



Analisis Variasi Konsentrasi Asam Sulfat sebagai Aktivasi Arang Aktif Berbahan Batang Tembakau (*Nicotiana Tabacum*)

Variation Analysis of Sulfuric Acid Concentration as Activation of Active Charcoal Made from Tobacco Stems (*Nicotiana tabacum*)

Mohammad Amirudin, Elida Novita*, Tasliman

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: elida_novita.ftp@unej.ac.id

Abstrak. Pemanfaatan tembakau selama ini terfokus pada daun tembakau. Bagian lain dari tembakau seperti batang tembakau belum banyak dimanfaatkan. Batang tembakau memiliki kandungan selulosa, lignin, hemiselulosa, dan total organik karbon relatif tinggi yang berpotensi dimanfaatkan sebagai arang aktif. Aktivasi secara kimia menggunakan asam sulfat karena memiliki dampak positif terhadap daya jerap arang aktif. Riset ini bertujuan mengkaji pengaruh pemberian konsentrasi asam sulfat terhadap pembuatan arang aktif berbahan batang tembakau. Riset ini menggunakan metode eksperimen dengan membandingkan penambahan konsentrasi H₂SO₄ 6%, 8%, 10% pada pembuatan arang aktif batang daun tembakau dengan pengulangan sebanyak 3 kali pada setiap perlakuan. Analisis data dengan metode analysis of variance (ANOVA) dan uji lanjut Tukey pada taraf $\alpha \leq 0,05$. Hasil riset memperlihatkan bahwa konsentrasi H₂SO₄ pada pembuatan arang aktif batang tembakau berpengaruh pada variabel kandungan air, kandungan abu, kandungan zat terbang, kandungan karbon murni, serta energi serap iodium. Perlakuan terbaik dalam pembuatan arang aktif dari batang daun tembakau adalah dengan penambahan konsentrasi H₂SO₄ 10%. Nilai kandungan air, kadar abu, kadar zat terbang, kandungan karbon terikat, dan daya serap iodium secara berurutan yaitu 0,040%; 0,035%; 0,877%; 99,088%; dan 99,405 miligram/gram.

Kata kunci: tembakau, aktivasi, asam sulfat, arang aktif

Abstract. Tobacco use has been focused on the leaf. Other parts of tobacco such as the tobacco stem have not been widely used. Tobacco use has so far focused on tobacco leaves. Other parts of tobacco such as tobacco stems have not been widely used. Tobacco stems are often still regarded as agricultural waste and have not been effectively treated. Tobacco stems contain cellulose, lignin, hemicellulose, and relatively high total organic carbon which has the potential to be used as activated charcoal. The chemical activation using sulfuric acid because sulfuric acid is very corrosive and the hydration reaction with water is very exothermic ie a reaction that releases heat. The research aims to describe the effect of added H₂SO₄ concentration on the manufacture of activated charcoal made from tobacco stems. This research used an experimental method with the treatment of 6%, 8%, 10% H₂SO₄ concentration differences with three repetitions. Data analysis used analysis of variance (ANOVA) method and Tukey continued to test at $\alpha \leq 0.05$ level. The results reflected that the H₂SO₄ concentration treatment to the production of activated charcoal of tobacco stems was

Diterima: 12 Juni 2020

Disetujui: 28 Desember 2020

Diterbitkan: 30 Desember 2020

Doi: <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v3i2.73>

Artikel ini adalah artikel open access di bawah lisensi CC BY-SA 4.0

very influential with variables such as water content, ash content, levels of flying substances, pure carbon content, and iodine absorption because it had significant values. The best treatment in the carbon activated was added concentration of 10% H₂SO₄ with a moisture content value of 0.040%, ash content values 0.035%, fly matter content value 0.877%, bound carbon content value of 99.088%, iodine absorption value is 994.05 mg /g.

