

PENGARUH TEMPERATUR KARBONISASI TERHADAP MIKROSTRUKTUR DAN PEMBENTUKAN KRISTAL PADA BIOKARBON ECENG GONDOK SEBAGAI BAHAN DASAR ABSORBER GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK RADAR

Muzakhim Imammuddin^{1*}, Sudjito Soeparman², Wahyono Suprpto²,
Achmad As'ad Sonief²

¹Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Malang

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

*Email: azam@polinema.ac.id

Abstract

Radar Absorbing Materials (RAM) or radar absorbing materials of radar electromagnetic waves are materials used to reduce or eliminate radiation of radar electromagnetic waves in order to avoid reflection of waves. At this time the development of RAM research leads to materials derived from nature. Some materials derived from nature that has been used as RAM such as rice husk, bamboo, coconut shell, coconut husk, wood fiber and wood flour. In this study, eichornia crassipe is made into biocarbon or activated carbon for use as a base material for RAM. Carbonization is one way to transform water hyacinth into biocarbon or activated carbon. The method used in this research is Experimental Research. The independent variables of this research are carbonization temperature starting from temperature 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C and 1000°C. The results showed that the higher the carbonization temperature, the more open pores will be with 2 μm diameter at 1000°C, and the higher the carbonization temperature than the percentage of carbon crystal formed higher with the value of 14% at temperatures 900°C and 1000°C. The biocarbon structure of eichornia crassipe is crystalline and amorphous making it suitable for use as RAM material.

Keywords: Biocarbon, Eichornia crassipe, Radar Absorbing Material, Temperature

PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan peralatan perang sudah semakin maju, seperti pembuatan pesawat tempur, kapal perang, kendaraan tempur atau peralatan perang yang lain tidak dapat terdeteksi oleh radar. Dimana dalam sistem radar menggunakan metode membaca gelombang pantul dari pesawat tempur yang terkena gelombang elektromagnetik yang dipancarkan. Dan agar suatu peralatan perang tidak dapat terdeteksi oleh radar maka peralatan perang itu dilapisi bahan yang dapat menyerap radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan radar. Bahan itu disebut *Radar Absorbing Materials (RAM)* atau material penyerap radar, RAM dapat dibuat dari berbagai jenis material seperti: cat konduktif atau karet yang diisi ferit atau partikel karbon aktif yang dikembangkan untuk pesawat militer siluman, sementara busa konduktif dan atau topologi *multilayer* umumnya digunakan sebagai pelapis untuk semua pagar atau dinding dimana pantulan gelombang harus diminimalisir[1].

Beberapa bahan yang berasal dari alam yang telah digunakan sebagai bahan dasar RAM seperti: sekam padi[2], bamboo[3], sabut kelapa[4], batok kelapa[5], dan tepung kayu, sabut kayu dan buangan selulosa fiber[6]. Oleh karena itu, pemanfaatan sampah alam sangat perlu untuk diteliti dan dikembangkan menjadi material yang berdayaguna tinggi. Disamping sampah alam, ada juga tanaman yang bersifat gulma atau mengganggu seperti eceng gondok atau *Eichornia crassipe*. Eceng gondok sangat mudah tumbuh di perairan sungai, rawa dan danau.

Eceng gondok memiliki tiga komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Dalam batang tumbuhan eceng gondok memiliki kandungan selulosa 50%, Lignin 30%, sisanya adalah hemiselulosa dan zat-zat yang lain dan memiliki kandungan kimia yang tergantung dari unsur hara tempat eceng gondok tumbuh[7]. Berdasarkan hal tersebut diatas maka eceng gondok merupakan salah satu material alam yang cocok untuk digunakan sebagai bahan dasar dari material karbon yang

digunakan untuk penyerap radiasi gelombang elektromagnetik radar. Dengan mengingat bahwa teknologi pertahanan negara Indonesia perlu untuk dikembangkan. Dan salah satu teknologi pertahanan adalah material anti radar. Sehingga nantinya akan didapatkan bahan baku material anti radar yang murah harganya dan mudah didapatkan.

