

SPECTROSKOPI FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR) ASAM HUMAT DARI KOMPOS KOTORAN AYAM DENGAN BIODEKOMPOSER BERBEDA

Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy of Humic Acid from Chicken Manure Compost with Different Biodecomposers

Ratri Noorhidayah^{1)*}, Muhammad Bachtiar Musthafa²⁾ dan Sisno¹⁾

¹⁾ Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, UNSOED, Purwokerto, 53123

²⁾ Laboratorium Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, UNSOED, Purwokerto, 53123

ABSTRACT

Humic acid is the final compound resulting from decomposition and humification so that it is more resistant. The role of humic acid includes: reinforcing agents to increase the efficiency of electrokinetic remediation from arsenic contamination, limiting the toxicity of Cd and Pb to earthworms in the soil, cementing agents in the soil matrix to suppress environmental degradation of mineral mining. The research was conducted to obtain humic acid extract from compost of agricultural and livestock waste. Humic acid is extracted from compost using strong acids and strong bases. Compost from chicken manure is expected to be a solution for livestock waste that has the potential to pollute the environment. The composting of chicken manure is combined with agricultural waste and weeds such as straw, corncob, banana weevil, durian skin and water hyacinth. Decomposition was carried out with the help of EM4 biodecomposer, Compost Yeast and Earthworms. The functional groups that characterize humic acid from chicken manure compost with a variety of additives and biodecomposers are the absorption peak 3450 - 3300 cm⁻¹, 2980-2920 cm⁻¹, 1660-1630 cm⁻¹ and 1170-950 cm⁻¹. The low degree of humification in all treatments is a characteristic of effective compost with the barrel. EM4 is most effective at increasing the rate of decomposition of organic matter in the treatment

Key words: FTIR, Humic Acid, chicken manure compost, EM4, worms..

ABSTRAK

Asam humat merupakan senyawa akhir hasil dekomposisi dan humifikasi sehingga lebih bersifat resisten. Peranan asam humat antara lain : bahan penguat untuk meningkatkan efisiensi remediasi elektrokinetik dari kontaminasi arsenik , membatasi toksisitas Cd dan Pb pada cacing tanah di dalam tanah, agen penyemen dalam matriks tanah untuk menekan degradasi lingkungan tambang mineral. Penelitian dilakukan guna mendapatkan ekstrak asam humat dari kompos limbah pertanian dan peternakan. Asam humat diekstrak dari kompos dengan menggunakan asam kuat dan basa kuat. Kompos dari Kotoran ayam diharapkan menjadi solusi limbah peternakan yang berpotensi mencemari lingkungan. Pembuatan kompos kotoran ayam dipadukan dengan limbah dan gulma pertanian seperti jerami, bonggol jagung, bonggol pisang, kulit durian dan eceng gondok. Dekomposisi dilakukan dengan bantuan biodekomposer EM4, Ragi Kompos dan Cacing tanah. Gugus fungsional yang menjadi penciri asam humat dari kompos kotoran ayam dengan beragam bahan tambahan dan biodekomposer yakni Puncak serapan 3,450 – 3,300 cm⁻¹, 2,980-2,920 cm⁻¹, 1,660-1,630 cm⁻¹ dan 1,170-950 cm⁻¹. derajat humifikasi yang rendah di semua perlakuan merupakan penciri kompos dengan dengan tong berjalan efektif. EM4 paling efektif untuk meningkatkan laju dekomposisi bahan organik pada perlakuan.

Kata kunci: FTIR, Asam Humat, kompos kotoran ayam, EM4, Cacing.

PENDAHULUAN

Asam humat merupakan komponen penting dari kompos, humus, gambut, batu, hingga batu bara, dimana merupakan makropolimer asam dengan elektrolit lemah dari gugus karboksilat dan fenolik –OH, dengan berat molekul mencapai 100,000. asam humat bersama dengan asam fulvat dan asam hematomelanin merupakan senyawa akhir hasil dekomposisi dan humifikasi sehingga lebih bersifat resisten. Pada penelitian terbaru, asam humat memiliki peranan antara lain : bahan penguat untuk meningkatkan efisiensi remediasi elektrokinetik dari kontaminasi arsenik (Li *et al.*, 2020), membatasi toksisitas Cd dan Pb pada cacing tanah di dalam tanah (Bai *et al.*, 2020), agen penyemen dalam matriks tanah untuk menekan

degradasi lingkungan tambang mineral (Miranda *et al.*, 2020).