Keywords: tobacco, activation, sulfuric acid, activated charcoal

1. Pendahuluan

Tembakau merupakan salah satu komoditi unggulan di Kabupaten Jember. Pangsa pasar tembakau dari Kabupaten Jember adalah beberapa negara di Eropa (Muktianto & Diartho, 2018). Pengolahan tanaman tembakau akan menghasilkan batang tembakau yang dinilai sebagai limbah. Potensi batang tembakau di Kabupaten Jember sebesar 267,840 ton (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2018). Menurut Himawanto and Nadjib (2013) menyatakan bahwa tanaman tembakau umumnya digunakan hanya bagian daun saja sedangkan bagian batang tembakau dianggap sebagai limbah pertanian kemudian dibakar. Bahan pertanian seperti batang tanaman tembakau mengandung karbon yang relatif tinggi. Selajan dengan pernyataan tersebut Sandi and Astuti (2014), menyebutkan bahwa bahan karbon berpori yang berasal dari bahan limbah padat pertanian bermanfaat sebagai bahan baku pada pembuatan karbon aktif. Batang tembakau mengandung jumlah kandungan selulosa 56,10%, lignin 15,11%, hemiselulosa 22,44%, total karbon organik 44,61% (Kartikawati, 2016). Kandungan dalam batang tembakau dan besarnya potensi pemanfaatan limbah batang tembakau sebagai arang aktif dapat menjadi satu solusi untuk menghasilkan produk bernilai tambah tinggi dan mengurangi limbah pada lingkungan.

Arang aktif ataupun karbon aktif ialah media yang bisa menyerap senyawa kimia pada gas dan larutan berlandaskan prinsip pertukaran anion serta kation (Lempang, 2014). Contoh bahan baku arang aktif ialah batubara, kayu, dan limbah pertanian semacam batang tembakau. Tahapan pembuatan arang aktif terdiri atas karbonisasi serta aktivasi baik secara raga ataupun kimia. Karbonisasi ialah tahapan transformasi kimia bahan baku berdasarkan pirolisis dengan temperatur 500⁰C–800⁰C (Jankowska *et al.*, 1991). Tahapan berikutnya ialah aktivasi arang aktif yang berperan untuk menambah luasan pori– pori sehingga energi jerapnya dapat maksimal. Terdapat bermacam bahan aktivator dalam pembuatan arang aktif. Menurut Setiawati and Suroto (2010), aktivasi secara kimia umumnya memakai logam alkali hidroksida, senyawa karbonat, sulfida, ZnCl₂, asam sulfat, asam fosfat, serta natrium klorida yang ialah penyerap air(dehydrating agent). Asam sulfat merupakan bahan kimia anorganik yang bertabiat asam kokoh serta gampang larut dalam air. Asam sulfat banyak digunakan selaku agen pencampur di dalam industri, baik dalam industri gipsum, bensin, farmasi,

pupuk, ataupun *bleaching* (Perry, 2008). Reaksi hidrasi atau pengenceran asam sulfat menggunakan air bersifat eksotermis atau suatu reaksi yang melepaskan kalor (Ukanwa *et al.*, 2019).

Selama ini peningkatan nilai guna limbah batang daun tembakau yang telah dilakukan berupa produksi *pulp* (Indiarji, 2010) dan briket arang (Sumarta & Sutapa, 2015). Hasil penelitian Novita *et al.* (2020), menyebutkan bahwa kandungan karbon atau C organik pada relatif lebih tinggi dibandingkan sekam padi dan kulit buah kopi. Kandungan bahan organik berupa C organik mendukung pemanfaatan batang daun tembakau sebagai arang aktif. Selain itu, aktivasi arang aktif menggunakan asam sulfat memberikan dampak positif terhadap kemampuan daya jerapnya sebagai absorben (Setiawati & Suroto, 2010). Riset ini bertujuan mengkaji pengaruh pemberian konsentrasi asam sulfat terhadap pembuatan arang aktif berbahan batang tembakau.

2. Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

Alat yang dipakai pada penelitian ini terdiri atas neraca analitik, oven, tanur, parang, loyang, penumbuk, ayakan 40 mesh, heater, kertas saring merk *whatman* nomor 42, cawan keramik atau porselen, labu ukur 500 mL, beker gelas 1000 mL, pipet tetes, erlenmeyer 500 mL, stirer, aluminium foil, dan desikator. Bahan penelitian terdiri atas ini adalah batang tembakau, H_2SO_4 , iodium (I_2), indikator amilum, natrium thiosulfat ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) dan aquades.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan perlakuan perbedaan konsentrasi H_2SO_4 6%, 8%, 10% dengan pengulangan sebanyak tiga kali. Berdasarkan hasil kajian Asrijal *et al.* (2014) dan Setiawati and Suroto (2010), menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi H_2SO_4 berdampak cukup signifikan pada performa karbon aktif dari tempurung kelapa. Variabel yang diamati terdiri atas kandungan air, kandungan abu, kandungan zat terbang, kandungan karbon karbon terikat, dan daya serap larutan iodium. Rancangan percobaan dapat dilihat di Tabel 1. Pengambilan keputusan pada penelitian didukung berdasarkan analisis data. Analisis data menggunakan metode *analysis of variance* (ANOVA) dan uji lanjut *Tukey* pada taraf $\alpha \leq 0,05$.

Proses Pembuatan Arang Aktif

Pembuatan arang aktif berbahan dasar batang tembakau diawali dengan memilih batang tembakau kering. Kemudian sebanyak 500 gram batang tembakau tersebut dipotong berukuran sekitar 1-2,5 cm untuk mengecilkan ukuran. Batang tembakau dikarbonasi

menggunakan tanur pada suhu 400°C selama 60 menit untuk menguraikan selulosa organik menjadi unsur karbon. Arang hasil karbonasi kemudian didinginkan di dalam alat penyerap uap air. Setelah suhunya sesuai dengan suhu ruang, karbon selanjutnya dikumpulkan, ditimbang dan disimpan (Asrijal *et al.*, 2014). Arang batang tembakau yang dihasilkan dari proses karbonasi kemudian ditumbuk, diayak dengan ayakan 40 mesh, butiran arang aktif batang tembakau kemudian diaktifkan secara kimia yaitu direndam dengan menggunakan H₂SO₄ konsentrasi (6%, 8%, 10%) masing-masing sebanyak 500 ml selama 24 jam. Kemudian arang dicuci dengan aquades. Kemudian karbon yang sudah siap diletakkan dalam alat pembakaran atau tanur pada temperatur 500°C dengan waktu pemanasan selama 60 menit untuk mengaktifkan karbon di dalamnya. Karbon aktif dimasukkan ke alat penyerap uap air atau desikator dan siap untuk diuji mutunya (Asrijal *et al.*, 2014).

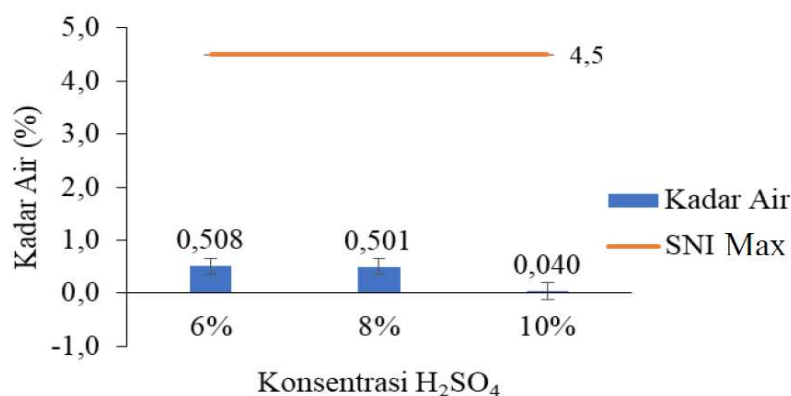
Tabel 1. Rancangan percobaan pengukuran variabel uji

Variasi Konsentrasi (%)	Ulangan		
	I	II	III
T6 = Kadar 6%	T61	T62	T63
T8 = Kadar 8%	T81	T82	T83
T10 = Kadar 10%	T101	T102	T103