Karbon aktif merupakan karbon yang mempunyai rumus kimia C dan berbentuk amorf, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300 – 2000m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu dengan rentang 25-1000% terhadap berat karbon aktif[8]. Gambar 1 menunjukkan struktur pori dari karbon aktif. Yang terdiri dari tiga jenis pori yang bergantung dari ukuran dari pori yaitu: pori mikro (*micropores*) dengan ukuran ≤ 2nm, pori meso (*mesopores*) dengan ukuran 2 – 50

nm, dan pori makro (*macropores*) dengan ukuran ≥ 50 nm.

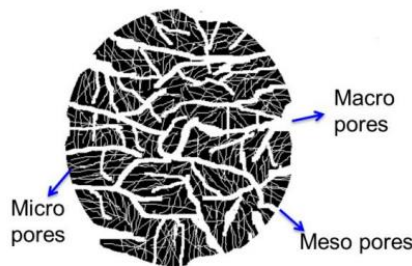
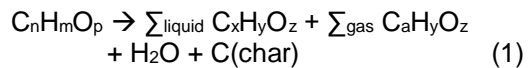
Struktur karbon aktif menyerupai struktur grafit. Grafit mempunyai susunan seperti pelat-pelat yang sebagian besar terbentuk dari atom karbon yang berbentuk heksagonal. Jarak antara atom karbon dalam masing-masing lapisan 1,42 A. Pada grafit, jarak antara pelat-pelat lebih dekat dan terikat lebih teratur daripada struktur karbon aktif. Gambar 2a struktur grafit dan gambar 2b berstruktur umum karbon aktif[9].

Dalam pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap yaitu[10]:

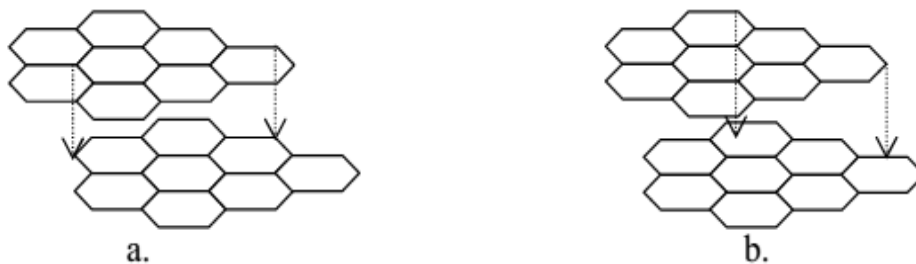
Dehidrasi: proses penghilangan air. Bahan baku dipanaskan sampai temperatur 170 °C.

Karbonisasi: pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon. Karbonasi dilakukan pada suhu 400-900°C. Temperatur diatas 170°C akan menghasilkan CO, CO₂ dan asam asetat. Pada temperatur 275°C, dekomposisi menghasilkan tar, metanol dan hasil sampingan lainnya. Pembentukan karbon terjadi pada temperatur 400-600 °C.

Proses pirolisis atau karbonisasi dapat diwakili oleh reaksi umum sebagai berikut[12]:



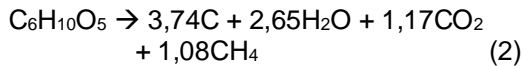
Gambar 1. Stuktur pori dari karbon aktif[11]



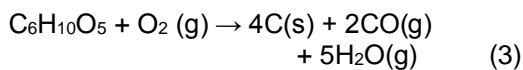
Gambar 2. a Struktur Grafit dan b Struktur Karbon Aktif[9]

Dimana $C_nH_mO_p$ = biomassa

Dengan asumsi selulosa merupakan biomassa maka untuk mendapatkan karbon mempunyai persamaan stoikiometri sebagai berikut[12]:



Aktivasi: Dekomposisi tar dan perluasan pori-pori. Proses aktivasi terjadi pada temperatur 500-1000°C. Proses ini dapat dilakukan dengan uap atau CO_2 sebagai aktivator. Karbon dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. Secara umum reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



Pembakaran tidak sempurna tidak terjadi bila hidrokarbon berlebih atau kekurangan oksigen pada penukaran sempurna hanya dihasilkan CO_2 dan H_2O , sedangkan pada pembakaran tidak sempurna selain dihasilkan CO_2 dan H_2O juga dihasilkan CO dan C [8]. Tujuan proses aktivasi karbon yaitu untuk memperbesar luas permukaan arang dengan membuka pori-pori yang tertutup. Semakin tinggi temperatur aktivasi maka semakin banyak pori-pori terbuka dan pori bertambah luas[13-16]. Dengan bertambahnya pori yang terbuka maka nilai konduktivitas akan bertambah[17].

