

PENGARUH VARIASI SUHU DAN BAHAN KIMIA AKTIVATOR PADA ARANG AKTIF BIJI KELOR TERHADAP KADAR AIR DAN pH EKSKRETA

Cokorda B. D. P. Mahardika^{1*}, Nimrot Neonufa², Yohan Nenomnanu¹, Yefri N. Baunsele¹, Andri L. M. Modok¹

¹Program Studi Penyuluhan Pertanian Lahan Kering, Politeknik Pertanian Negeri Kupang

²Program Studi Manajemen Pertanian Lahan Kering, Politeknik Pertanian Negeri Kupang

*e-mail: cokbagusdharma@gmail.com

ABSTRAK

Karbon aktif cukup efektif mengadsorpsi berbagai jenis polutan dengan efisien dan kinetika adsorpsi yang cepat. Biji kelor dapat diubah menjadi karbon aktif melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh dari aktivasi arang aktif biji kelor dengan variasi suhu dan bahan kimia terhadap kadar air dan pH ekskreta ayam ras pedaging. Penelitian ini didesain secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial 3x3 dengan faktor utama adalah suhu aktivasi (200°C, 400°C dan 600°C) dan faktor kedua yaitu bahan kimia aktivator (H₂SO₄, NaCl dan HCl). Peubah yang diteliti adalah kadar air dan kadar pH ekskreta. Data yang telah diperoleh dianalisis ragam secara statistik pada taraf nyata 5%. Apabila hasil analisis sidik ragam ada perlakuan yang nyata, maka analisis dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu aktivasi dan bahan kimia aktivator masing-masing memiliki pengaruh signifikan terhadap pH ekskreta ($p < 0,05$), namun tidak ada interaksi signifikan antara suhu dan jenis aktivator ($p > 0,05$). Semakin tinggi suhu aktivator cenderung menurunkan pH ekskreta pada ketiga jenis aktivator. HCl menghasilkan pH ekskreta paling rendah, menunjukkan bahwa aktivator ini paling efektif dalam menurunkan pH ekskreta. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa baik jenis bahan kimia aktivator maupun suhu tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar air ekskreta, serta tidak ada interaksi signifikan antara keduanya ($p > 0,05$). Penambahan arang aktif biji kelor pada ekskreta memiliki pengaruh dalam penurunan pH ekskreta.

Kata kunci : arang, ekskreta, kadar air, kelor, pH

PENDAHULUAN

Karbon aktif banyak digunakan di berbagai sektor, termasuk industri makanan dan kimia, pengolahan limbah serta pengendalian polusi udara (Sugumaran *et.al.*, 2012). Karbon aktif terbukti efektif mengadsorpsi berbagai jenis polutan dengan efisien dan kinetika adsorpsi yang cepat (Birtukan *et.al.*, 2015). Sifat penyerapan karbon aktif berasal dari luas permukaan yang besar, struktur mikropori, dan tingkat reaktivitas permukaan yang tinggi. Efisiensi dalam menghilangkan polutan dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti konsentrasi larutan, pH larutan, kekuatan ionik, karakteristik adsorbat, metode modifikasi adsorben, serta sifat fisik dan kimia karbon aktif, termasuk luas permukaan dan porositasnya (Abdullah *et al.*, 2017).

Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan spesies tanaman yang paling tersebar luas dalam famili tanaman *Moringaceae* (Marsh & Reinoso, 2006). Lebih lanjut diuraikan bahwa kelor khususnya kulit bijinya dapat diubah menjadi karbon aktif melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Terdapat beberapa metode dalam pembuatan karbon aktif dari biomassa, yaitu teknik aktivasi kimia dan aktivasi fisik. Pemilihan metode aktivasi juga bergantung pada bahan awal dan jenis seperti serbuk atau granular dengan kepadatan rendah dan tinggi (Dabrowski, 2001). Kemampuan serap yang rendah dari arang biasa disebabkan oleh luas permukaannya yang kecil dan sangat terbatas, karena pori-porinya sebagian besar terisi oleh resin atau produk pembakaran tidak sempurna yang terbentuk selama proses pembuatan arang (Mohammad-Khah & Ansari, 2009). Proses aktivasi membersihkan bahan tersebut, membuka pori-pori, mengembangkan porositas, dan secara signifikan meningkatkan luas permukaan.