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Arang Aktif Batang Tembakau

Kadar air



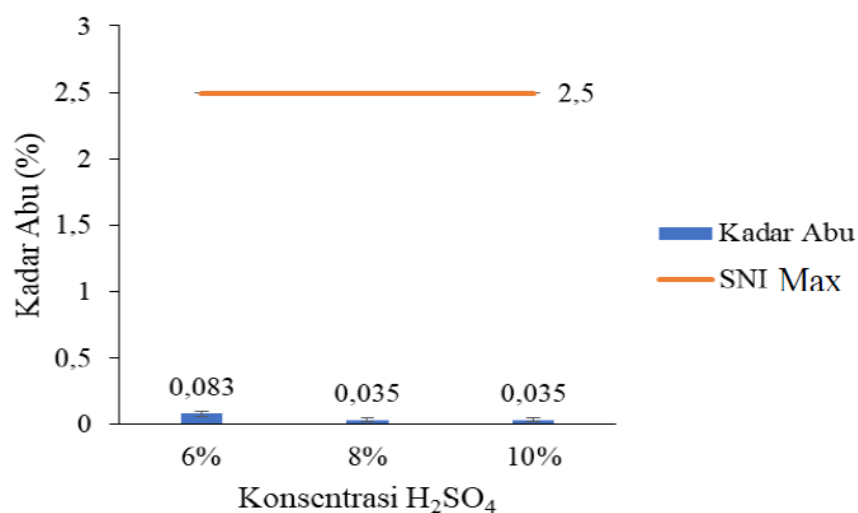
Gambar 1. Grafik nilai kadar air arang aktif batang tembakau

Berdasarkan **Gambar 1**, nilai kadar air tertinggi secara berturut-turut dihasilkan arang aktif dengan konsentrasi H₂SO₄ 6% yaitu sebesar 0,508%, konsentrasi H₂SO₄ 8% sebesar 0,501%, konsentrasi H₂SO₄ 10% sebesar 0,040%. Merujuk pada Standar Nasional Indonesia No. 06-3730-1995, syarat kandungan air pada arang aktif dalam bentuk butiran maksimum adalah 4,5% (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 1995). Hal – hal lain yang mempengaruhi

kandungan air pada arang aktif yaitu sifat bahan arang aktif yang mudah menyerap uap air dan molekul uap air yang tertahan di dalam kisi-kisi heksagonal karbon aktif terutama pada penurunan suhu karbon aktif (Budiono *et al.*, 2009).

Kadar abu

Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil pengukuran kadar abu arang aktif berbahan batang tembakau berkisar antara 0,035% hingga 0,083%. Nilai rata-rata kandungan abu pali rendah ada di sampel arang dari batang daun tembakau dengan konsentrasi asam sulfat 8% dan 10% yaitu sebesar 0,035% dan 0,035%. Kadar abu terbanyak ada di sampel karbon dengan konsentrasi H_2SO_4 6% yaitu sebesar 0,083%. Nilai kadar abu pada arang aktif berbahan batang tembakau tiap masing-masing konsentrasi memenuhi standar kualitas arang aktif pada Standar Nasional Indonesia yang menetapkan nilai kandungan abu dari karbon aktif dalam bentuk butiran maksimum sebesar 2,5% (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 1995). Kandungan abu ini menggambarkan kemurnian dari arang aktif yang diproduksi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa jika semakin murni arang aktif yang diproduksi maka semakin bagus mutu arang aktif yang diproduksi (Malik, 2013). Tingginya kadar abu yang diperoleh dapat berdampak pada daya serap. Pori karbon aktif akan dipenuhi oleh unsur-unsur logam yang menjadi bagian penyusun utama dalam abu seperti kalium, natrium, kalsium, dan magnesium (Malik, 2013).

