seminar Nasional Material*.
- Sumaiyah, B, W, dan Karsono 2016, Utilization of Microcrystalline Cellulose of Sugar Palm Bunches (*Arenga Pinnata* (Wurmb) Merr) as Excipients Tablet Direct Compression, *International Journal of Pharm Tech Research*, 9(7).
URI: <http://repository.usu.ac.id/handle/123456789/71044>
- Utami, N, Q, A 2019, Analisis Efek Temperatur Aktivasi Terhadap Sifat Listrik Arang Aktif Tandan Aren (*Arenga Pinnata* Merr), *Skripsi, FKIP Universitas Halu Oleo*.