Karbon adsorben dalam fase gas atau uap biasanya berbentuk butiran dan dibuat menggunakan metode aktivasi fisik atau gas. Karbon dapat berupa butiran keras, pelet yang relatif bebas debu dengan diameter pori kurang dari 3 nm (Mohammad-Khah & Ansari, 2009).

Menurut Ansari dan Masoudi (2004) bahwa metode kimia dalam proses karbonisasi dan aktivasi dilakukan secara bersamaan. Bahan baku yang digunakan dicampur dengan bahan kimia dalam rasio tertentu, dikeringkan, dan dikarbonisasi pada suhu tertentu. Setelah karbonisasi selesai, sisa agen impregnasi dihilangkan melalui pencucian dengan air. Bahan kimia anorganik seperti asam dan alkali digunakan untuk menguraikan atau mendehidrasi molekul organik selama karbonisasi sehingga mencegah deposisi hidrokarbon pada permukaan karbon. Kalsinasi atau karbonisasi dilakukan dalam tungku agar memungkinkan penghilangan seluruh hidrokarbon yang teradsorpsi dan sebagian karbon, sehingga meningkatkan luas permukaan (Mohammad-Khah & Ansari, 2009). Arang aktif sebagai adsorben yang ideal memiliki area luas permukaan dan struktur pori yang kecil yang diperlukan untuk mengurangi kontaminasi dengan kapasitas reduksi yang tinggi (Yeom & Younghun-Kim, 2017). Arang aktif yang dikarbonasi dari 400-500°C dilaporkan efektif dalam mengadsorpsi gas amonia yang telah diberi perlakuan asam pada permukaannya (Asada *et al.*, 2006).

Pada peternakan ayam ras pedaging, jika ternak mengalami stres oksidatif yang mengakibatkan termoregulasi dan metabolisme terganggu. Hal ini menyebabkan inefisiensi dalam penyerapan protein yang berimplikasi pada keluaran nitrogen (N) yang lebih banyak dalam bentuk *uric acid*. *Uric acid* selanjutnya akan dikonversi menjadi amonia oleh bakteri ureolitik dengan didukung kondisi lingkungan (Saputra *et al.*, 2020). Ekskreta dengan kadar air tinggi yang bercampur dengan *litter* akan memicu peningkatan kadar air *litter*. Kadar air yang tinggi dan lembab serta didukung dengan pH dan suhu *litter* yang tinggi akan meningkatkan kinerja mikroorganisme dalam mendekomposisi protein tidak tercerna dan *uric acid* menjadi amonia (Knížatová *et al.* 2010). Kondisi kadar air *litter* dan pH *litter* yang tinggi ini mengindikasikan kondisi *litter* yang buruk.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh dari aktivasi arang aktif biji kelor dengan variasi suhu dan bahan kimia terhadap karakteristik ekskreta ayam ras pedaging. Penelitian ini akan mengeksplorasi bagaimana hubungan suhu dalam proses aktivasi memengaruhi pH dan kadar air ekskreta. Suhu yang berbeda kemungkinan dapat memengaruhi ukuran pori dan struktur karbon aktif, yang pada gilirannya berpotensi memengaruhi kemampuan arang aktif dalam mengikat kontaminan yang ada dalam ekskreta ayam. Selain itu menguji berbagai bahan kimia aktivator, seperti asam sulfat, natrium klorida, dan asam klorida, yang digunakan dalam proses aktivasi karbon dari biji kelor. berfungsi untuk meningkatkan efisiensi aktivasi dengan cara memperluas pori dan meningkatkan area permukaan karbon aktif sehingga berpotensi memengaruhi kualitas arang aktif dalam menyerap kontaminan.