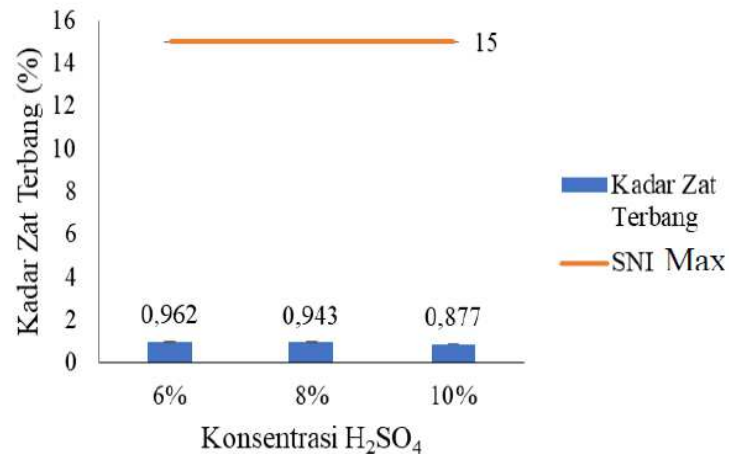


Gambar 2. Grafik nilai kadar abu arang aktif batang tembakau

Kadar zat terbang

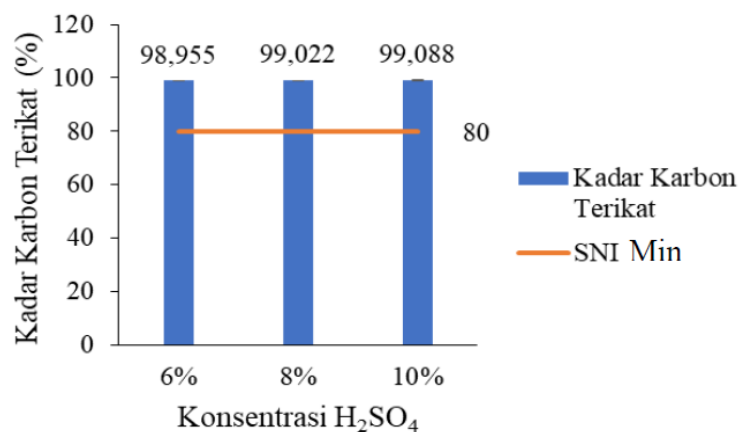
Berdasarkan Gambar 3, kandungan zat terbang tertinggi secara berturut-turut dihasilkan arang aktif dengan konsentrasi H_2SO_4 6% yaitu sebesar 0,962%, konsentrasi H_2SO_4 8% sebesar 0,943%, konsentrasi H_2SO_4 10% sebesar 0,877%. Merujuk pada Standar Nasional Indonesia menyebutkan bahwa ketentuan standar kadar zat terbang dari arang aktif dalam

bentuk butiran maksimum adalah 15% (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 1995). Dari [Gambar 3](#) terlihat bahwa kadar zat terbang dengan bahan aktivator H_2SO_4 memenuhi persyaratan. Fluktuasi nilai kandungan zat terbang yang diperoleh menggambarkan bahwa bagian luar atau permukaan karbon aktif masih diselimuti oleh zat non karbon yang tertahan pada lapisan terluarnya dalam bentuk $C(H_2)$, zat tersebut merupakan suatu senyawa penghambat yang mampu menyelimuti rongga atau pori-pori pada dari karbon aktif, oleh sebab itu mempengaruhi kemampuan daya serapnya (Lempang, 2014).



