Analisis Variasi Temperatur Aktivasi Terhadap Struktur Kristalin Arang Aktif Dari Tandan Aren (*Arenga Pinnata Merr*) Dengan Agen Aktivasi *Potassium Silicate* (K_2SiO_3)

Nurlia ^{1)*}, Muhammad Anas ²⁾, Erniwati ²⁾

^{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: nurlial291@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek variasi temperatur aktivasi dengan agen aktivasi potasium silikat (K_2SiO_3) terhadap struktur kristalin arang aktif dari tandan aren. Arang aktif merupakan hasil pirolisis bahan baku berkarbon pada suhu lebih rendah dari $1000^{\circ}C$. Arang aktif tandan aren diperoleh dalam empat tahap yaitu tahap persiapan, tahap karbonasi menggunakan reaktor pirolisis dengan suhu $300^{\circ}C - 400^{\circ}C$ selama ± 8 jam dan aktivasi kimia menggunakan aktivator *potassium silicate* (K_2SiO_3) dengan perbandingan berat 2:1 dan tahap 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 $800^{\circ}C$. Pengujian struktur kristalin dengan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil uji menghasilkan 2θ sebesar $26,60^{\circ}$, $26,62^{\circ}$, $26,16^{\circ}$, $26,22^{\circ}$, $26,97^{\circ}$, dan $26,68^{\circ}$. Hasil struktur kristalin tertinggi 22,26% pada temperatur $600^{\circ}C$ dan yang terendah 8,83% pada temperatur $650^{\circ}C$. Hasil yang diperoleh bersifat *amorf* 91,17% pada temperatur tertinggi $650^{\circ}C$ dan terendah sebesar 77,74% pada temperature $600^{\circ}C$ yang memiliki pola susunan atom-atom atau molekul-molekul yang acak dan tidak teratur secara berulang atau tidak periodik.

Kata Kunci: Arang Aktif, Tandan Aren; Temperatur Aktivasi, *potassium silicate* (K_2SiO_3), dan Struktur Kristalin

Abstract: This study aims to determine the effect of variations of activation temperature of activated carbon from sugar palm bunches of chemically activated with the activation agent of potassium silicate (K_2SiO_3) on the crystalline structure. Activated carbon is the result of pyrolysis of carbonaceous raw materials at temperatures lower than of $1000^{\circ}C$. Activated carbon from bunches of sugar palm acquired in four steps: preparation steps, carbonization steps using the pyrolysis reactor with temperature of $300^{\circ}C - 400^{\circ}C$ for 8 hours and chemical activation using of potassium silicate (K_2SiO_3) activator in weight ratio of 2: 1 and 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 $800^{\circ}C$. The crystalline structure tested by X-Ray Diffraction (XRD) method, the results yielded 2θ of $26,60^{\circ}$, $26,62^{\circ}$, $26,16^{\circ}$, $26,22^{\circ}$, $26,97^{\circ}$, and $26,68^{\circ}$ respectively. The highest crystalline structure yield was 22.26% at temperature of $600^{\circ}C$ and the lowest was 8.83% at temperature of $650^{\circ}C$. The results obtained were amorphous 91.17% at the highest temperature of $650^{\circ}C$ and the lowest 77.74% at temperatur of $600^{\circ}C$ which has a random and irregular arrangement pattern of atoms or molecules repeatedly or not periodically.

Keywords: Activated carbon, bunches of sugar palm, activation of temperature, *potassium silicate* (K_2SiO_3), and crystalline structure

PENDAHULUAN

Tandan aren (*Arenga pinnata Merr.*) adalah salah satu jenis tanaman palma yang hampir tersebar di seluruh wilayah Indonesia dan merupakan tanaman yang memiliki banyak manfaat untuk kebutuhan manusia baik itu batang, daun, buah, dan ijuk. Limbah

tandan aren dapat diolah menjadi arang aktif karena di dalam tanaman tandan aren mengandung lignin dan selulosa Fitriani (2009). Djabbar (2006) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa ijuk merupakan suatu bahan dari tanaman aren yang memiliki serat kasar dan lignin pada dinding selnya serta bersifat kuat

dan keras, ijuk dalam kehidupan sehari-hari biasanya dimanfaatkan sebagai penyaring, dan pengikat bahan organik dalam air. Menurut Sitepu (2006) ijuk memiliki kadar lignin 7% dan selulosa 74%, Christiani (2008) lignin 43,09% dan selulosa 51,54%; sedangkan menurut Mahmuda (2013) lignin 36,44% dan selulosa 85,27%. Hal ini menunjukkan bahwa ijuk merupakan salah satu bahan yang memiliki potensi sebagai bahan dasar pembuatan arang aktif.

Bahar (2019) meneliti tentang efek temperatur aktivasi terhadap struktur kristalin arang aktif dari tandan aren bahwa hasil analisisnya, terjadi perubahan struktur kristal dan posisi sudut setiap unsur, yang diperoleh akibat dari temperatur yang diberikan. Puncak difraksi tertinggi berada disekitar sudut 2θ : $28,39^\circ$, dari puncak yang terbentuk terlihat bahwa struktur di beberapa puncak sudah memperlihatkan struktur kristal walaupun tidak periodik. Kemudian diketahui bahwa struktur kristal memiliki puncak-puncak energi yang tajam dan sempit dan pada grafik di atas beberapa puncak menunjukkan ciri-ciri struktur kristal yang disebutkan yaitu berada disekitar sudut $28,35^\circ$, 30° , $40,54^\circ$. Walaupun intensitas difraksi yang relatif kecil menunjukkan struktur *amorf* yang lebih dominan dibandingkan dengan struktur Kristal sampel sebelum pemanasan diperoleh kandungan fasa yang terdapat pada puncak tertinggi adalah *diamond* sebanyak 90,2% pada sudut 2θ : $28,35^\circ$ dengan struktur Kristal *orthorhombic*. Unsur *carbon* dengan struktur kristal *hexagonal* sebanyak 4,1%, unsur *graphite* dengan struktur kristal *orthorhombic* 5,7%. Persentase kandungan yang berbeda menandakan komposisi unsur yang terkandung juga berbeda dan dari hasil tersebut mengkonfirmasi bahwa kandungan unsur alami ketiga karbon (*Diamond*) terbilang cukup tinggi. Kartika, dkk. (2016) mengemukakan bahwa derajat kristalinitas tertinggi terdapat pada suhu karbonisasi 300°C , sedangkan derajat kristalinitas terendah terdapat pada suhu karbonisasi 400°C . Hasil karakterisasi dari XRD yaitu berupa pola difraksi XRD dari karbon aktif kulit singkong. Makin besar Persentase derajat kristalinitasnya, maka struktur kristal dari karbon aktif akan semakin tinggi dan jauh dari struktur *amorf*.

Kong dkk (2014) dalam penelitiannya dengan menggunakan XRD dilakukan untuk mempelajari struktur AC yang dihasilkan oleh limbah keratin dan lignoselulosa dalam kondisi yang berbeda. Terdapat puncak difraksi pada sekitar $2\theta = 25^\circ$ untuk CW yang

secara dramatis berbeda dari CA, yang dapat dijelaskan bahwa CA memiliki struktur mikrokristalin selulosa dan struktur lapisan aromatik ditumpuk. Setelah di aktivasi dengan $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, puncak difraksi menjadi sekitar $2\theta = 25^\circ$ untuk CAAC lemah, sementara itu, CWAC-1 dan CAAC-2 tidak memiliki puncak kristalinitas yang khas, yang menunjukkan karbon *amorf*. AC keratin tanpa pretreatment (CWAC-2) menyatakan bahwa ada dua puncak difraksi pada $2\theta = 35,22^\circ$ dan $62,30^\circ$, yang sesuai dengan jarak interlayer masing-masing 0,2548 nm dan 0,1490 nm. Namun, AC berbasis lignoselulosa yang dihasilkan mencerminkan spola yang berbeda. CAAC-1 memiliki puncak yang menonjol pada $27,49^\circ$ dengan interlayer jarak 0,3245 nm. Sehingga data lebih rendah dari pada grafit, 0,335 nm, menggambarkan karbon non-grafit.

Berdasarkan uraian tersebut, maka pentingnya untuk mengetahui gambaran informasi mengenaistruktur kristalin arang aktif tandan aren dengan agen aktivasi *Potassium Silikat*, sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Variasi Temperatur Aktivasi Terhadap Struktur Kristalin Arang Aktif dari Tandan Aren (*Arenga Pinnata Merr*) dengan Agen Aktivasi *Potassium Silicate*” (K_2SiO_3).

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian dalam bidang fisika material dengan menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2020 - Februari 2020. Proses pengambilan tandan aren diperoleh dari Desa Lantowonua, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara. Proses karbonasi, Penggerusan dan Pengayakan Sampel dilakukan di Sekitaran kampus UHO, aktivasi sampel dilakukan di Laboratorium Pendidikan Kimia FKIP dan analisis struktur kristalin akan dilakukandi Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Prosedur kerja pembuatan arang aktif mengacu pada penelitian Bahar (2019), Sedangkan untuk aktivasi kimia dan fisika pada pembuatan arang aktif mengacu pada penelitian Kong *et al* (2014) dan untuk pembelian larutan kimian terdapat di Makassar tempat penjualan larutan kimia dan tempat penjualan-penjualan larutan kimia lainnya. Untuk menganalisis sampel hasil XRD dengan menggunakan aplikasi *Software Match 3*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini berupa serbuk arang aktif dari tandan aren dengan dua proses aktivasi yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Proses aktivasi kimia dengan menggunakan senyawa

potassium silicate (K_2SiO_3) dan proses aktivasi fisika dilakukan dengan variasi temperatur aktivasi 600°C, 650 °C, 700 °C, 750 °C dan 800 °C selama 30 menit menggunakan tanur.

1. Grafik Hasil XRD dengan Temperatur 600°C, 650°C, 700°C, 750°C, 800°C dan Tanpa Aktivasi

2. Analisis Struktur Kristalin Arang Aktif dengan Temperature 600°C Menggunakan Software Mach 3

Berdasarkan dari hasil analisis grafik keenam sampel tersebut, terjadi adanya perubahan struktur kristal dan posisi sudut dari setiap unsur yang diperoleh dari temperature yang diberikan. Setelah dilakukannya *search mach 3* pada sampel arang aktif tandan aren berdasarkan difraktogram dengan diberikan variasi suhu yang berbeda-beda sehingga muncullah puncak-puncak difraksi yang khas. Puncak difraksi tertinggi berada disekitar sudut $2\theta = 44,67^\circ$, dari puncak yang terbentuk terlihat bahwa struktur Kristal di beberapa

puncak sudah memperlihatkan struktur Kristal walaupun tidak periodik. Intensitas difraksi yang relatif kecil menunjukkan struktur *amorf* yang lebih dominan dibandingkan dengan struktur Kristal. Seperti pada sampel sebelum pemanasan diperoleh kandungan fasa yang terdapat pada puncak tertinggi adalah *graphite* sebanyak 86,0% pada sudut 2θ : $26,99^\circ$ dengan struktur Kristal *rhombohedral*. Unsur *graphite* dengan persentase 14,0% mengandung struktur Kristal *orthorhombic*. Setelah sampel diberika perlakuan

dengan temperature 600° maka puncak tertingginya berada pada unsur *graphite* dengan persentasi kandungan sebesar 60,7% pada sudut $2\theta = 42,5^{\circ}$ dengan struktur kristal yaitu *hexagonal*. Unsur *graphite* dengan struktur Kristal *orthorhombic* sebanyak 10,6%, unsur *graphite* dengan struktur kristal *rehombohedral* 28,0% dan unsur *carbon graphite 2H* dengan struktur kristal *rehombohedral* dengan persentasi kandungan 0,6%. Persentasi kandungan yang berbeda menandakan komposisi unsur yang terkandung juga berbeda dan dari hasil tersebut menandakan bahwa kandungan unsur alami keempat karbon (*graphite*) terbilang cukup tinggi. Untuk mengetahui unsur lain dari arang aktif tandan aren perlu dianalisis lebih jauh dengan menggunakan SEM-EDX. Sedangkan jika tanpa menggunakan aktivasi kimia seperti yang dilakukan oleh Bahar (2019) dalam penelitiannya puncak difraksi tertinggi berada disekitar sudut 2θ : $28,39^{\circ}$, dari puncak yang terbentuk terlihat bahwa struktur di beberapa puncak sudah memperlihatkan struktur kristal walaupun tidak periodik. Kedua diketahui bahwa struktur kristal memiliki puncak-puncak energi yang tajam dan sempit dan pada grafik di atas beberapa puncak menunjukkan ciri-ciri struktur kristal yang disebutkan yaitu berada disekitar sudut $28,35^{\circ}$, 30° , $40,54^{\circ}$.

Persentasi kandungan tingkat kristalinitas dengan tanpanya aktivasi sebesar 18,92% dan amorf sebesar 76,24%, untuk temperatur 600°C tingkat kristalinitasnya sebesar 22,26% dan untuk *amorf* sebesar 77,74%, temperatur 650°C dengan tingkat kristalinitas yaitu 8,83% dan *amorf* sebesar 91,17%, temperatur 700°C tingkat kristalinitasnya yaitu 10,10% dan *amorf* 89,90%. Untuk temperatur 750°C persentasi kandungan tingkat kristalinitasnya sebesar 14,66 % dan *amorf* sebesar 85,34%, untuk temperatur 800°C tingkat kristalinitasnya sebesar 12,55% dan *amorf* sebesar 87,45%. Dari persentasi kandungan tingkat kristalinitas pada keenam sampel tersebut tingkat kristalinitas yang tertinggi terdapat pada temperatur 600°C dan untuk tingkat kristalinitas terendah berada pada temperatur 650°C . untuk persentasi kandungan *amorf* yang tertinggi berada di temperature 650°C dan yang terendah berada di tanpa aktivasi. Dapat kita ketahui bahwa dari keenam sampel tersebut yang lebih dominan adalah *amorf* dibandingkan dengan tingkat kristalinitasnya karena dilihat dari persentasi kandungan *amorf* yang lebih besar dibandingkan dengan tingkat

kristalinitasnya. Keadaan *amorf* adalah keadaan atau fasa dimana susunan atom-atom yang terbentuk terjadi perubahan pada keteraturan partikel penyusunnya. *Amorf* terbentuk karena proses pendinginan yang terlalu cepat sehingga atom-atom tidak dapat dengan tepat menempati lokasi kisinya.

Struktur Kristal yang terlihat tanpa aktivasi adalah *Orthorhombic* dan *Hexagonal* dan untuk temperatur 600°C struktur yang terlihat adalah *Orthorhombic*, *Hexagonal* dan *Rehombohedral*, dapat di ketahui bahwa Efek pemanasan atau pemberian variasi temperatur menyebabkan terjadi pergeseran puncak difraksi 2θ yang dimana semakin meningkatnya temperatur aktivasi menyebabkan berubahnya struktur Kristal dari suatu unsur dan bertambahnya suatu unsur. Berdasarkan Hukum Bragg, faktor pemanasan juga membuat parameter kisi mengalami perubahan. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil analisis XRD yang diperoleh, seiring meningkatnya temperatur aktivasinya, terlihat puncak-puncak difraksi mengalami pelebaran dan nilai intensitas Kristal menurun jika dibandingkan dengan hasil XRD tanpa aktivasi, dengan kata lain pada temperatur aktivasi yang rendah, maka karbon yang terbentuk cenderung akan bersifat kristalin atau kondisi dimana saat pemberian temperatur terbentuk sebuah kristal dengan susunan khas atom-atom yang memiliki keteraturan tinggi pada partikel penyusunnya. Pelebaran puncak difraksi disebabkan oleh ukuran kristal (*particle broadening*), pelebaran karena regangan (*strain broadening*), regangan mikro, dan kondisi difraktometer (Tutik, 2018). Kristal memiliki susunan yang teratur yang menyebabkan banyak kelebihan yang terkandung didalamnya diantaranya adalah karena strukturnya teratur maka ikatannya kuat, keretakannya sedikit, kekakuan sedikit dan sebagainya. Sebaliknya jika temperatur aktivasinya tinggi maka karbon akan cenderung bersifat *amorf* yang ditandai dengan tidak beraturannya puncak yang dihasilkan.

Selama proses aktivasi terjadi proses penataan ulang atom dan pelebaran dari puncak pada XRD ini dikarenakan serbuk arang aktif tandan aren mengalami penghancuran akibat pemanasan. Dalam penelitian Smallman (2000) menjelaskan pengaruh pemanasan terhadap struktur mineral yang terbentuk yaitu sifat bahan akan berubah apabila diberikan perlakuan seperti pemanasan pada sumber daya bijih mangan. Peristiwa ini dapat dijelaskan secara fisika, ketika sampel bijih

mangan dipanaskan pada temperatur tertentu maka terjadi perubahan struktur mineral pada sampel bijih mangan menjadi mineral baru yang juga bermanfaat bagi industri. Perubahan struktur dari mineral bijih mangan dapat terjadi akibat temperatur sintering. Penelitian mengenai efek temperatur aktivasi terhadap struktur kristalin dengan sampel yang berbeda juga pernah dilakukan oleh Malik (2013) dimana hasil penelitiannya menjelaskan bahwa efek suhu terhadap pembentukan besaran butiran arang karbon tempurung kelapa sawit menyebutkan bahwa variasi temperatur yang diberikan akan menyebabkan perubahan pada puncak difraktogram, semakin tinggi temperatur yang diberikan akan menyebabkan posisi puncak akan bergeser ke arah kanan dimana posisi terhadap sudut theta akan semakin tinggi.

Berubahnya struktur dari material akibat temperatur juga disebabkan karena ketika suatu material dipanaskan maka akan terjadi peningkatan energi yang memungkinkan atom-atom bergetar pada jarak antar atom yang lebih besar (Van Vlack, 1995). Semakin besar energi yang diberikan maka jarak antar atom akan semakin menjauh. Untuk suatu level energi tertentu (temperatur), atom-atom dapat saling menjauhi dengan lebih mudah dan lebih sulit untuk menekannya. Pengaruh energi terhadap jarak antar atom, yaitu semakin besar energi yang diberikan maka jarak antar atom akan semakin menjauh. Berubahnya jarak antar atom maka akan mempengaruhi struktur dari material.

KESIMPULAN

Pengujian dengan metode X-Ray Diffraction (XRD) dengan bantuan *Software Match 3* dari sampel tandan aren dengan 6 jenis perlakuan temperatur diperoleh unsur yang mendominasi adalah *graphite* dengan persentase 94,8% dengan struktur kristal *orthorhombic*. Pada sampel 600°C, 650°C, 700°C, 750°C, 800°C dan tanpa aktivasi unsur *graphite* memiliki struktur kristal *orthorhombic* dan berstruktur kristal *hexagonal*. Pemberian variasi temperatur atau pemanasan arang aktif tandan aren mempengaruhi struktur Kristal yang terbentuk. Dimana semakin meningkat temperatur aktivasinya, maka struktur Kristal yang terbentuk bersifat lebih *amorf* yang ditandai dengan tidak beraturannya puncak yang dihasilkan.

SARAN

Saran yang disampaikan melalui penelitian ini yaitu perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai efek temperatur aktivasi terhadap struktur kristalin arang aktif tandan aren dengan aktivasi *Potassium Silicate* menggunakan metode sinar-X dan yang digunakan sebaiknya dengan perbandingan 2:1 (Arang aktif : Pottasium Silikat) dan pemanasan pada temperatur yang lebih tinggi untuk mengetahui efek pemanasan suhu tinggi terhadap struktur Kristalin serta perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai unsur yang terkandung di tiap puncaknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahar, W.P. 2019. Efek Temperatur Aktivasi Terhadap Struktur Kristalin Arang Aktif Dari Tandan Aren (Arenga Pinnata). *Skripsi*. FKIP. Universitas Halu Oleo. Kendari.
- Christiani, S., EV. 2008. *Karakterisasi Ijuk pada Papan Komposit Ijuk Serat Pendek Sebagai Perisai Radiasi Neutron*. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Damanik, R., Irawati. A., Riswan. 2018. *Inventarisasi Dan Pemanfaatan Aren (Arenga Pinnata Merr) Oleh Masyarakat Sekitar Hutan*. Studi Kasus: Hutan Produksi Terbatas Desa Sihombu, Kec. Tarabintang, Kab. Humbang Hasundutan.
- Kartika, Ratnawulan dan Gusnedi. 2016. *Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Terhadap Mikrostruktur Dan Derajat Kristalinitas Karbon Aktif Kulit Singkong Sebagai Bahan Dasar Gdl (Gas Diffusion Layer)*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Vol.7. No.5.
DOI : <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2018.009.02.10>
- Kong, J, Qinyan, Y, Baoyu, G, Qian, L, Yan, W, Huu, H N & Weshan, G 2014, *Porous Structure and Adsorptive Properties of Hide Waste Activated Carbon Prepared Via Potassium Silicate Activation*, Shandong University, Cina. Vol. 109.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2014.06.012>
- Mohamad Haafiz, M.K., Azman Hassan, Reza Arjmandi, Zainoha Zakaria, M.M. Marliana, Muhammad I. Syakir dan M.R. Nurul Fazita. 2016.

- Microcrystalline Cellulose From Oil Palm Empty Fruit Bunches as Filler in Polylactic Acid*. Universitas Teknologi Malaysia. Vol. 24. No. 9. DOI:<https://doi.org/10.1177/096739111602400901>.
- Pari, G., K, Sofyan, W, Syafii, dan Buchari, 2004, Pengaruh Lama Aktivasi terhadap Struktur Kimia dan Mutu Arang Aktif Serbuk Gergaji Sengon. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol. 23. No. 3. DOI:<https://doi.org/10.20886/jphh.2005.23.3.207.218>
- Sitepu, Evi. M. 2006. Modifikasi Serat Ijuk Dengan Radiasi Sinar γ Suatu Studi Umtuk Perisai Radiasi Nuklir. *Jurnal sains kimia*. Vol.10. No. 1.
- Smallman, R.E., Bishop. R.J.2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material* Edisi Keenam. Erlangga. Jakarta.
- Syarifah Majnah Ruslan. 2018. Potensi Dan Pemanfaatan Tanaman Aren (*Arenga Pinnata*) dengan Pola Agroforestridi Desa Palakka, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru. Lab. Pemanfaatan dan Pengolahan Hasil Hutan. Makassar. *Jurnal Prennial*. Vol. 14. No. 24. DOI:<https://doi.org/10.24259/perennial/415000>.
- Van Vlack. 1992. *Elemen of material and engineering 5th Edition*. Addison-Wesley Publising Company. USA.