METODOLOGI PENELITIAN

Preparasi Eceng Gondok

Preparasi yang dilakukan adalah pemotongan pencucian dan pengeringan eceng gondok. Eceng gondok yang digunakan adalah bagian batang dan daunnya. Eceng gondok yang digunakan berasal dari daerah sumber air Wadit Malang. Proses pengeringan dilakukan menggunakan oven dengan temperatur 70°C selama 4 hari. Kemudian eceng gondok dijadikan serbuk dengan ukuran 80 mesh. Hal ini dilakukan agar distribusi panas saat proses karbonisasi merata.

Karbonisasi

Serbuk eceng gondok diletakkan di dalam tungku besi yang tertutup yang dilengkapi

dengan pengaman tekanan, kemudian dimasukkan ke horisontal *furnace*. Proses karbonisasi dilakukan dalam keadaan minim oksigen. Serbuk eceng gondok dipanaskan dari temperatur ruangan ke temperatur 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C dan 1000°C dengan dengan waktu penahanan selama 1 jam, kemudian didinginkan secara alami sampai mencapai temperatur ruangan.

Karakterisasi Biokarbon Eceng Gondok

Pengujian mikrostruktur biokarbon eceng gondok dilakukan dengan menggunakan *scanning electron microscope (SEM)* di laboratorium Energi dan Lingkungan LPPM-ITS dan pengujian karakterisasi kristal biokarbon eceng gondok dilakukan dengan menggunakan difraksi sinar - X (*XRD*) di laboratorium Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian SEM

Hasil SEM biokarbon eceng gondok dengan pembesaran 2000x dalam Gambar 3 menunjukkan semakin tinggi temperatur karbonisasi maka semakin banyak pori-pori dari biokarbon eceng gondok yang terbuka. Pada temperatur 500°C (Gambar 3.a) hanya sedikit pori-pori biokarbon eceng gondok yang terbuka, pada temperatur 600°C (Gambar 3.b) bertambah banyak pori-pori yang terbuka dengan diameter pori sekitar 10µm, pada temperatur 700°C (Gambar 3.c) mulai terlihat bentuk dari pori-pori biokarbon eceng gondok yang berbentuk karang atau *sponge* dengan bentuk yang asimetris. Semakin bertambahnya temperatur karbonisasi maka diameter pori akan semakin kecil hingga pada tempeartur 1000°C biokarbon eceng gondok memiliki diameter pori-pori sekitar 2 µm. Dengan adanya pori-pori ini, maka biokarbon eceng gondok sangat cocok digunakan sebagai bahan dasar *RAM* karena ketika ada gelombang elektromagnetik radar yang menabrak biokarbon eceng gondok maka gelombang itu tidak dipantulkan, tetapi akan dibelokkan masuk ke dalam pori-pori, kemudian akan di pantulkan ke dalam pori-pori yang lebih dalam lagi, sehingga gelombang akan rusak dan kehabisan energi. Sehingga biokarbon eceng gondok yang berpori-pori luas dapat meningkatkan penyerapan radiasi gelombang