METODE PENELITIAN

Pengambilan Sampel Ekskreta

Ekskreta didapatkan dari kandang ayam ras pedaging yang berada di Kebun SUT Politani Kupang. Sampel ekskreta ditempatkan pada *aluminium foil* steril kemudian dimasukkan kedalam plastik bening yang rapat dan disimpan pada suhu 40°C selama 2 jam. Ekskreta tersebut diambil sebanyak 100 gram dan dimasukkan kedalam gelas kaca *beaker* berukuran 500 ml, ditutup menggunakan plastik PET kemudian dibungkus rapat menggunakan plastik *wrap*. Sampel ekskreta diinkubasi pada suhu 37°C selama 60 menit.

Preparasi Arang Aktif Biji Kelor

Biji kelor yang telah disortir bersih dimasukkan kedalam wadah khusus dan ditempatkan pada tungku pembakaran kemudian dikarbonasi selama 12 jam dengan suhu 500°C. Wadah khusus tersebut diputar hingga proses pengarangan merata. Biji kelor yang sudah menjadi arang didiamkan pada suhu ruangan selama 24 jam kemudian diayak diayak hingga mencapai ukuran $\pm 0,5-0,41$ mm. Arang aktif kemudian diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 55°C. Arang aktif sebelum diaplikasikan pada ekskreta dibilas dan dicuci terlebih dahulu menggunakan akuades.

Desain Penelitian

Penelitian ini didesain secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial 3x3 dengan tiga ulangan sehingga terdapat 9 kombinasi perlakuan aktivasi dengan faktor utama adalah suhu aktivasi (200°C, 400°C dan 600°C) dan faktor kedua yaitu bahan kimia (H₂SO₄, NaCl dan HCl). Arang aktif yang sudah teraktivasi kemudian diaplikasikan pada sampel ekskreta yang sudah diinkubasi sebanyak 5% dari berat ekskreta. Peubah yang diteliti adalah kadar air dan kadar pH ekskreta. Kadar air (*moisture*) ditentukan dengan cara metode oven yang dikeringkan pada suhu 105°C selama 24-48 jam (AOAC, 2005). pH (derajat keasamaan) diukur menggunakan pH meter ATC EZ-9908 dengan prosedur (AOAC, 2005).

Analisis Data

Data yang telah diperoleh dianalisis ragam (*analysis of variance*) secara statistik pada taraf nyata 5%. Apabila hasil analisis sidik ragam ada perlakuan yang nyata, maka analisis dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (Bewick *et.al.*, 2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh suhu aktivasi dan bahan kimia aktivator terhadap kadar pH ekskreta

Pada Tabel-1 dijelaskan pengaruh suhu aktivasi (200°C, 400°C dan 600°C) dan bahan kimia aktivator (H₂SO₄, NaCl dan HCl) terhadap kadar pH ekskreta. Hasil penelitian menunjukan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara suhu aktivasi dan bahan aktivator terhadap kadar pH ($p < 0,05$). Perbedaan yang nyata antara suhu dan bahan aktivator menunjukkan bahwa baik suhu maupun aktivator berperan dalam mengatur pH ekskreta.

Tabel 1. Kadar pH ekskreta yang ditambahkan arang aktif biji kelor dengan suhu aktivasi dan bahan activator yang berbeda

Suhu (°C)	pH		
	H ₂ SO ₄	NaCl	HCl
200	6,91 ± 0,20 ^a A	7,52 ± 0,34 ^a B	6,89 ± 0,31 ^a A
400	7,07 ± 0,40 ^a AB	7,27 ± 0,29 ^a B	6,82 ± 0,32 ^a A
600	6,45 ± 0,22 ^b A	6,96 ± 0,22 ^b B	6,50 ± 0,35 ^b AB

Keterangan:

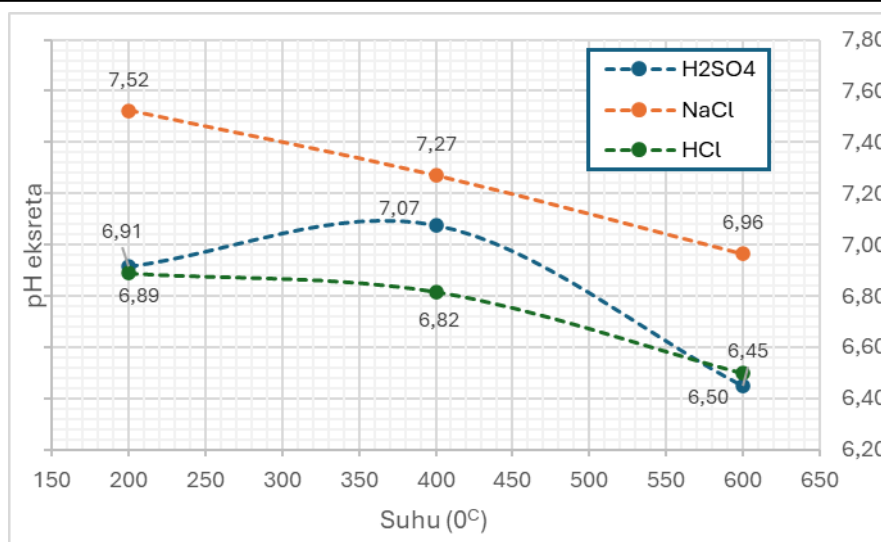
Angka yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji lanjut Duncan ($p > 0,05$).

Huruf kecil secara vertikal menunjukkan perbandingan antara suhu aktivasi pada bahan aktivator yang sama.

Huruf kapital secara horisontal membandingkan antara bahan aktivator pada suhu aktivasi yang sama.

Arang aktif biji kelor yang diaktivasi H₂SO₄, menunjukkan bahwa pH ekskreta yang dikarbonasi pada suhu 200°C (6,91 ± 0,20) tidak berbeda nyata dengan pH pada suhu 400°C (7,07 ± 0,40) ($p > 0,05$). Karbonasi hingga suhu 600°C, pH menurun signifikan menjadi 6,45 ± 0,22 ($p < 0,05$). Hal ini juga terlihat serupa pada arang aktif yang diaktivasi dengan NaCl yaitu pada suhu 200°C, pH ekskreta mencapai 7,52 ± 0,34 yang merupakan nilai tertinggi diantara semua perlakuan. Suhu 400°C pH turun menjadi 7,27 ± 0,29, meskipun masih dalam rentang mendekati netral. Pada suhu 600°C menunjukkan penurunan signifikan pada pH ekskreta yaitu 6,96 ± 0,22 ($p < 0,05$). Aktivasi menggunakan HCl menunjukkan pada suhu 200°C, pH ekskreta adalah 6,89 ± 0,31, relatif stabil dan tidak berbeda nyata dengan suhu 400°C, walaupun sedikit menurun menjadi 6,82 ± 0,32 ($p > 0,05$). Peningkatan suhu karbonasi mencapai 600°C, menunjukkan bahwa pH ekskreta berbeda nyata dibandingkan suhu karbonasi 200°C dan 400°C ($p < 0,05$).