[Gambar 3](#). Grafik nilai kadar zat terbang arang aktif batang tembakau

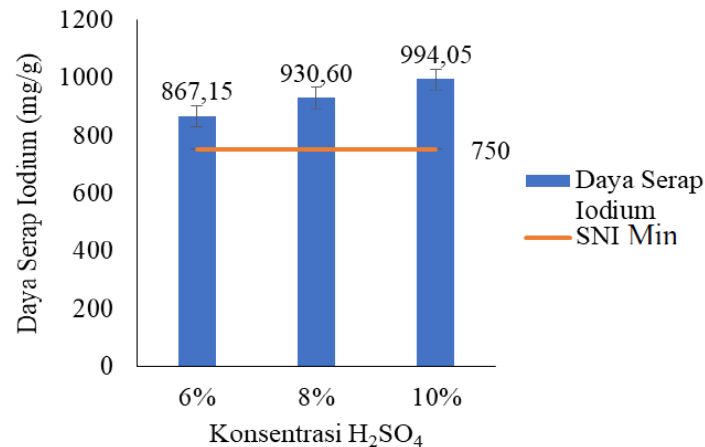
Kandungan karbon terikat



[Gambar 4](#). Grafik nilai kadar karbon terikat arang aktif batang tembakau

Berdasarkan [Gambar 4](#), kandungan karbon terikat tertinggi secara berturut-turut dihasilkan arang aktif dengan konsentrasi H_2SO_4 10% yaitu sebesar 99,08%, konsentrasi H_2SO_4 8% sebesar 99,02%, konsentrasi H_2SO_4 6% sebesar 98,95%. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia standar kadar zat terbang dari karbon aktif dalam bentuk butiran minimum sebesar 80 % (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 1995). Dari [Gambar 4](#) terlihat bahwa kadar karbon murni dengan bahan aktivator H_2SO_4 memenuhi persyaratan. Menurut [Malik \(2013\)](#) menyatakan besar kecilnya kandungan karbon terikat yang diperoleh selain

dipengaruhi oleh kandungan abu dan zat terbang, juga disebabkan oleh kadar selulosa dan lignin yang dapat diubah dalam bentuk atom karbon.



Gambar 5. Grafik nilai kadar daya serap arang aktif batang tembakau

Kadar daya serap larutan iodium

Berdasarkan [Gambar 5](#), nilai kadar daya serap larutan iodium tertinggi secara berturut-turut dihasilkan arang aktif dengan konsentrasi H_2SO_4 10% yaitu sebesar 994,05 mg/g, konsentrasi H_2SO_4 8% sebesar 930,6 mg/g, konsentrasi H_2SO_4 6% sebesar 867,15 mg/g. Merujuk pada Standar Nasional Indonesia, standar daya serap larutan iodium dari arang aktif dalam bentuk butiran minimum adalah 750 miligram/gram ([Badan Standarisasi Nasional \(BSN\), 1995](#)). Aktivasi memberikan pengaruh signifikan dalam pengembangan struktur pori sehingga daya serap terhadap iodin meningkat ([Setiawati & Suroto, 2010](#)).

Tabel 2. Perhitungan ANOVA satu arah karakteristik arang aktif batang tembakau

		<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Kandungan air	<i>Between groups</i>	0,433	2	0,217	380,891	0,000
	<i>Within groups</i>	0,003	6	0,001		
	<i>Total</i>	0,437	8			
Kadar abu	<i>Between groups</i>	0,005	2	0,002	60,878	0,000
	<i>Within groups</i>	0,000	6	0,000		
	<i>Total</i>	0,005	8			
Kadar zat terbang	<i>Between groups</i>	0,012	2	0,006	109,195	0,000
	<i>Within groups</i>	0,000	6	0,000		
	<i>Total</i>	0,012	8			
Kadar karbon murni	<i>Between groups</i>	0,026	2	0,013	177,060	0,000
	<i>Within groups</i>	0,000	6	0,000		
	<i>Total</i>	0,027	8			
Daya serap Iodium	<i>Between groups</i>	24155,415	2	12077,708	9,000	0,016
	<i>Within groups</i>	8051,805	6	1341,968		
	<i>Total</i>	32207,220	8			

Pengaruh Penambahan Konsentrasi H₂SO₄ terhadap Pembuatan Arang Aktif

Hasil perhitungan uji ANOVA dari pembuatan arang aktif batang tembakau disajikan dalam Tabel 2.

Merujuk pada analisis dengan ANOVA pada Tabel 2, diketahui bahwa penambahan konsentrasi H₂SO₄ pada beberapa variabel seperti kandungan air, kandungan abu, kandungan zat terbang, kandungan karbon murni, dan daya serap iodium karena nilai signifikan pada taraf sig < 0,05 sehingga perlu uji lanjut untuk menentukan tingkat perbedaan melalui uji lanjut Tukey. Abjad yang mirip dalam satu kolom merepresentasikan perlakuan yang tidak berbeda secara signifikan pada taraf α 0,05.