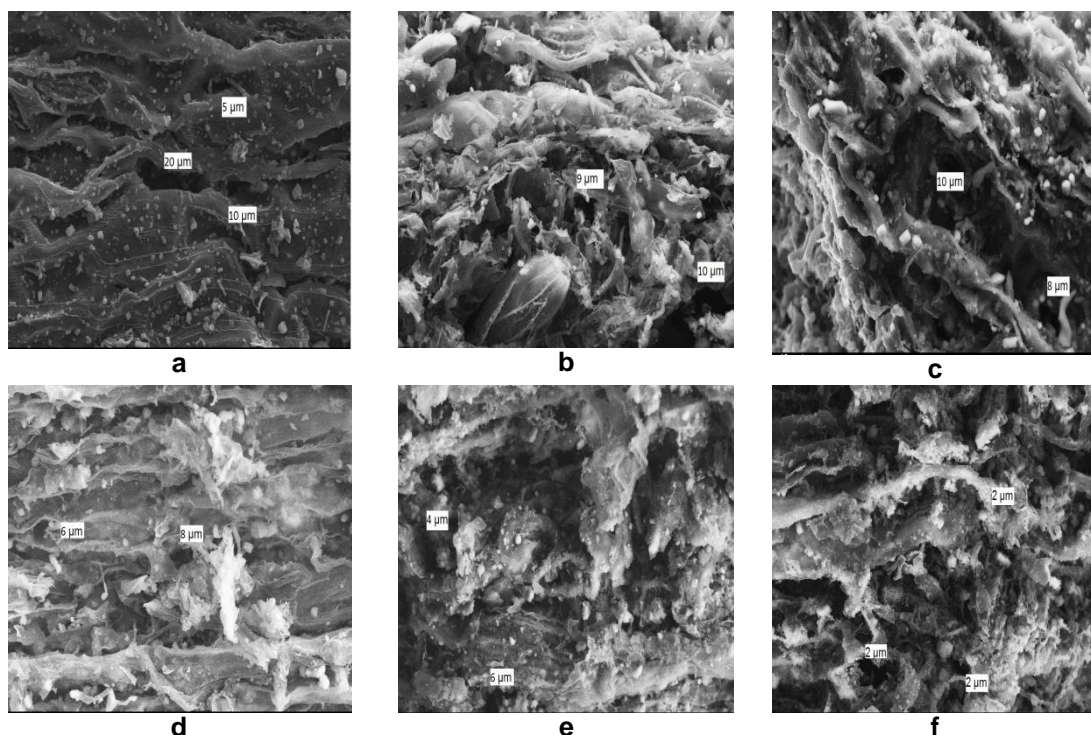
elektromagnetik dengan refleksi permukaan yang rendah dan disipasi panas juga lebih baik dari energi yang diserap karena adanya fraksi volume udara yang tinggi, atau mekanisme penyerapan radiasi refleksi berkelipatan (*multiple reflection*)[18]. Gambar 4 merupakan ilustrasi dari gelombang elektromagnetik yang terjebak di dalam pori-pori biokarbon eceng gondok. Disamping itu, Destyorini dkk[17] menyatakan bahwa bertambahnya pori yang terbuka maka nilai konduktivitas akan bertambah. Dengan bertambahnya nilai konduktivitas maka akan menambah daya serap radiasi gelombang elektromagnetik[18].

Hasil Pengujian XRD Raw Material

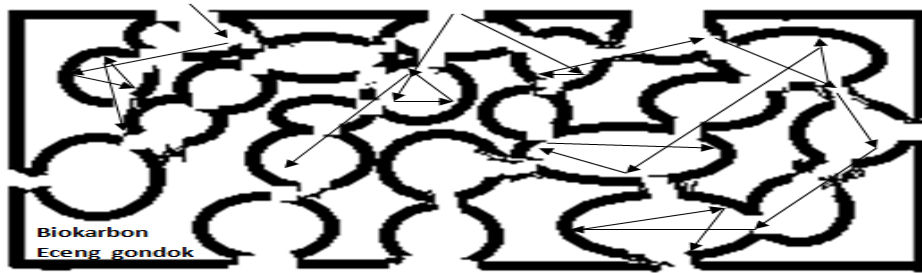
Pengujian XRD digunakan untuk mengetahui adanya perubahan struktur mikro yang terjadi pada biokarbon eceng gondok selama proses karbonisasi. Hasil XRD pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pada temperatur 500°C sudah mulai terbentuk kristal karbon sebanyak 8% pada sudut 26,3472° dengan bentuk kristal rhombohedral. Dengan kenaikan temperatur maka prosentase kristal

karbon bertambah naik, dengan nilai mencapai 14 % pada temperatur 900°C dan 1000°C.

Gambar 5 menunjukkan posisi-posisi sudut 2θ yang terdapat kristal karbon dengan kode 01-075-0444, dimana pada posisi sudut 26,310° memiliki intensitas 100%, yang berarti bahwa kristal karbon terbentuk pada sudut tersebut. Berdasarkan hal tersebut maka kristal karbon yang terbentuk di dalam biokarbon eceng gondok berbentuk seperti grafit, dimana grafit berada pada posisi sudut 26,7°[13]. Dengan semakin banyak kristal karbon yang tumbuh dalam biokarbon eceng gondok maka akan semakin menaikkan nilai konduktivitas listriknya, dengan semakin banyak konduktivitas listriknya maka akan menambah kemampuan biokarbon eceng gondok untuk menyerap radiasi gelombang elektromagnetik. Disamping itu, di dalam biokarbon eceng gondok juga terdapat struktur yang berbentuk amorf, seperti yang ditunjukkan dalam hasil XRD biokarbon eceng gondok Gambar 6. Sehingga struktur biokarbon eceng gondok berbentuk kristal dan amorf.