Pada tabel-1 juga menunjukkan perbandingan antar bahan aktivator pada suhu yang sama memberikan informasi tentang keefektifan masing-masing aktivator dalam memengaruhi pH ekskreta. Arang aktif pada suhu karbonasi 200°C, NaCl menunjukkan pH ekskreta tertinggi (7,52 ± 0,34) dibandingkan H₂SO₄ dan HCl (6,91 ± 0,20 dan 6,89 ± 0,31) ($p < 0,05$). Tidak terdapat perbedaan nyata antara H₂SO₄ dan HCl ($p > 0,05$), menunjukkan bahwa kedua bahan kimia ini memiliki efek serupa pada pH ekskreta pada suhu rendah. Pada suhu 400°C, aktivasi dengan H₂SO₄, pH ekskreta tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan pH ekskreta yang ditambahkan arang aktif aktivasi NaCl dan HCl ($p > 0,05$). Namun terdapat perbedaan yang nyata antara pH ekskreta yang diberi arang dengan aktivasi bahan HCl dan NaCl ($p < 0,05$). Pada suhu 600°C, arang aktif aktivasi NaCl tetap memberikan pH ekskreta yang lebih tinggi (6,96 ± 0,22) dibandingkan dengan H₂SO₄ (6,45 ± 0,22) dan HCl (6,50 ± 0,35). Hasil ini mengindikasikan bahwa H₂SO₄ memiliki kemampuan yang lebih menurunkan pH secara dibandingkan NaCl ($p < 0,05$). Sehingga suhu aktivasi berpengaruh signifikan terhadap pH ekskreta, dengan tren umum bahwa pH cenderung menurun pada suhu yang lebih tinggi. Aktivator H₂SO₄ dan HCl cenderung dapat menurunkan pH ekskreta dibandingkan pH yang ditambahkan arang aktif menggunakan aktivasi NaCl.



Grafik-1. Tren penurunan pH ekskreta yang ditambahkan arang aktif dengan aktivasi suhu dan bahan kimia yang berbeda

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH ekskreta cenderung menurun seiring dengan peningkatan suhu untuk semua jenis aktivator (H_2SO_4 , NaCl , dan HCl). Semakin tinggi suhu aktivasi arang aktif, semakin rendah pH ekskreta yang dihasilkan (grafik-1). Hal ini menerangkan bahwa arang aktif yang diaktivasi pada suhu tinggi lebih efektif dalam menurunkan pH ekskreta. Pada dasarnya suhu tinggi dapat menyebabkan hilangnya gugus fungsi atau teroksidasi seperti senyawa kimia alkohol, fenol dan asam (Demibras, 2005). Namun suhu tinggi pada karbonisasi bahan organik menjadi arang dan aktivasi arang menjadi arang aktif dapat merubah karakteristik struktur dan susunan senyawa kimia bahan dengan karakteristik dan susunan senyawa kimia baru yang berbeda dengan asalnya (Lempang *et.al.*, 2011). Asam kuat seperti H_2SO_4 dan HCl tidak hanya menambah gugus asam pada permukaan karbon, tetapi juga dapat meninggalkan residu kimia yang bersifat asam (seperti sulfonat atau klorida). Pada suhu tinggi, meskipun beberapa gugus asam hilang karena deoksigenasi, residu ini dapat tetap bertahan dan memengaruhi sifat asam arang aktif, sehingga pH tetap rendah. Suhu tinggi menyebabkan perubahan signifikan dalam struktur pori arang aktif yaitu pori yang lebih besar memungkinkan pelepasan ion H^+ lebih mudah ke dalam larutan, meningkatkan keasaman ekskreta.

Menurut Lempang *et.al* (2011), proses aktivasi menggunakan suhu 750°C menghasilkan arang aktif dengan permukaan pori yang bersih dan semakin lama waktu aktivasi semakin lebih bersih permukaan arang aktif. Asam sulfat dan asam klorida cenderung meninggalkan residu asam pada permukaan arang aktif, yang memperkuat sifat asam arang pada suhu tinggi. Sesuai dengan hasil penelitian dari Al-Qodah dan Shawabkah (2009), yang dimana menyebutkan bahwa aktivasi kimia menggunakan asam kuat dapat meningkatkan keasaman permukaan. Kadar pH basa dapat memicu meningkatnya gas amonia sehingga kadar pH rendah dapat mengurangi terbentuknya amonia volatil sehingga meningkatkan taraf kenyamanan ayam yang dipelihara. Kenyamanan dapat berhubungan

dengan performa ayam khususnya yang berkaitan dengan lingkungan mikroklimat sekitar kandang (Mahardika *et.al.*, 2022).