Hasil uji lanjut *Tukey* (Tabel 3) dapat dilihat bahwa pada variabel kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon murni, dan daya serap iodium mempunyai nilai yang berbeda secara nyata di tiap perlakuannya. Perbedaan tersebut disebabkan oleh terdapatnya abjad yang berbeda pada tiap perlakuan. Pada variabel kadar air dengan perlakuan H₂SO₄ 6% tidak berbeda nyata H₂SO₄ 8% dan mempunyai nilai yang berbeda nyata dengan perlakuan H₂SO₄ 10%. Pada variabel kadar abu dengan perlakuan H₂SO₄ 6% berbeda nyata dengan perlakuan H₂SO₄ 8% dan tidak berbeda nyata H₂SO₄ 10%. Pada variabel kadar zat terbang dengan perlakuan H₂SO₄ 6% berbeda nyata dengan perlakuan H₂SO₄ 8% dan H₂SO₄ 10%. Pada variabel kadar karbon murni dengan perlakuan H₂SO₄ 6% berbeda nyata dengan perlakuan H₂SO₄ 8% dan H₂SO₄ 10%. Pada variabel daya serap iodium dengan perlakuan H₂SO₄ 8% tidak berbeda nyata dengan perlakuan H₂SO₄ 6% dan perlakuan H₂SO₄ 10% karena mempunyai dua abjad serta perlakuan H₂SO₄ 6% mempunyai nilai berbeda nyata dengan perlakuan H₂SO₄ 10% karena memiliki abjad yang berbeda. Berdasarkan hasil uji statistik menggunakan ANOVA dan uji lanjut *Tukey* diperoleh kesimpulan bahwa penambahan konsentrasi H₂SO₄ 10% menjadi perlakuan terbaik. Hal tersebut juga didukung oleh variabel kadar air, kadar abu, dan daya serap iodium yang lebih baik daripada perlakuan penambahan H₂SO₄ 6% dan 8%.

Tabel 3. Hasil Uji *Tukey* karakteristik arang aktif batang tembakau

Variabel	H ₂ SO ₄ 6%	H ₂ SO ₄ 8%	H ₂ SO ₄ 10%
Kadar air	0,5083±b	0,5013±b	0,0393±a
Kadar abu	0,0830±b	0,0347±a	0,0350±a
Kadar zat terbang	0,9617±c	0,9427±b	0,8770±a
Kadar karbon murni	98,9553±a	99,0223±b	99,0880±c
Daya serap iodium	867,1500±a	930,6000±ab	994,0500±b

Keterangan: Abjad yang mirip atau serupa dalam satu deret kolom menunjukkan nilai yang tidak berbeda signifikan secara statistik pada taraf $\alpha \leq 0,05$ uji *Tukey*.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi H₂SO₄ terhadap pembuatan arang aktif batang tembakau sangat berpengaruh dengan variabel seperti kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon murni, dan daya serap iodium. Kondisi tersebut didukung oleh hasil uji ANOVA dan uji lanjut dengan metode *Tukey* bahwa pada variabel kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon murni, dan daya serap iodium mempunyai nilai yang berbeda secara nyata di tiap perlakuannya. Perlakuan terbaik dalam pembuatan arang aktif dari batang daun tembakau adalah penambahan konsentrasi H₂SO₄ 10% dengan nilai kadar atau kandungan air 0,040%, kandungan abu 0,035%, kandungan zat terbang 0,877%, kadar atau kandungan karbon terikat 99,088% dan daya serap iodium 994,05 mg/g.