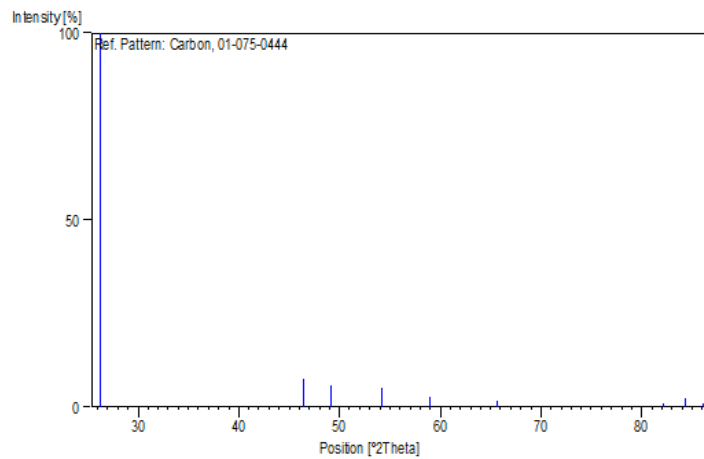
Gambar 3. Hasil Pengujian SEM Hasil biokarbon eceng gondok temperatur karbonisasi (a)500°C, (b)600°C, (c)700°C, (d)800°C, (e)900°C, dan (f)1000°C dengan pembesaran 2000x



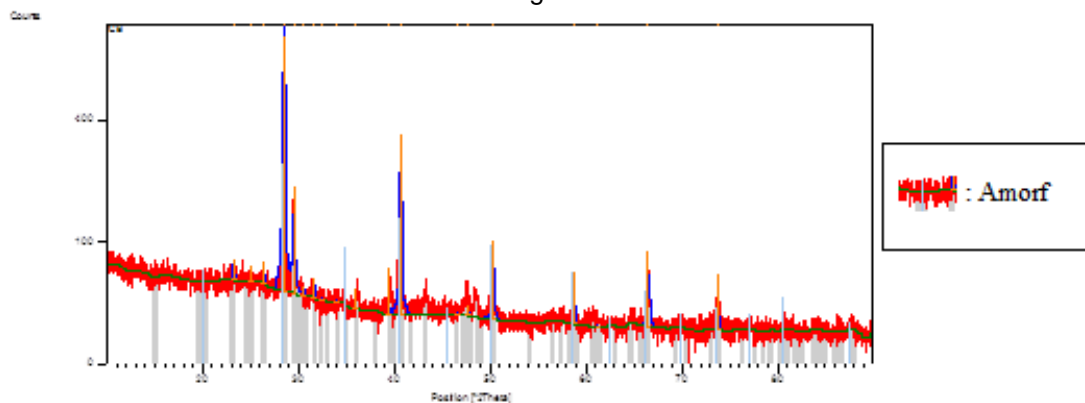
Gambar 4. Skema Ilustrasi Penyerapan Radiasi Gelombang Elektromagnetik oleh Biokarbon Eceng Gondok

Tabel 1. Hasil XRD Prosentase Kristal Karbon Pada Biokarbon Eceng Gondok

| No | Temperatur (°C) | Posisi Sudut 2θ (°) | Prosentase (%) |
|----|-----------------|---------------------|----------------|
| 1 | 500 | 26,3472 | 8 |
| 2 | 600 | 26,2900 | 9 |
| 3 | 700 | 26,2700 | 10 |
| 4 | 800 | 26,2224 | 11 |
| 5 | 900 | 26,3939 | 14 |
| 6 | 1000 | 26,2618 | 14 |



Gambar 5. Hasil XRD Posisi Kritis Karbon Dengan Kode 01-072-154044 Pada Biokarbon Eceng Gondok