Pengaruh suhu aktivasi dan bahan kimia aktivator terhadap kadar air ekskreta

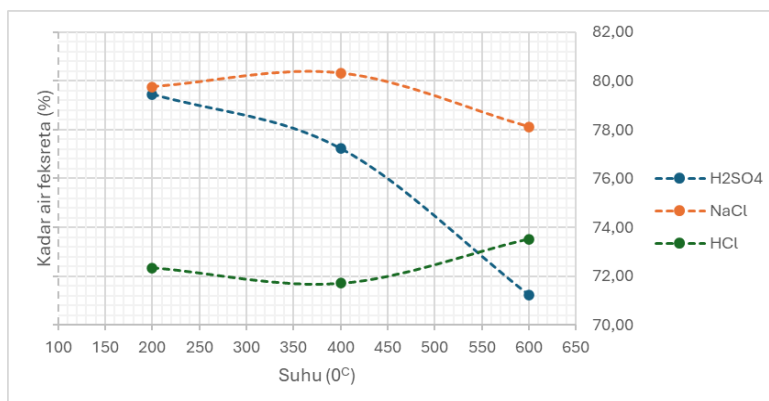
Hasil penelitian yang disajikan pada Tabel-2 yaitu pengaruh suhu aktivasi (200°C, 400°C dan 600°C) dan bahan kimia aktivator (H₂SO₄, NaCl dan HCl) terhadap kadar air ekskreta. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara suhu dan bahan aktivator terhadap kadar air ekskreta ($p > 0,05$).

Tabel 2. Kadar air ekskreta yang ditambahkan arang aktif biji kelor dengan suhu aktivasi dan bahan activator yang berbeda

Suhu (°C)	Kadar air (%)		
	H ₂ SO ₄	NaCl	HCl
200	79,46 ± 4,72	79,77 ± 4,12	72,34 ± 5,99
400	77,24 ± 0,32	80,33 ± 1,62	71,70 ± 5,11
600	71,23 ± 5,32	78,12 ± 6,06	73,51 ± 7,92

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji lanjut Duncan ($p > 0,05$).

Berdasarkan tabel-2, kadar air ekskreta yang ditambahkan arang aktif biji kelor dengan aktivasi H₂SO₄, cenderung menurun seiring meningkatnya suhu aktivasi, walaupun secara statistik tidak berbeda nyata. Pada suhu 200°C, kadar air ekskreta adalah 79,46 ± 4,72 %, relatif tinggi dibandingkan pada suhu 400°C, kadar air sedikit menurun menjadi 77,24 ± 0,32 %. Pada suhu 600°C, kadar air turun menjadi 71,23 ± 5,32 % dan termasuk paling rendah diantara semua perlakuan bahan aktivator dan suhu. Pada bahan kimia aktivator NaCl dan HCl tidak menunjukkan hasil yang bervariasi seiring meningkatnya suhu karbonasi. Aktivasi dengan HCl menghasilkan kadar air ekskreta yang paling rendah di semua suhu, yaitu 72,34 ± 5,99 % pada 200°C dan 71,70 ± 5,11 % pada 400°C. Aktivator NaCl memberikan kadar air ekskreta tertinggi (79,77 ± 4,12) jika dibandingkan H₂SO₄ (79,46 ± 4,72) dan HCl (72,34 ± 5,99) pada suhu karbonasi 200°C. Pada suhu 400°C dan 600°C, Aktivator NaCl masih mempertahankan kadar air ekskreta tertinggi jika dibandingkan H₂SO₄ dan HCl walaupun secara statistik tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Aktivasi dengan NaCl pada suhu ini terlihat secara umum menghasilkan arang aktif dengan pori-pori yang cenderung mempertahankan kelembaban.