Daftar Pustaka

- Asrijal, A., Chadijah, S., & Aisyah, A. (2014). Variasi konsentrasi aktivator asam sulfat (H₂SO₄) pada karbon aktif ampas tebu terhadap kapasitas adsorpsi logam timbal. *Al-Kimia*, 2(1), 33–44. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v2i1.1636>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. (2018). *Luas Areal Tanaman Perkebunan Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman Provinsi Jawa Timur*. Retrieved from <https://jatim.bps.go.id/statictable/2017/06/19/569/luas-tanaman-perkebunan-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-tanaman-di-provinsi-jawa-timur-ha-2016-.html>
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1995). *SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis*. Retrieved from <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/4132-sni06-3730-1995>
- Budiono, A., Suhartana, & Gunawan. (2009). *Pengaruh aktivasi arang tenpurung kelapa dengan asam sulfat dan asam fosfat untuk adsorpsi fenol* (Thesis). Retrieved from <http://eprints.undip.ac.id/2893/>
- Himawanto, D. A., & Nadjib, M. (2013). Pengeringan tembakau dengan sistem hybrid. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 16(1), 1–9. Retrieved from <https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/426>
- Indiarji, S. B. (2010). *Pengaruh konsentrasi larutan pemasak dan waktu pemasakan terhadap rendemen dan sifat fisik pulp limbah batang tanaman tembakau (Nicotiana tabacum, l) melalui proses soda mekanis* (Thesis). Retrieved from http://etd.repository.ugm.ac.id/home/detail_pencarian/167008
- Jankowska, H., Swiatkowski, A., & Chorma, J. (1991). *Active Carbon*. United States: Ellis Horwood
- Kartikawati, L. (2016). *Metode kromatografis lapis tipis-densitometri untuk penentuan kadar nikotin batang tembakau (Nicotiana tabacum L.)* (Thesis). Retrieved from <https://repository.unej.ac.id/>
- Lempang, M. (2014). Pembuatan dan penggunaan arang aktif. *Info Teknis Eboni*, 11(2), 65–80. Retrieved from <http://ejournal.forda-mof.org/ejournal-litbang/index.php/buleboni/article/view/5041/4463>
- Malik, U. (2013). Alternatif pemanfaatan limbah industri pengolahan kayu sebagai arang aktif. *Jurnal Aptek*, 5(1), 63–70. <https://doi.org/10.30606/aptk.v5i1.74>
- Muktianto, R. T., & Diartho, H. C. (2018). Komoditas tembakau besuki Na-oogst dalam

- pespektif pembangunan berkelanjutan di Kabupaten Jember. *Cakra Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 33(2), 115–125. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20961/carakatani.v33i2.20598>
- Novita, E., Andriyani, I., Romadona, Z., & Pradana, H. A. (2020). Pengaruh variasi jenis dan ukuran limbah organik terhadap kadar air kompos blok dan pertumbuhan tanaman cabai. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 17(1), 19–28.
- Perry, G. (2008). *Perry's Chemical Engineering Handbook*. McGrawHill Companies, Inc.
- Sandi, A. P., & Astuti. (2014). Pengaruh waktu aktivasi menggunakan H_3PO_4 terhadap struktur dan ukuran pori karbon berbasis arang tempurung kemiri (*Aleurites moluccana*). *Jurnal Fisika Unand*, 3(2), 115–120. Retrieved from <http://jfu.fmipa.unand.ac.id/index.php/jfu/article/view/96/78>
- Setiawati, E., & Suroto, S. (2010). Pengaruh bahan aktivator pada pembuatan karbon aktif tempurung kelapa. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(1), 21–28.
- Sumarta, R. S. H., & Sutapa, J. P. (2015). *Pengaruh variasi jumlah perekat dan tekanan kempa terhadap sifat fisika-kimia briket arang dari limbah batang tanaman tembakau (Nicotiana tabacum L)* (Thesis). Retrieved from <https://repository.ugm.ac.id/>
- Ukanwa, K. S., Patchigolla, K., Anthony, E., & Mandavgane, S. (2019). A review of chemicals to produce activated carbon from agricultural waste biomass. *Sustainability (Switzerland)*, 11(6204), 1–35. <https://doi.org/10.3390/su11226204>