

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ARANG AKTIF DARI BATANG TANAMAN GUMITIR (*TARGETES ERECTA*) DENGAN AKTIVATOR NaOH

Emmy Sahara*, Ni Kadek Dahliani dan Ida Bagus Putra Manuaba

Progam Studi Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Badung, Bali 80361

*Email: emmy_sahara@unud.ac.id

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan dan karakterisasi arang aktif dari batang tanaman gumitir (*Tagetes erecta*) menggunakan aktivator NaOH. Penelitian ini bertujuan untuk membuat arang aktif dan menentukan konsentrasi NaOH optimum yang dibutuhkan untuk mendapatkan arang aktif dengan karakteristik yang baik ditinjau dari kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu total, kadar karbon, daya serap terhadap metilen biru, dan daya serap terhadap iod. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang aktif yang diaktivasi dengan natrium hidroksida (NaOH) 2,5% menghasilkan arang aktif dengan karakteristik terbaik dan memenuhi standar baku mutu SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis. Arang aktif yang diperoleh dalam penelitian ini memiliki kadar air sebesar $1,25 \pm 0,02\%$, kadar zat mudah menguap sebesar $12,00 \pm 0\%$, kadar abu total sebesar $5,33 \pm 0,41\%$, kadar karbon sebesar $81,41\%$, daya serap terhadap metilen biru sebesar $199,97 \pm 0,07$ mg/g, dan daya serap terhadap I₂ sebesar $728,09 \pm 2,16$ mg/g. Hasil analisis dengan spektrofotometer FTIR menunjukkan bahwa arang aktif tersebut mempunyai gugus fungsi C-H alifatik, C=O, C=C aromatik, dan O-H ikatan hidrogen.

Kata Kunci: arang aktif, karakterisasi, natrium hidroksida, tanamam gumitir

ABSTRACT

This research investigated the manufacture and characterization of activated carbon from stem of marigold plant (*Tagetes erecta*) using NaOH as the chemical activator. The aim of this research was to make activated carbon and determine the optimum concentration of NaOH required for activating the carbon in order to obtain activated carbon with good characteristics, in terms of the levels of water, volatile substance, total ash, carbon, as well as the adsorptions of methylene blue and iodine. The result of this research showed that the activated carbon resulted in with the use of 2.5% NaOH gave the best characteristics that fulfilled the standard quality of SNI 06-3730-1995 about technical activated carbon, which were as follows: water level of $1.25 \pm 0.02\%$, volatile substance level of $12.00 \pm 0\%$, total ash level of $5.33 \pm 0.41\%$, carbon level of 81.41% , methylene blue absorption of 199.97 ± 0.07 mg/g, and iodine absorption of 728.09 ± 2.16 mg/g. The FT-IR spectrum showed that the activated carbon contained some functional groups of C-H aliphatic, C=O, C=C aromatic, and O-H from hydrogen bonding.

Keywords: activated carbon, characterization, marigold plant, sodium hydroxide

PENDAHULUAN

Di Indonesia, khususnya di Bali tanaman gumitir dibudidayakan dengan sangat luas. Tanaman gumitir adalah salah satu tanaman yang memiliki banyak kegunaan dimana bagian tanaman gumitir yang biasanya dimanfaatkan oleh masyarakat adalah bagian bunga dan daunnya karena berkhasiat sebagai bahan pembuatan obat (Vasudevan *et al.*, 1997), sedangkan bagian batangnya sangat jarang digunakan oleh masyarakat. Salah satu

pemanfaatan biomassa seperti halnya batang gumitir ini adalah dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan arang aktif karena tanaman gumitir yang tumbuh di daerah dengan suhu 20°C-30°C memiliki kandungan karbon lebih dari 40% (Lersel, 2006). Arang merupakan produk dari proses karbonisasi kayu yang sebagian besar komponennya merupakan karbon, sedangkan arang aktif merupakan arang yang telah mengalami pemrosesan lebih lanjut dengan pemanasan tinggi atau dengan menggunakan bahan-bahan kimia, sehingga

pori-pori yang dimiliki arang menjadi terbuka dan mampu menjadi adsorben (Marsh and Reinoso, 2006).

Karbonisasi batang gumitir pada suhu 300°C selama 90 menit (Siaka, 2016) dan aktivasi dengan H₃PO₄ 15% (Sahara, 2017) telah dilaporkan menghasilkan arang aktif dengan karakteristik yang memenuhi baku mutu menurut SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis. Penambahan asam fosfat dapat dilakukan pada saat karbonisasi (Qin *et al.*, 2014) maupun setelah arang terbentuk (Sahara, 2017).

Arang aktif memiliki banyak manfaat, yaitu sebagai pembersih air, pemurnian gas, industri gula, pengolahan limbah cair dan sebagainya. Dalam dunia industri, arang aktif sangat diperlukan karena dapat mengabsorpsi bau, warna, gas, dan logam. Bahan baku yang dapat dibuat menjadi arang aktif adalah semua bahan yang mengandung karbon, yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang maupun barang tambang. Bahan tersebut merupakan berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu-bara, tempurung kelapa, kulit biji kopi (Cooney, 1980).

Pembuatan arang aktif dilakukan melalui proses karbonisasi yang dilanjutkan dengan proses aktivasi. Untuk membuat arang aktif dari bahan dasar organik terdapat dua metode yang dapat digunakan, yaitu metode aktivasi fisik (*physical activation*) dan metode aktivasi kimiawi (*chemical activation*). Pemilihan jenis aktivator akan berpengaruh terhadap kualitas arang aktif. Masing-masing jenis aktivator akan memberikan efek atau pengaruh yang berbeda-beda terhadap luas permukaan maupun volume pori-pori arang aktif yang dihasilkan. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator adalah asam, basa maupun garam diantaranya adalah H₃PO₄, NaOH, ZnCl₂ (Marsh dan Reinoso, 2006).

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel limbah batang tanaman gumitir yang diperoleh dari “Perkebunan Bali Gumitir” di daerah Mayungan, Baturiti-Tabanan. Bahan kimia yang digunakan meliputi: I₂, Na₂S₂O₃.5H₂O,

KI, I₂, K₂Cr₂O₇, NaOH, metilen biru, amilum, dan aquades. Semua bahan kimia yang digunakan mempunyai kemurnian proanalisis.

Peralatan

Alat yang digunakan meliputi alat-alat gelas, ayakan 106 µm dan 212 µm, cawan porselin, kertas saring Whatman no. 12, kaca arloji, pipet volume, pipet mikro, bola hisap, buret, labu erlenmeyer, timbangan analitik, pengaduk magnet, batang pengaduk, mortar, botol semprot, oven, tanur, desikator, dan pH meter. Peralatan instrumen yang digunakan adalah spektrofotometer Shimadzu IR Prestige-21, dan Shimadzu UV-1800 di laboratorium bersama FMIPA Universitas Udayana.

CARA KERJA

Penyiapan Bahan

Sampel batang tanaman gumitir dicuci dengan air kran, lalu dibilas dengan aquades. Kemudian sampel dipotong kecil-kecil dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C hingga diperoleh massa konstan.

Karbonisasi Batang Gumitir Menjadi Arang

Sebanyak 500 gram sampel kering dikarbonisasi dalam tanur pada suhu 300°C selama 90 menit. Setelah dingin, arang yang terbentuk ditimbang kemudian ditentukan persen rendemennya. Selanjutnya, arang digerus lalu diayak dengan ukuran ayakan 106 µm dan 212 µm, sehingga didapatkan partikel arang dengan ukuran di antara 212 µm-106 µm.

Aktivasi Arang

Ke dalam 5 buah gelas beaker dimasukkan masing-masing 8 g arang hasil pirolisis. Lalu ditambahkan sebanyak 100 mL NaOH dengan konsentrasi 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, dan 2,5%. Campuran kemudian dibiarkan selama 24 jam lalu disaring dan dibilas dengan aquades hingga didapatkan pH netral. Arang kemudian dipanaskan di dalam oven suhu 105° C selama 30 menit hingga kering. Arang aktif yang terbentuk kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruangan dan ditimbang. Proses aktivasi dilakukan sebanyak 3 kali dan ditentukan % rendemennya.

Karakterisasi Arang Aktif

Prosedur analisis arang aktif mengacu pada Standar Nasional Indonesia 06 - 3730 - 1995 tentang arang aktif teknis.

a. Kadar air

Satu gram arang aktif ditempatkan dalam gelas arloji yang telah diketahui massanya lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C hingga diperoleh massa konstan, kemudian didinginkan dalam desikator, selanjutnya ditimbang.

b. Kadar zat mudah menguap

Satu gram arang aktif dipanaskan dalam tanur pada suhu 900 °C selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan selanjutnya ditimbang.

c. Kadar abu total

Satu gram arang aktif ditempatkan di dalam cawan porselin, lalu dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C sampai diperoleh massa konstan. Sampel dalam cawan kemudian dimasukkan ke dalam tanur dan selanjutnya diabukan pada suhu 650 °C selama 4 jam, lalu didinginkan dalam desikator. Abu yang terbentuk ditimbang

d. Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat dalam arang aktif adalah hasil dari proses pengurangan selain abu, air dan zat-zat yang mudah menguap.

e. Daya serap terhadap iod

Satu gram arang aktif dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer, kemudian ditambahkan 25 mL larutan iodium 0,1 N. Larutan diaduk selama 15 menit lalu erlenmeyer ditutup dan disimpan di tempat yang gelap selama 2 jam. Larutan kemudian disaring, lalu filtratnya dipipet 10 mL, dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer yang bersih dan dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N hingga larutan berwarna kuning muda. Sebanyak 1 mL indikator amilum 1% ditambahkan pada filtrat dan titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang. Volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan dicatat dan dihitung daya serap arang aktif terhadap iodin dalam mg/g.

f. Daya serap terhadap metilen biru

Dibuat kurva kalibrasi larutan metilen biru dengan konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4 dan 5 mg/L. Kurva digunakan untuk menentukan konsentrasi metilen biru sisa sehingga metilen biru yang diserap oleh arang aktif dapat diketahui.

Satu gram arang aktif dimasukkan ke dalam gelas beaker dan ditambahkan 100 mL

larutan metilen biru 2.000 mg/L, diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit. Larutan kemudian disaring dengan kertas saring Whatman no. 12, absorbansi dari filtratnya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada λ_{max} metilen biru.

g. Gugus fungsi

Arang aktif yang menunjukkan karakter terbaik dianalisis spektra infra merahnya sehingga dapat diketahui gugus-gugus fungsinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Arang Aktif

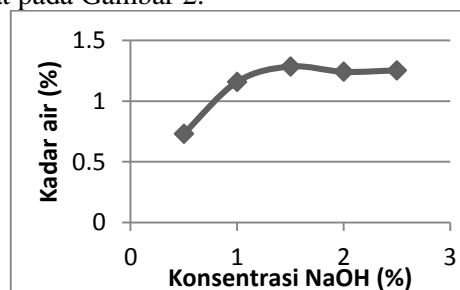
Untuk mengetahui mutu arang aktif yang dihasilkan, maka hasil karakterisasi dalam penelitian ini dibandingkan dengan karakterisasi arang menurut SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis.

a. Kadar air

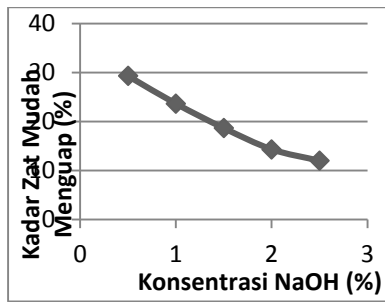
Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari arang aktif yang dihasilkan, dimana arang aktif mempunyai sifat salinitas yang besar terhadap air. Gambar 1 menunjukkan bahwa arang yang diaktivasi dengan natrium hidroksida 0,5% memiliki kadar air yang paling rendah yaitu $1,25 \pm 0,02\%$, sedangkan pada konsentrasi NaOH 1,5% memiliki kadar air yang paling tinggi. Hasil penentuan kadar air yang disajikan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa arang aktif yang dibuat dengan berbagai konsentrasi natrium hidroksida dalam penelitian ini memenuhi baku mutu kadar air untuk arang aktif (maks. 15%).

b. Kadar zat mudah menguap

Hasil penentuan kadar zat mudah menguap arang aktif dari batang gunitir dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Hubungan antara Konsentrasi Natrium Hidroksida dan Kadar Air Arang Aktif

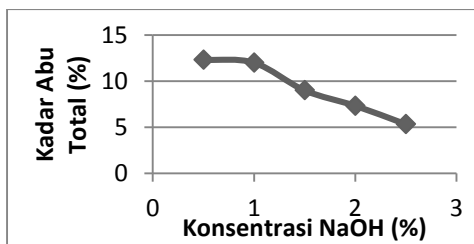


Gambar 2. Hubungan antara Konsentrasi NaOH dan Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif

Dari gambar di atas dapat dilihat perbandingan kadar zat mudah menguap arang aktif pada berbagai konsentrasi aktivator natrium hidroksida, yaitu, arang aktif yang diaktivasi dengan natrium hidroksida pada konsentrasi 2,5% memiliki kadar zat mudah menguap yang paling rendah yaitu 12 %, sedangkan arang yang diaktivasi menggunakan natrium hidroksida 0,5% memiliki kadar zat mudah menguap yang paling tinggi. Hasil penentuan kadar zat mudah menguap menunjukkan bahwa arang aktif yang dibuat dengan berbagai konsentrasi natrium hidroksida dalam penelitian ini memenuhi baku mutu kadar zat mudah menguap arang aktif teknis yaitu maksimal sebesar 25%.

c. Kadar Abu Total

Kadar abu pada arang aktif ditentukan untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam arang aktif. Kadar abu arang aktif merupakan sisa yang tertinggal pada saat arang dibakar (Pari, 2009). Berdasarkan SNI arang aktif dalam bentuk serbuk yang baik memiliki kadar abu total maksimal sebesar 10%.



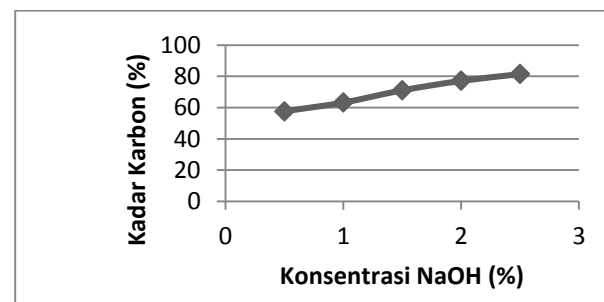
Gambar 3. Hubungan antara Konsentrasi NaOH dan Kadar Abu Total Arang Aktif

Menurut SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis, kadar abu total maksimum arang aktif adalah 10%. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa arang yang diaktivasi dengan natrium hidroksida 2,5% memiliki kadar abu total yang paling rendah yaitu 5,33 %, sedangkan arang yang diaktivasi menggunakan natrium hidroksida 0,5% memiliki kadar abu total paling tinggi.

d. Kadar karbon

Karbon merupakan jumlah karbon murni yang terkandung di dalam arang. Suhu pada proses karbonisasi sangat berpengaruh terhadap kualitas arang tersebut, termasuk kadar karbon. Kadar karbon ditentukan untuk mengetahui kandungan karbon setelah proses karbonisasi dan aktivasi. Besar kecilnya kadar karbon terikat pada karbon aktif dipengaruhi oleh variasi kadar air, abu dan zat mudah menguap.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa arang yang diaktivasi dengan natrium hidroksida 2,5% memiliki kadar karbon yang paling tinggi yaitu 81,41% (minimal 65), sedangkan arang yang diaktivasi menggunakan natrium hidroksida 0,5% memiliki kadar karbon paling rendah. Semakin besar konsentrasi maka kadar karbon yang diperoleh semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena konsentrasi bahan kimia yang ditambahkan dalam aktivasi dapat memperlambat laju reaksi pada proses oksidasi sehingga meningkatkan kadar karbon.



Gambar 4. Hubungan antara Konsentrasi NaOH dan Kadar Karbon Arang Aktif

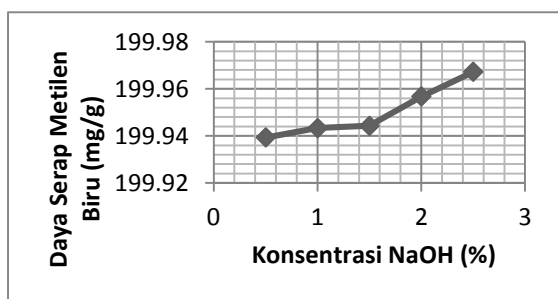
Menurut SNI arang aktif dalam bentuk serbuk yang baik memiliki kadar karbon minimum sebesar 65%. Berdasarkan hal tersebut, kadar karbon yang terkandung dalam arang aktif yang dibuat dengan berbagai konsentrasi aktivator natrium hidroksida dalam penelitian ini telah memenuhi baku mutu kadar karbon arang aktif.

e. Daya serap terhadap metilen biru

Penentuan daya serap metilen biru bertujuan untuk mengetahui luas permukaan arang aktif serta kemampuannya dalam menyerap larutan berwarna (Jankowska *et al.*, 1991). Kapasitas penyerapan metilen biru merupakan salah satu karakteristik yang harus dimiliki oleh suatu produk arang aktif. Daya serap terhadap senyawa ini memiliki kemampuan adsorpsi karbon terhadap senyawa – senyawa organik. Menurut SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis daya serap terhadap metilen biru minimal adalah 120 mg/g. Arang aktif yang diaktivasi dengan natrium hidroksida 2,5% memiliki daya serap metilen biru yang paling tinggi yaitu sebesar 199,9672 mg/g, sedangkan arang yang diaktivasi menggunakan natrium hidroksida 0,5% memiliki daya serap metilen biru paling rendah yaitu sebesar 199,9393 mg/g. Hasil penentuan daya serap metilen biru dari arang aktif selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.

f. . Daya serap iodin

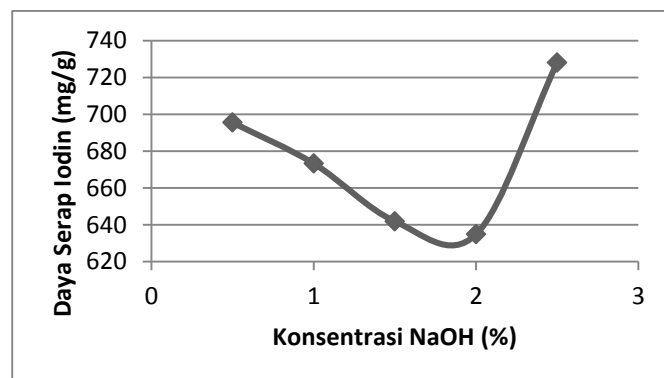
Daya serap terhadap iodin ditentukan dengan tujuan mengetahui kemampuan adsorpsi dari adsorben yang dihasilkan terhadap larutan berbau. Daya serap iodin diperoleh dari analisis filtrat campuran iodin dan arang aktif. Analisis dilakukan dengan



Gambar 5. Hubungan antara Konsentrasi NaOH dan Daya Serap Terhadap Metilen Biru

titrasi iodometri lalu dihitung daya serap arang aktif terhadap larutan iodin dalam mg/gram.

Arang yang diaktivasi dengan natrium hidroksida 2,5% memiliki daya serap iodin yang paling tinggi yaitu 728,09 mg/g, sedangkan arang yang diaktivasi menggunakan natrium hidroksida 2,0% memiliki daya serap iodin paling rendah. Hasil karakterisasi daya serap iodin selengkapnya disajikan pada Gambar 6.



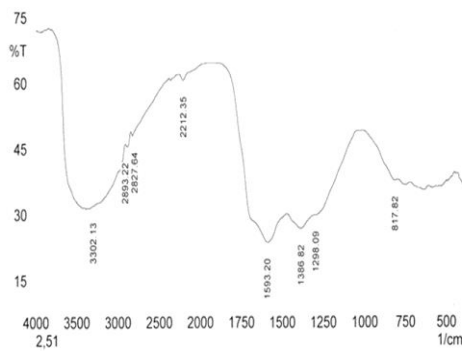
Gambar 6. Hubungan antara Konsentrasi NaOH dan Daya Serap Arang Aktif terhadap Iodin

g. Gugus fungsi

Dari semua data hasil karakterisasi, arang aktif yang diaktivasi dengan natrium hidroksida pada konsentrasi 2,5% menunjukkan karakteristik yang paling baik, sehingga arang aktif ini selanjutnya dianalisis gugus fungsinya menggunakan spektrofotometer inframerah. Analisis FTIR digunakan untuk melihat adanya serapan-serapan karakteristik dan karbon aktif yang dihasilkan, sehingga dapat diprediksi jenis gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif.

Hasil identifikasi gugus fungsi arang dari batang gunitir dengan spektrofotometer inframerah menunjukkan bahwa arang yang tidak diaktivasi mengandung gugus fungsi O-H, dan C-H alifatik, dimana serapan karakteristiknya melebar pada bilangan gelombang 3373,50 cm⁻¹ (gugus O-H asam), 2960,73 cm⁻¹ dan 2931 cm⁻¹ (C-H alifatik), yang diperkuat dengan munculnya serapan pada daerah 1379,10 cm⁻¹ (Siaka, 2017).

Hasil analisis spektra inframerah arang yang diaktivasi dengan natrium hidroksida konsentrasi 2,5% adalah sebagai Gambar 7.



Gambar 7. Spektra Inframerah Arang Aktif

Karbonisasi batang gumitir pada suhu 300°C selama 90 menit dan aktivasi dengan NaOH menghasilkan arang aktif yang menunjukkan masih adanya senyawa-senyawa organik. Dari spektra yang ditunjukkan pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa arang aktif yang diaktivasi dengan natrium hidroksida memiliki serapan – serapan karakteristik pada bilangan gelombang: 817,82 cm^{-1} (C-H bending luar bidang aromatik), 1298,09 cm^{-1} (metilene alifatik atau C-H bending pada bidang aromatik), 1286,82 cm^{-1} (C-H bending alkana/alifatik), 1593,2 cm^{-1} (C=O kemungkinan dari lakton, karbosil, anhidrat, C=C aromatik), 2827,64 cm^{-1} , 2893.22 cm^{-1} (C-H alkana/alifatik), 3302,13 cm^{-1} (stretch O-H ikatan hidrogen) (Silverstein, 1991). Dengan demikian, arang aktif yang berasal dari batang tanaman gumitir yang diaktivasi dengan natrium hidroksida pada konsentrasi 2,5% memiliki gugus C-H aromatik/alifatik, C=O, C=C aromatik, dan O-H ikatan hidrogen.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi NaOH mempengaruhi beberapa karakteristik arang aktif yang dihasilkan dari limbah batang tanaman gumitir (*Tagetes erecta*). Aktivasi dengan NaOH dalam penelitian ini, secara umum menghasilkan arang aktif dengan

karakteristik yang baik yang memenuhi standar mutu menurut SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis.

2. Konsentrasi NaOH 2,5% menghasilkan arang aktif dengan karakter terbaik, dengan kadar air sebesar $1,25 \pm 0,15\%$, kadar zat mudah menguap sebesar $12,00 \pm 0\%$, kadar abu total sebesar $5,33 \pm 0,58\%$, kadar karbon sebesar 81,41%, dan daya serap terhadap metilen biru sebesar $199,97 \pm 0,03 \text{ mg/}$, daya serap terhadap I_2 sebesar $728,09 \pm 1,27 \text{ mg/g}$. Hasil analisis spektrofotometer FTIR menunjukkan arang aktif mengandung gugus C-H alifatik, C=O, C=C aromatik, O-H ikatan hidrogen.

Saran

Saran yang dapat disampaikan adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan arang aktif dari batang tanaman gumitir (*Tagetes erecta*) yang diaktivasi dengan NaOH dalam aplikasinya sebagai adsorben logam berat atau senyawa organik dalam limbah cair ataupun melakukan aktivasi dan karakterisasi arang dengan menggunakan aktivator kimia yang lainnya .

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Drs. Manuntun Manurung, MS., I Made Sutha Negara, S.Si., M.Si., dan Ibu Dr. Dra. Ni Made Suaniti, M.Si untuk semua masukannya sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cooney, D.O., 1980, *Activated Charcoal, Antidotal, and Other Medical Uses*, Marcel Dekker, New York.
- Jankowska, H., Swiatkowski, A., dan Choma, J., 1991, *Active Carbon*, London, Horwood
- Lersel, M. W. van, 2006, Respiratory Q_{10} of Marigold (*Tagetes patula*) in Response to Long-Term Temperature Differences and Its Relationship to Growth and Maintenance Respiration, *Physiologia Plantarum*, 128, p: 289-301.

- Marsh, H. and F. R. Reinoso, 2006, *Activated Carbon*, Elsevier Ltd., 84 Theobald's Road, London, WC1Z 8RR, UK.
- Sahara, E., W. D. Sulihingtyas, dan I P. A. S. Mahardika, 2017, Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi dengan H₃PO₄, *Jurnal Kimia*, 11(1): 1-9
- Siaka, I M., N. P. D. Febriyanti, E. Sahara, dan I M. S. Negara, 2016, Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) pada Berbagai Suhu dan Waktu Pirolisis, *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 4(2): 168-177.
- Qin, C., Y. Chen, and J-m. Gaon, 2014, Manufacture and Characterization of Activated Carbon from Marigold Straw (*Tagetes erecta L*) by H₃PO₄ Chemical Activation, *Materials Letters*, 135 p:123-12
- Silverstein, R.M., G.C. Bassler, and T.C. Morrill, 1991, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, fifth edition, John Wiley and Sons, Singapore
- SNI, 1995, *SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Vasudevan, P., S. Kashyap, and S. Sharma, 1997, Tagetes: A Multi Purpose Plant, *Biosresource Technology*, 62, p: 29-35.