Grafik-2. Kadar air ekskreta (%) yang ditambahkan arang aktif dengan aktivasi suhu dan bahan kimia yang berbeda

Grafik-2 menunjukkan bahwa secara umum terdapat tren penurunan kadar air ekskreta yang diberikan arang aktif aktivasi bahan kimia H₂SO₄ dan NaCl, sedangkan pada aktivator HCl menunjukkan kadar air ekskreta yang terendah (200°C dan 400°C) kemudian terlihat ada peningkatan pada suhu 600°C. Meningkatnya suhu karbonasi juga menunjukkan tren penurunan kadar air ekskreta (kecuali aktivasi dengan HCl) dan paling besar persentasenya adalah H₂SO₄. Kadar air feses yang turun dapat mengurangi cemaran amonia volatil ke atmosfer, karena air merupakan salah satu unsur yang mempercepat terbentuknya amonia atau gas polutan lainnya. Kadar air feses yang turun juga dapat mengurangi kelembaban *litter* dan juga mengurangi frekuensi pengantian alas *litter* karena berkurangnya jumlah air yang diresap pada pori-pori bahan *litter* (Mahardika *et.al.*, 2022). Menurut Ritz, *et.al* (2009), jika alas *litter* kadar kelembabannya berkurang, maka performa ayam ras dapat meningkat karena penyebab ketidaknyamanan ayam dapat diminimalisir.

Suhu aktivasi yang lebih tinggi biasanya mengubah sifat fisik dan kimia dari arang aktif (Lempang *et.al.*, 2011). Lebih lanjut dijelaskan pada suhu tinggi, gugus fungsional seperti hidroksil (-OH) atau karboksil (-COOH) cenderung terdekomposisi, menciptakan pori-pori lebih banyak dan meningkatkan area permukaan spesifik. Perubahan ini diharapkan memengaruhi kemampuan menyerap air. Namun, suhu yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan kerusakan pada struktur karbon, sehingga penting untuk menemukan keseimbangan yang tepat antara suhu dan waktu aktivasi (Laili *et al.*, 2017). Jika perubahan sifat fisik dan kimia arang tidak cukup signifikan antar suhu, kemampuan menyerap air dari ekskreta tetap seragam. Pada suhu tinggi, pori-pori arang aktif mungkin sudah mencapai batas kapasitas penyerapan air sehingga peningkatan suhu tidak lagi memberikan dampak tambahan. Hal ini sesuai dengan penelitian Kirani & Ali (2023) yang mendapatkan bahwa jika adsorben terus menerima beban, hal ini dapat mengakibatkan adsorben mencapai titik jenuhnya, di mana semua pori-pori sudah terisi penuh oleh adsorbat, sehingga laju adsorpsi menurun dan mungkin terjadi proses desorpsi. Selain itu, aktivator yang digunakan mungkin menghasilkan struktur pori dan gugus fungsional yang serupa, sehingga kemampuan menyerap air tidak berbeda secara nyata. Bahan dasar biji kelor mungkin memiliki sifat kimia yang mendominasi sehingga efek bahan aktivator tidak cukup kuat untuk menciptakan perbedaan signifikan. Hasil penelitian Putri dan Wildansyah (2018)

menerangkan bahwa aktivator seperti NaOH atau HCl dapat meningkatkan porositas dan jumlah gugus fungsional pada permukaan adsorben. Namun, jika struktur pori yang dihasilkan serupa dengan yang sudah ada pada biji kelor, maka peningkatan kemampuan menyerap air mungkin tidak terlihat secara signifikan. Lebih lanjut dijelaskan bahwa aktivator bertujuan untuk membuka pori-pori dan meningkatkan daya serap, tetapi jika bahan dasar sudah memiliki sifat adsorptif yang tinggi, efek tambahan dari aktivator mungkin tidak cukup kuat untuk menciptakan perbedaan yang nyata dalam performa adsorpsi.

KESIMPULAN

1. Suhu karbonasi dan bahan kimia aktivator masing-masing memiliki pengaruh signifikan terhadap pH ekskreta ($p < 0,05$), namun tidak ada interaksi signifikan antara suhu dan jenis aktivator ($p > 0,05$). Semakin tinggi suhu karbonasi arang, dapat menurunkan pH ekskreta pada ketiga jenis aktivator. Arang aktif biji kelor yang diaktivasi HCl merupakan adsorben yang paling efektif dalam menurunkan pH ekskreta.
2. Bahan kimia aktivator maupun suhu tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar air ekskreta, serta tidak ada interaksi signifikan antara keduanya ($p > 0,05$).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N. S., Hussin, M. H., Sharifuddin, S. S., & Yusoff, M. A. M. (2017). Preparation and characterization of activated carbon from Moringa Oleifera seed pod. *Cellulose*, 28(0.50).
- Ansari, R.; Masoudi, M. (2004). Removal of chromium hexavalent from aqueous solution using activated carbon, *Inter. J. Chemistry*, 14(3) 139-142.
- Asada, T., Ohkubo, T., Kawata, K., Oikawa, K. (2006). Ammonia adsorption on bamboo charcoal with acid treatment. *Journal of Health Science*: 52, 585-479. <https://doi.org/10.1248/jhs.52.585>
- Association of Official Analytical Chemist [AOAC]. (2005). Official Methods of Analysis (18 Edn). Association of Official Analytical Chemist Inc. Mayland. USA.
- Bewick, V., Cheek, L., Ball, J. 2004. Statistics review 9: one-way analysis of variance. *Critical care*, 8(2), 1-7. <https://link.springer.com/article/10.1186/cc2836>
- Birtukan Adane, Khalid Siraj & Nathan Meka. (2015). Kinetic, equilibrium and thermodynamic study of 2-chlorophenol adsorption onto Ricinus communis pericarp activated carbon from aqueous solutions. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 8 (3-4), 1 – 12.
- Dąbrowski, A. (2001). Adsorption—from theory to practice. *Advances in colloid and interface science*, 93(1-3), 135-224.
- Demirbas, A. (2005). Pyrolysis of ground beech wood in irregular heating rate conditions. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 73:39-43.
- Kirani, R. D., & Ali, M. (2023). Ampas bubuk kopi sebagai karbon aktif untuk menurunkan kadar COD dan TSS dalam limbah cair industri tempe. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(4).
- Laili, N., Aji, M., & Sulhadi, S. (2017). Analisis sifat adsorpsi karbon aktif kayu pada limbah cair batik di kota pekalongan.. <https://doi.org/10.21009/03.snf2017.02.mps.14>

- Lempang, M., Syafii, W., & Pari, G. (2011). Struktur dan komponen arang serta arang aktif tempurung kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(3), 278-294.
- Marsh, H., & Reinoso, F. R. (2006). *Activated carbon*. Elsevier.
- Mahardika, C., Pello, W. Y., & Nenomnanu, Y. (2022). Pengaruh Penambahan Adsorben dan Kultur Bakteri Terhadap Karakteristik Feses Ayam Ras Pedaging. *Partner*, 27(1), 1723-1731.
- Mohammad-Khah, A., and Ansari, R. (2009). Activated Charcoal: Preparation, characterization and Applications : A review article. *International Journal of ChemTech Research CODEN*. 1(4): 859–864. Available from: https://sphinxsai.com/CTVOL4/index_chem_1_vol4.htm
- Ritz, C.W., Brian D.F., dan Michael P.L. 2009. Litter Quality and Broiler Performance. The University of Georgia and Ft. Valley State University: USDA. <http://athenaeum.libs.uga.edu/handle/10724/12466>.
- Saputra, M. R., Sarjana, T. A., & Kismiati, S. (2020). Perubahan mikroklimatik amonia dan kondisi litter ayam broiler periode starter akibat panjang kandang yang berbeda. *Sains Peternakan: Jurnal Penelitian Ilmu Peternakan*, 18(1), 8-14.
- Sugumaran, P., Susan, V. P., Ravichandran, P., & Seshadri, S. (2012). Production and Characterization of Activated Carbon from Banana Empty Fruit Bunch and Delonix regia Fruit Pod. *Journal of Sustainable Energy and Environment*, 3, 125 – 132.
- Yeom. C. & Younghun Kim. (2017). Adsorption of ammonia using mesoporous alumina prepared by a templating method. *Environ. Eng. Res.* 2017; 22(4): 401-406. <https://doi.org/10.4491/eer.2017.045>