Gambar 6. Hasil XRD dari Biokarbon Eceng Gondok pada temperatur 500°C

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi temperatur karbonisasi maka semakin banyak pori-pori dari biokarbon eceng gondok yang terbuka, dengan diameter 2 μ m pada temperatur 1000°C
2. Struktur biokarbon eceng gondok berbentuk kristal dan amorf
3. Semakin tinggi temperatur karbonisasi maka semakin tinggi prosentase terbentuknya kristal karbon dalam biokarbon eceng gondok dengan nilai 14 % pada temperatur 900°C dan 1000°C
4. Biokarbon eceng gondok merupakan bahan yang cocok digunakan untuk RAM

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah memberi dukungan dana terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Thomassin, J. M., Jerome, C., Pardoën, T., Bailly, C., Huynen, I., & Detrembleur, C. (2013). Polymer/carbon based composites as electromagnetic interference (EMI) shielding materials. *Materials Science and Engineering R: Reports*, 74(7), 211–232.
- [2] Liu, S., Chen, X., Zhang, A., Yan, K., & Ye, Y. (2014). Electromagnetic Performance of Rice Husk Ash. *BioResources*, 9, 2328–2340.
- [3] Wu, K. H., Ting, T. H., Liu, C. I., Yang, C. C., & Hsu, J. S. (2008). Electromagnetic and microwave absorbing properties of Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄/bamboo charcoal core-shell nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 68(1), 132–139
- [4] Suliyanti, M. M., Yudasari, N., Indayaningsih, N., Tresna, W. P., Wahyu, Y., & Hercuadi, A. Y. (2012). Pembuatan rf absorber berbasis karbon lokal untuk aplikasi radar. *InSin*, 137–140
- [5] Liu, Q., Gu, J., Zhang, W., Miyamoto, Y., Chen, Z., & Zhang, D. (2012). Biomorphic porous graphitic carbon for electromagnetic interference shielding. *J. Mater. Chem.*, 22(39), 21183–21188.
- [6] Velev, P. N., Nenkova, S. K., & Kulevski, M. N. (2012). Polymer composites on the basis of lignocellulose containing copper sulfide for electromagnetic wave protection. *Bulgarian Chemical Communications*, 44(2), 164–171.
- [7] Ratnani, R. D. (2005). Proses Pirolisis Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Menjadi Karbon Aktif Dengan Bahan Pengaktif Natrium Klorida (NaCl). *Momentum*, 1(1), 5–10.
- [8] Salamah, S. (2008). Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Buah Mahoni Dengan Perlakuan Perendaman Larutan Koh. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin2*, (5), 55–59.
- [9] Suhartana. (2006). Pemanfaatan Baku Arang Aktif Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Sumur Di Desa Belor. *Berkala Fisika*, 9(3), 151–156.
- [10] Haniffudin, N., & Diah, S. (2013). Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (EDLC). *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), F-13-F-17.
- [11] Hao, W. (2014). *Refining of hydrochars/ hydrothermally carbonized biomass into activated carbons and their applications*. Stockholm University.
- [12] Basu, P. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory*. Oxford: Elsevier Inc.
- [13] Pari, G. (2011). Pengaruh Selulosa Terhadap Strukturkarbon Arang Bagian I: Pengaruh Suhu Karbonisasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(1), 33–45.
- [14] Kartika, V., Ratnawulan, & Gusnedi. (2016). Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Terhadap Mikrostruktur Dan Derajat Kristalinitas Karbon Aktif Kulit Singkong Sebagai Bahan Dasar Gdl (Gas Diffussion Layer). *Pillar Of Physics*, 7(April), 105–112.

- Kelapa. *Jurnal Fisika*, 10(2), 122–132.
- [18] Chung, D. D. L. (2001). *Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon materials*. *Carbon*, 39, 279–285.
- [15] Nasution, Z. A., & Rambe, S. M. (2011). *Pengaruh Temperatur Karbonisasi Terhadap Pembentukan Struktur Pori Pada Arang Cangkang Sawit*. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 22(2), 100–105.
- [16] S, F. R. . T. ., Handoko, E., Soegijono, B., Umiyatin, Linah, & Agustriany, R. (2008). *Pengaruh Temperatur Terhadap Pembentukan Pori Pada Arang Bambu*. In *Prosiding Seminar Nasional Sain dan Teknologi - II* (p. V-240-V-245).
- [17] Destyorini, F., Suhandi, A., Subhan, A., & Indayaningsih, N. (2010). *Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Struktur Dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut*