



LAPORAN AKHIR PKM-P

**PEMANFAATAN LIMBAH SAMPAH ORGANIK PASAR UNTUK PEMBUATAN
NANO KARBON SEBAGAI MATERIAL SERBAGUNA**

Diusulkan oleh:

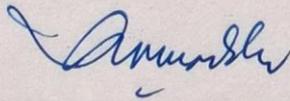
Ahmad Zaky Nugraha	G74100075/2010
Ade Mulyawan	G74100037/2010
Demos Wira Arjuna	G74100085/2010
Restu Habiburahman	D14130071/2013

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2014**

HALAMAN PENGESAHAN

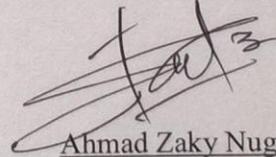
1. Judul Kegiatan : Pemanfaatan Limbah Sampah Organik Pasar untuk Pembuatan Nano Karbon Sebagai Material Serbaguna
2. Bidang Kegiatan : PKM-P
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
 - a. Nama Lengkap : Ahmad Zaky Nugraha
 - b. NIM : G74100075
 - c. Jurusan : Fisika
 - d. Institut : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat / No HP : Dramaga Caringin RT01/06 No.32 Bogor Barat 16680/085694930484
 - f. Alamat e-mail : ahmadzaky.nugraha@yahoo.com
4. Anggota Pelaksana Kegiatan : 4 orang
5. Dosen Pendamping
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Dr. Akhiruddin Maddu, M.Si
 - b. NIDN : 0007096602
 - c. Alamat Rumah dan No. HP : Jl. Panorama Asri No. 6, RT 003/005 Kelurahan Sindangbarang Bogor 16117/ 081213302332
6. Biaya Kegiatan
 - a. Dikti : Rp 12.117.000,00
 - b. Sumber Lain : Rp -
7. Jangka Waktu Pelaksanaan : 5 Bulan
Bogor, 14 April 2014

Menyetujui,
Ketua Departemen Fisika



Dr. Akhiruddin Maddu, M.Si.
NIP. 19660907 1998021 006

Ketua Pelaksana Kegiatan



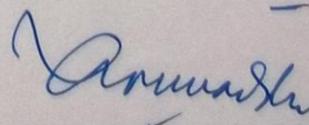
Ahmad Zaky Nugraha
NIM. G74100075

Wakil Rektor Bidang Akademik
dan Kemahasiswaan



Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S.
NIP. 19581228 198503 1 003

Dosen Pendamping



Dr. Akhirudin Maddu, M.Si.
NIP. 19660907 1998021 006

ABSTRAK

Sampah organik atau dapat disebut juga limbah organik seperti limbah pembalakan, limbah industri pengolahan kayu, dan limbah perkebunan, pertanian ataupun pasar dapat dimanfaatkan menjadi arang. Arang merupakan suatu produk yang dihasilkan dari proses karbonisasi dari bahan yang mengandung karbon terutama bahan organik yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Namun nilai tambah yang paling besar dari pemanfaatan limbah organik ini adalah dalam pembuatan nano karbon untuk keperluan industri otomotif, elektronik, pesawat ruang angkasa, biosensor dan kedokteran. Dengan teknologi nano, arang dapat dibuat sebagai biosensor, biobaterai dan bioelektroda. Setelah itu arang dihaluskan dengan *Hammer Mill* hingga ukuran nano meter dan kembali disintering dengan suhu 800° dan 1000°C. Dengan demikian akan diperoleh nano karbon dengan kualitas kekristalan yang baik. Untuk mengetahui ukuran partikel yang didapatkan, selanjutnya karbon akan melakukan uji menggunakan PSA (*Particle Size Analyzer*). Setelah mengetahui ukuran yang dihasilkan adalah nano karbon akan dilakukan uji selanjutnya menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui tingkat kristalinitas dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologi permukaan partikel serta LCR Meter untuk mengetahui sifat listrik. Melalui hasil analisis yang diperoleh dapat diketahui jenis nano karbon yang dihasilkan untuk dilakukan implementasi dan aplikasi bahan.

Kata Kunci : Sampah, Arang, Nano Karbon, PSA, Difraksi Sinar-X, SEM, LCR Meter

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses. Sampah organik atau dapat disebut juga limbah organik seperti limbah pembalakan, limbah industri pengolahan kayu, dan limbah perkebunan, pertanian ataupun pasar seperti tempurung kelapa, tempurung kemiri, sabut kelapa, batang dan bonggol jagung, batang dan kulit kacang tanah, jerami, sekam padi dapat menjadi sumber energi dipedesaan dengan merubahnya menjadi arang. Nilai kalor bakar arang cukup tinggi yaitu bekisar 3000-5000 kal/gram, dan bila dimanfaatkan sebanyak 4 kg nilainya kurang lebih sama dengan panas yang dihasilkan dari 1,3 kg minyak bakar (minyak tanah).¹

Pemakaian limbah sebagai bahan bakar ini masih menggunakan peralatan secara sederhana/tradisional yang mempunyai kelemahan dengan ditunjukan oleh sifat pembakaran yang kurang menguntungkan antara lain banyak timbul asap, abu, dan efesiansinya sangat rendah.² Sampah organik dapat dimanfaatkan untuk penyediaan energi dan sangat potensial untuk sumber karbon yang merupakan salah satu bahan untuk pembuatan briket bioarang.³ Arang merupakan suatu produk yang dihasilkan dari proses karbonisasi dari bahan yang mengandung karbon terutama bahan organik. Produk ini utamanya banyak digunakan sebagai sumber energi.

Proses pembuatan arang sesungguhnya dapat dihasilkan berbagai arang yang mempunyai kegunaan berbeda misalnya arang biasa hasil dari pembakaran hanya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menghasilkan panas. Sedangkan arang dengan melalui proses pengaktifan fungsinya dapat berubah untuk kesehatan, pertanian, kecantikan, dan elektronik. Namun nilai tambah yang paling besar dari pemanfaatan limbah organik ini adalah pembuatan nano karbon untuk keperluan industry otomotif, elektronik, pesawat ruang angkasa, biosensor, dan kedokteran.⁴ Dengan banyaknya sampah organik yang tidak dimanfaatkan maka akan terjadi pencemaran lingkungan. Maka pembuatan sampah organik menjadi nano karbon sangat mungkin dilakukan melihat berbagai potensi yang ada.

1.2 Perumusan Masalah

- a. Bagaimana melaksanakan pengolahan daur ulang sampah organik yang berasal dari pasar tradisional menjadi arang?
- b. Bagaimana membuat arang menjadi nano karbon untuk menambahkan nilai ekonomis arang?
- c. Bagaimana membuat sebuah peluang industri dari sampah organik dari pasar tradisional yang tidak termanfaatkan?

1.3 Tujuan Program

Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan nano karbon dari sampah organik yang tidak termanfaatkan sehingga dapat mengurangi sampah organik yang selama ini belum terolah dengan baik.

1.4 Luaran yang Diharapkan

- a. Program ini diharapkan dapat mengurangi sampah organik yang ada sehingga tidak mencemari lingkungan.
- b. Program ini diharapkan dapat memberikan nilai terhadap sampah organik, sehingga dapat menjadikannya sebagai komoditas industri.

1.5 Kegunaan Program

- a. Bagi Perguruan Tinggi
Seiring dengan meningkatnya penelitian tentang lingkungan diharapkan penelitian menjadi acuan dalam proses pengubahan limbah organik yang tak terpakai menjadi bahan yang bernilai tinggi.
- b. Bagi Mahasiswa
Pelaksanaan program ini membuat mahasiswa meningkatkan daya pikir, analisis, dan inovasi, serta mencari solusi akan permasalahan yang sedang diteliti dengan menggunakan ilmu yang diperoleh selama perkuliahan..
- c. Bagi Masyarakat
Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu produk yang dapat mengurangi sampah organik yang mencemari lingkungan masyarakat serta dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bonggol Jagung

Limbah sampah pasar yang ada pasar perlu dilakukan pemilahan. Hal ini disebabkan tidak semua limbah sampah dapat dengan efektif dan efisien diubah menjadi karbon. Pemanfaatan jagung saat ini sangat beraneka ragam mulai bahan pangan hingga bioenergi. Buah jagung terdiri dari 30% limbah yang berupa bonggol jagung. Sehingga dari jumlah limbah tersebut dapat dikatakan cukup banyak dan akan menjadi sangat potensial jika dapat dimanfaatkan secara tepat. Limbah bonggol jagung sebanyak 30% dari berat total jagung merupakan salah satu sumber lignoselulosa yang ketersediaannya cukup melimpah. Bonggol jagung merupakan limbah yang belum banyak dimanfaatkan. Padahal, bonggol jagung memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi.⁵ Menurut Badan Pusat Statistika pada tahun 2013 produksi jagung Indonesia sebesar 18.506.287.⁶ Dengan berat limbah bonggol jagung sekitar 30% dari bobot jagung maka akan diperoleh jumlah limbah sebesar 5.551.886,1 ton limbah bonggol jagung. Keberadaan selulosa yang cukup pada bonggol jagung dapat dijadikan sumber karbon untuk pembuatan nano karbon. Keberadaan selulosa yang cukup pada bonggol jagung serta kadar air yang cukup rendah dibandingkan dengan limbah sayur lainnya seperti sawi dan kol dapat membuat bonggol jagung sebagai sumber karbon untuk pembuatan nano karbon.

2.3 Nano Karbon

Berdasarkan asal katanya, “nano” itu sendiri berasal dari bahasa latin yang berarti sesuatu yang sangat kecil atau satu milyar dari suatu benda (10^{-9}). Kalau selama ini kita mengenal istilah “micro scale” sebagai ukuran terkecil, namun sekarang kemajuan ilmu pengetahuan sudah membawa kita ke dunia “nano scale”. Sebagai gambaran, ukuran sehelai rambut manusia adalah sekitar 80.000-100.000 nano dan sebuah virus rata-rata berukuran 100 nano. Sehingga teknologi nano itu dapat di definisikan sebagai sebuah ilmu yang berhubungan dengan benda-benda dengan ukuran 1 hingga 100 nm, memiliki sifat yang berbeda dari bahan asalnya dan memiliki kemampuan untuk mengontrol atau memanipulasi dalam skala atom.⁷

Perkembangan teknologi nano dewasa ini sudah sangat maju, dengan teknologi nano akan dihasilkan material berukuran nano baik dalam bentuk tepung (nano powder) maupun cair. Penggunaan bahan nano yang berukuran super kecil ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) memiliki keunggulan lebih reaktif, langsung mencapai sasaran atau target karena ukurannya yang

halus, serta hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil. Sehingga partikel nano sangat cocok sebagai bahan material untuk berbagai aplikasi.

Menurut penelitian oleh Prof. Dr. Gustan Pari, M.Si pada tahun 2013 arang dapat dibuat sebagai biosensor, biobatre dan bioelektroda. Nano karbon dengan kata lain arang berskala nano dibuat dengan cara dikarbonisasi, kemudian dimurnikan, selanjutnya dihaluskan. Pada prinsipnya arang yang dibuat masyarakat dapat diolah lebih lanjut dengan memanaskan kembali arang tersebut sampai suhu 800°C untuk mendapatkan karbon dengan kemurnian tinggi.

Hasil penelitian sementara menunjukkan arang yang disintering pada suhu 900°C dan 1300°C , memperlihatkan derajat kristalinitasnya meningkat dari 15,42% menjadi 72,04% dan 79,18%. Hal ini menunjukkan adanya perubahan struktur dari atom karbon yang semula bersifat amorf atau strukturnya tidak beraturan menjadi pola struktur yang teratur dengan nilai tahanan sebesar $1,2 \Omega$. Nano karbon ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat biosensor, baterai HP, dan elektroda ataupun benda lainnya.⁴

BAB 3. METODE PENDEKATAN

Metode pendekatan pada penelitian kali ini adalah penelitian eksperimen. Dimana pada bagian akhir akan dilakukan perbedaan perlakuan antara variabel bebas dengan kontrol yang dilakukan dengan aktivasi kimia serta pelakuan suhu yaitu pada 800°C dan 1000°C . Setelah itu akan dilakukan berbagai karakterisasi agar dapat diketahui hasil materila yang diperoleh.

BAB 4. PELAKSANAAN PROGRAM

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Kegiatan ini dilaksanakan selama 5 Bulan Laboratorium Material dan Biofisika Membran Departemen Fisika IPB dan Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan (Pustekolah).

Tahapan Pelaksanaan

Awal penelitian ini dimulai dari pembuatan arang atau karbonisasi. Pengarangan berlangsung pada alat karbonisasi listrik dengan suhu 400°C selama 4 jam dengan kontrol oksigen sebesar 25%.⁸ Lalu arang yang telah tercipta akan diaktifasi kimia dengan KOH selama 24 jam. Selanjutnya arang akan direndam selama 1 jam dengan HCl untuk selanjutnya dibersihkan serta dinetralkan pada *vacum* dengan bantuan *aquadest* panas.⁸ Arang serta arang aktif yang dihasilkan selanjutnya akan dilakukan uji kadar air, zat terbang, karbon terikat, nilai kalor, dan daya serap iod. Setelah di aktifasi langkah selanjutnya adalah penggilingan menggunakan *Hammer Mill* selama 30 menit dengan waktu setiap penggilingan selama 3 menit untuk memperoleh hasil nano karbon dengan ukuran terkecil.⁹ Karbon yang telah dihasilkan akan diuji dengan PSA (*Particle Size Analyzer*) untuk mengetahui ukuran partikel karbon. PSA merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis ukuran partikel sebuah sampel dalam bentuk ukuran mikro maupun nano. . PSA mampu mengukur distribusi ukuran partikel emulsi, suspensi dan bubuk kering.¹⁰ Selain itu juga dilakukan karakterisasi dengan SEM serta EDX untuk mengetahui sebaran paetikel nano karbon yang ada serta partikel penyusunnya. Selanjutnya karbon akan disintering pada suhu 800°C dan 1000°C dengan waktu tahan 2 jam dan laju kenaikan panas sebesar 5°C namun sebelumnya dilakukan aktivasi kimia terlebih dahulu terhadap nano karbon.¹¹ Lalu selanjutnya untuk semua material pada

setiap langkah akan dilakukan uji sifat listrik serta uji XRD untuk dilakukan perbandingan hasil dari setiap tahap serta pengambilan kesimpulan.

Instrumen Pelaksanaan

Alat yang digunakan pada praktikum kali ini adalah alat Karbonisasi, HEM (High Energy Milling), LCR Meter, Tabung Konduktansi, X Ray Diffraction, SEM dan EDX, Furnace, Mortar, Saringan, Hot Plate Stirrer, crucible, Gelas Ukur, Gelas Piala.

Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah Bonggol Jagung, Iod, KOH, HCl, Aquadest.

Rekapitulasi Rancangan dan Realisasi Biaya

Rancangan Biaya

No	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp)
1	Peralatan penunjang	3.115.000,-
2	Bahan habis pakai	4.302.000,-
3	Perjalanan	3.000.000,-
4	Lain-lain: administrasi, publikasi, seminar dan laporan	1.700.000,-
	Jumlah	12.117.000,-

Realisasi Biaya Sementara

No	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp)
1	Peralatan penunjang	2.463.200,-
2	Bahan habis pakai	4.100.000,-
3	Perjalanan	2.495.700,-
4	Lain-lain: administrasi, publikasi, seminar dan laporan	1.417.000,-
	Jumlah	10.475.900,-

Jumlah pembiayaan Rp12.000.000,-

Serapan Biaya $10.475.900,- / 12.000.000,- = 87\%$

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

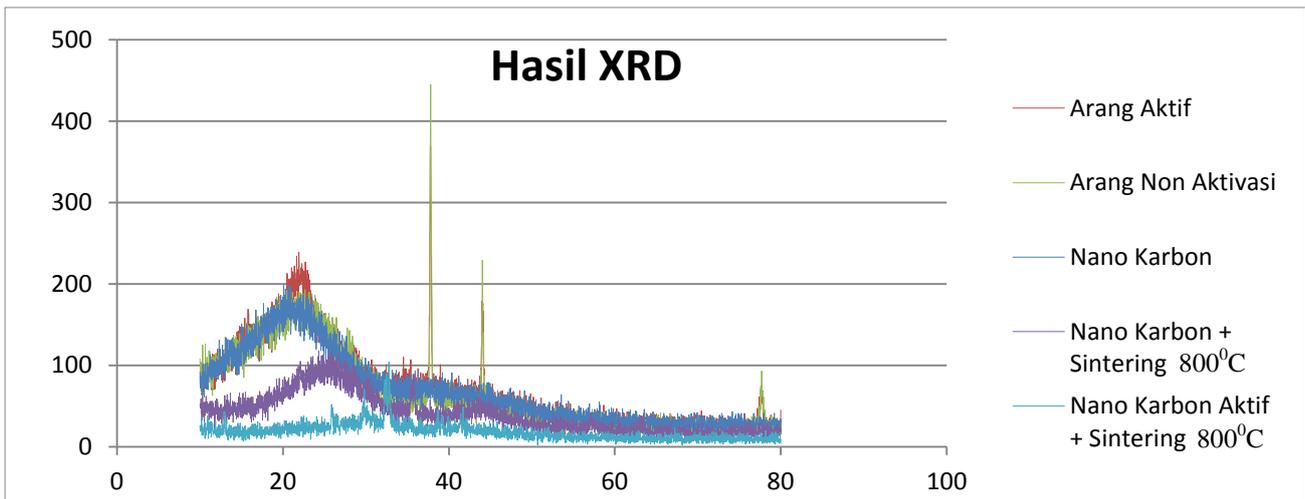
Pembakaran bonggol jagung dilakukan dengan tabung karbonisasi dengan kadar oksigen 25% agar bonggol jagung tidak menjadi abu karena terbakar sempurna. Sampel arang yang didapatkan berkisar 30% dari bobot awal sebesar 5 kg bonggol jagung yang dibakar menjadi 1,5 kg. Setelah itu arang diaktivasi dengan cara direndam KOH selama 24 jam lalu direndam dengan HCl selama 1 jam untuk proses pencucian.

Sampel	Kadar Air(%)	Zat Terbang(%)	Kadar Abu(%)	Fixed Karbon(%)	Daya Serap Iod(mg/gram)	Nilai Kalori(Kal/Gram)
Arang Jagung	10,448	54,309	3,713	41,978	296,2	6089
SNI Arang	Maks 6	Maks 30	Maks 4	-	-	-
Arang Aktif Jagung	4,84	31,006	5,855	63,139	375,2	-
SNI Arang Aktif	Maks 15	-	Maks 10	Min 65	Min 750	-

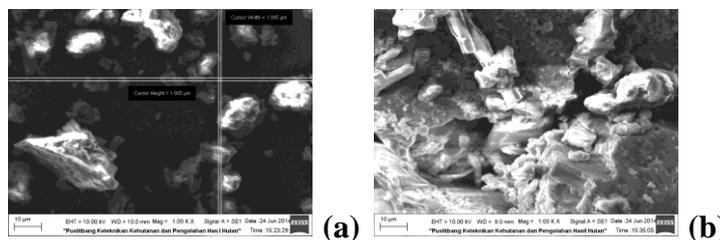
Arang yang tercipta memiliki nilai kalori cukup baik yaitu sebesar 6089 kal/g bila diubah menjadi briket memungkinkan untuk mendapatkan briket kualitas A.¹² Berdasarkan perbandingan dengan SNI tentang arang hanya kadar abu yang memenuhi syarat. Sedangkan untuk arang aktif hanya daya serap iod yang terpaut jauh dari nilai SNI. Uji daya serap iod

dilakukan untuk mengetahui perubahan porositas pada arang setelah dilakukan aktivasi. Semakin besar daya serap iod maka porositas yang terbentuk akan semakin baik. Pembentukan porositas dilakukan dengan tujuan meningkatkan konduktivitas material.

Ukuran suatu partikel dapat diketahui melalui alat PSA akan diketahui ukuran suatu partikel. Melalui metode kumulat diperoleh intensitas rata-rata sebesar 254,95 nm, volume rata-rata sebesar 287,51 nm, dan nilai nomor rata-rata sebesar 171,86 nm. Nilai rata-rata keseluruhan sebesar 234,96 nm. Untuk standar ukuran nanometer berkisar antara diameter berkisar antara 1-100 nm dan panjang hingga skala mikrometer ($1\mu\text{m}=1000\text{ nm}$).¹³



Karbon yang disintering pada suhu 1000°C memiliki nilai penyusutan sangat tinggi sebesar 90% dari bobot awal sehingga tidak dapat dilakukan karakterisasi. Berdasarkan hasil XRD diperoleh nilai derajat kristalinitas atau keteraturan sebesar Arang Aktif 32,04%, Arang Non Aktivasi 46,89%, Nano karbon 51,32%, Nano Karbon Sintering 51,46% dan Nano Karbon Aktif Sintering 81,89%. Keberadaan karbon dapat analisis XRD berada pada rentang sekitar $20-30^{\circ}$ derajat, adanya puncak pada angka 38° , 44° dan 78° dikarenakan holder yang XRD yang terbaca. Nilai kristalinitas yang berbeda pada analisis XRD menandakan adanya perubahan struktur dari yang tidak beraturan (amorf) menjadi lebih teratur. Perubahan fasa terbesar terjadi pada material nano karbon yang telah diaktivasi kembali lalu disintering. Hal ini dapat dilihat dari perubahan fasa yang paling berbeda dengan material lainnya selain karena kristalinitasnya yang cukup tinggi yaitu, sebesar 81.89%.



Gambar diatas merupakan hasil dari SEM untuk material nano karbon serta nano karbon yang telah diaktivasi. Pada gambar a dapat terlihat dengan jelas bagaimana sebaran ukuran partikel dari nano karbon. Sedangkan pada gambar b dapat terlihat dengan jelas poros yang ada pada nano karbon yang telah diaktivasi. Ukuran nano karbon yang telah diaktivasi lebih besar diakarenakan material yang bergumpal saat perendaman dengan bahan kimia. Hasil EDX menghasilkan untuk nano karbon mengandung 49.59% elemen Karbon, 41.78% elemen Oksigen, 3.18% elemen Fluorine, 4.28% elemen Sodium, 0.91% elemen

Magnesium, 0.96% Alumunium dan 1.94% Indium. Hal ini menandakan adanya penurunan nilai karbon dibandingkan dengan karbon pada arang aktif.

	Z (Ω)	Cs (F)	G (S)	Rs (Ω)
Arang Non Aktifasi	4,3578 M	631,05 p	60, 538 n	1,1496 M
Arang Aktif	654,31 k	17,988 n	1,4890 μ	637,47 k
Nano Karbon	1,4017 M	5,9071 n	675,82 n	1,3278 M
Nano Karbon+sintering 800°C	0,05909	1,0961	16,908	0,05904
Nano Karbon Aktif+sintering 800°C	0,12138	2,497	8,2397	0,12138

Pada uji LCR ini digunakan 60 Hz dengan Arus konstan sebesar 5 mA dan tegangan bebas. Proses aktivasi pada penelitian kali ini ternyata tidak terlalu mempengaruhi sifat listrik pada material yang ada. Pada tabel dapat terlihat perubahan yang besar terjadi ketika material di sintering pada suhu 800°C baik untuk nano karbon yang disintering maupun nano karbon yang diaktifasi lalu disintering. Pada nano karbon yang telah disintering memiliki nilai impedansi dan resistansi yang lebih rendah dibandingkan dengan nano karbon yang telah diaktivasi lalu di sintering. Hal ini berbanding terbalik dengan nilai konduktansi nano karbon yang telah disintering lebih tinggi dibandingkan dengan nano karbon yang telah diaktifasi. Namun untuk nilai kapasitansi nano karbon yang telah diaktifasi lalu disintering memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nano karbon yang hanya disintering. Nilai nano karbon yang diaktifasi memiliki nilai resistansi yang lebih rendah dibandingkan penelitian Gustan Pari sebesar 1.2 Ω dengan kristalinitas 79.18%.⁴ Nilai konduktansi dari nano karbon yang telah disintering memiliki nilai yang lebih tinggi dari elektroda yang berasal dari grafit mesopori yang dilakukan oleh Ribut Wahidin dan Yudha Jati yang bernilai 1.28 S dan 1.24 S.^{14 15}

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pembuatan nano karbon dari bonggol jagung yang merupakan limbah pasar yang tidak bermanfaat dapat diaplikasikan menjadi banyak hal. Nano karbon yang telah disintering dengan suhu 800°C dapat diaplikasikan menjadi elektroda berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Sedangkan nano karbon yang telah diaktifasi lalu disintering dengan suhu 800°C dapat diaplikasikan menjadi kapasitor karena memiliki nilai lebih baik dibandingkan dengan nano karbon yang telah disintering.

Saran untuk penelitian selanjutnya agar dilakukan variasi yang beragam dalam lama penggilingan dengan Hammer Mill agar dapat menghasilkan ukuran yang lebih kecil. Pengaruh suhu serta waktu sintering pun perlu dilakukan agar mendapatkan sifat listrik yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Yudanto, Angga,2010. Pembuatan Briket Bioarang dari Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati. [skripsi]. Semarang. Teknik Kimia Universitas Diponegoro
- 2 Padang, Yessu Along,2008. Analisis Nilai Kalor Briket Bioarang Sampah Daun. Volume 9 No 2, Desember 2008
- 3 Suriawiria, Unus,2002. Memanfaatkan Sampah Kota. MM-Teknologi TI-ITB. Bandung

- 4 Pari, Gustan,2013. Masa Depan Terang Karena Arang. Penelitian Hasil Hutan Vol. 31 No.1 tahun 2013
- 5 Putri, Dwi Oceu, dkk.2013. Pemanfaatan Limbah Bonggol Jagung (*Zea Mays sp.*) Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembalut Wanita yang Aman dan Ramah Lingkungan. FMIPA UPI. Jurusan Pendidikan Kimia
- 6 BPS Jagung
- 7 Kuzma J and VerHage P,2006. Nanotechnology in Agriculture and Food Production, Anticipated Application. Project on Emerging Nanotechnologies. Washington. Woodrow Wilson International Center for Scholars.
- 8 Pari, Gustan dkk,2012. Teknologi Pembuatan Arang dan Arang Aktif Serta Pemanfaatannya. Kementerian Kehutanan Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan
- 9 Monavita, Hani,2014. Pemanfaatan Limbah Kulit Rotan Sebagai Filler Bionanokomposit Pada Aplikasi Fan Cover Comp Sepeda Motor.[skripsi].Departemen Fisika Institut Pertanian Bogor
- 10 Amelia, Rizky dkk,2013. Pembuatan Nanokarbon Dari Limbah Bateri Untuk Aplikasi Elektroda Superkapasitor. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB
- 11 Kuzmenko, Volodymir. 2012. Carbon Nanofibers Synthesized from Electrospun Cellulose.Gottenborg Swedia:Chalmers University of Technolgy
- 12 Hartanto, Puji Feri.2014.Optimasi Operasi Pirolisis Sekam Padi Untuk Menghasilkan Bahan Bakar Briket Bioarang Sebagai Bahan Bakar Alternatif.Semarang: Jurusan Teknik Kimia, UNDIP
- 13 Anonim, 2011. Ilmu dan Teknologi Nano Indonesia. (<http://kmkimia.mipa.ugm.ac.id/2011/07/ilmu-dan-teknologi-nano-di-indonesia/>) diakses pada 07 Juli 2014
- 14 Wahidin, Ribut, 2014. Penggunaan Grafit Mesopori Berlapis Polianilin sebagai Elektroda pada Pembangkit Listrik Berbasis Microbial Fuel Cell.[Skripsi]. Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor
- 15 Wiratmoko, Yudha Jati.2014. Modifikasi Grafit Mesopori dengan Pelapisan Polipirol sebagai Elektroda pada Microbial Fuel Cell.[Skripsi].Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor

LAMPIRAN