Produksi asam humat telah dilakukan secara masif di Amerika dan Eropa dengan sasaran konsumen untuk kesehatan manusia, hewan, ternak, lingkungan tanah dan tanaman (*Enrich Humic Acid Supplement*, Humic-ht, FUL-HUMIX, dan lainnya), tetapi di Indonesia, produksi asam humat masih terbatas dan masih sebatas digunakan untuk lingkungan pertanian.

Asam humat dapat diekstrak dari kompos dengan menggunakan asam kuat dan basa kuat. Kompos sebagai pupuk organik padatan berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik

tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan atau biologi tanah (Permentan RI No.1/2019, yang terdiri dari senyawa non-humat dan senyawa humat (Essington, 2003), dimana senyawa humat lazim disebut humus dengan struktur morfologi yang tidak menyerupai asal dan telah mengalami proses humifikasi. Pembuatan kompos pada dasarnya menurunkan rasio C dan N dari bahan segar sehingga proses dekomposisi berhenti. Bahan kompos yang digunakan yakni kotoran ayam boiler dan limbah pertanian/gulma yang ketersediaannya melimpah.

Kotoran ayam merupakan limbah peternakan yang berpotensi mencemari lingkungan bila tidak diatasi. Unsur nitrogen dan sulfida yang terkandung dalam kotoran ayam basah berpotensi menjadi gas amonia, gas hidrogen sulfida, dimetil sulfida, karbon sulfida, nitrat, nitrit dan merkaptan bila tertumpuk tanpa pengolahan. Senyawa tersebut dapat tercium dengan mudah walau dalam konsentrasi yang sangat kecil (Rachmawati, 2000). Kandungan unsur hara dalam kotoran ayam adalah sangat tinggi karena bagian cair (urin) tercampur dengan bagian padat (Roidah, 2013). Hasil uji analisis kompos kotoran ayam menunjukkan pH = 6,8, C-organik = 12.23%, N-total = 1.77%, P₂O₅ = 27.45 (mg 100g⁻¹) dan K₂O = 3.21 (mg 100g⁻¹) (Tufaila *et al.*, 2014).

Jerami sebagai limbah pertanian mengandung selulosa 32.28%, lignin 4.48% dengan rasio C/N 105. Saat jerami dikomposkan dengan perlakuan EM4 30 ml selama 60 hari, didapatkan senyawa humat mulai terbentuk pada hari ke 20 dengan asam fulvat lebih tinggi dibanding asam humat dengan ratio AH/AF pada ke-60 sebesar 0,34 pada kompos dengan ratio C/N 37,5 (Agustian, 2004). Bonggol jagung merupakan limbah pertanian yang ketersediaannya cukup tinggi dan sukar diolah bila dalam kondisi basah. Kandungan utama bonggol jagung yakni selulosa (41%) dan hemiselulosa (36%), sehingga berpotensi dalam penyumbang unsur C dalam dekomposisi kompos. Eceng gondok sebagai gulma air di waduk maupun sungai, dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik dengan kandungan N = 1.86%, P = 1.2%, K = 0.7%, rasio C/N = 6.18, bahan organik = 25.16%, dan C organik = 19.61% (Syawal, 2010). Kulit durian secara proporsional mengandung unsur selulosa yang tinggi (50-60%) dan kandungan lignin (5%) serta kandungan pati yang rendah (5%). (Marlinawati, 2015). Bonggol pisang merupakan limbah pertanian yang banyak tersedia dan jarang dimanfaatkan dan diolah.

Biodekomposer digunakan dalam pengkomposan untuk mempercepat proses dekomposisi dan humifikasi. Mikroorganisme yang terdapat dalam EM4 memberikan pengaruh yang baik terhadap kualitas pupuk organik, sedangkan ketersediaan unsur hara dalam pupuk organik sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu yang diperlukan bakteri untuk mendegradasi sampah (Yuwono, 2006). Penambahan volume EM4 meningkatkan kandungan N, P dan C secara fluktuatif (Nur *et al.*, 2016). Ragi kompos digunakan pula sebagai dekomposer dengan kandungan tertera aktivator nutrisi, hormon pengatur tumbuh, probiotic microbes obligat facultatif dalam kondisi dorman: *Acetobacter*, *aspergillus niger*, *Rhizobium sp.*, *Rhizophus sp.* proteolitik, amilolitik, selulolitik, pelarut phosphate, pengikat Nitrogen bebas, *trichoderma sp.*, dan *Gliocladium sp.*

Vermikompos merupakan metode pengkomposan dengan memanfaatkan cacing sebagai perombak bahan organik dengan memakan semua jenis bahan organik

sebanyak berat badannya per hari. Kotoran cacing inilah yang menjadi kompos pada kotak bersekat (Simanungkalit, 2012).

Fourier Transform Infra Red (FTIR) telah digunakan secara luas dimasa lalu untuk pencirian bahan-bahan humat, meskipun masih ada keraguan mengenai spektra inframerah karena kerumitan spektra inframerah preparat humat dan kemurnian contoh. Spektroskopi inframerah telah terbukti sangat berguna dan dapat mengidentifikasi tiga tipe fraksi humat yang berbeda, seperti asam fulvat, asam humat dan asam hematomelanat (Tan, 1982). FTIR dapat diterapkan untuk menganalisis kompos, tanah mineral, dan bahan humus, serta perkembangan profil tanah-tanah hutan (Purwanto *et al.*, 2008).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gugus fungsional yang menjadi pencari asam humat dari kompos kotoran ayam dengan beragam bahan tambahan dan biodekomposer. Diduga asam humat dari semua kompos menunjukkan serapan kuat terhadap getaran C-H pada 2,980-2,920 cm⁻¹, serapan lebih kuat pada getaran karboksil maupun karbonyl dalam bentuk COO- masing-masing pada 1,650 cm⁻¹ dan 1,720 cm⁻¹, sebagaimana puncak yang muncul pada asam humat murni (Muzakky, 2003)

Penelitian dilaksanakan di *screen house* dan laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Karangwangkal, Purwokerto Utara dari bulan Februari hingga November 2020.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan dua tahap, yakni 1) pembuatan kompos dan 2) analisis spektral dan kimia humus dan senyawa humat. Pada tahap 1, bahan yang diperlukan adalah (1) gulma eceng gondok dari Wanadadi, Banjarnegara, (2) jerami padi sisa panen lokal Purwokerto, (3) limbah tonggol jagung (4) limbah bonggol pisang (5) limbah kulit durian (6) kotoran ayam boiler. Bahan organik tersebut dikombinasikan antara tumbuhan/sisa tanaman dengan kotoran, guna menaksimalkan interaksi Karbon dan Nitrogen. Sebagai dekomposer kompos yang digunakan pada penelitian ini adalah (1) cacaing tanah (vermikompos), inokulasi mikroorganisme dengan merek dagang berikut (2) EM4 (3) Ragi Kompos. Perlakuan yang dilakukan didapat 1 x 5 x 3 = 15 unit kompos.

Kombinasi Perlakuan :

1. A = Kotoran Ayam;
2. B = Bonggol jagung; D = Durian; P = bonggol Pisang; J = bonggol Jagung; E = Eceng Gondok
3. C = Cacing Tanah (Vermikompos); E = EM4; R = Ragi Kompos.

Pengkomposan dilakukan pada alat komposter aerob berupa tong kapasitas 50 L. Metode yang digunakan dalam pengkomposan adalah (1) vermikompos untuk dekomposer cacing tanah (2) pengkomposan aerob tinggi temperatur dengan mikroorganisme. Alat yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi tong pengkomposan, termometer udara, sekop, polybag, kantong plastik, plastik sampel, alat tulis, kertas label.

Analisis Fisik dan Kimia

Variabel Fisik dan Kimia yang diamati dalam penelitian ini meliputi suhu pengkomposan, derajat humifikasi kompos, kadar C-Organik kompos, dan rasio C/N kompos.

Fraksionasi Asam Humat

250 gram kompos kering angin ditambahkan dengan 3L larutan NaOH 0.1 M. digojok selama 2 jam didiamkan semalam. Keesokan harinya, cairan disaring dengan kapas dan filtrate disentrifugasi dg kecepatan 3950 rpm selama 15 menit. Saring filtrat dengan pompa vakum dan kertas whatman 42. Filtrate diasamkan dg HCL pekat, digojok 2 jam didiamkan 24 jam. Disentrifuge 3950 15 menit. Supernatan yang menggumpal adalah asam humat. Saring supernatan dengan kertas whatman 42. Asam humat didapat dari endapan yang ada dikertas saring. Endapan dicuci empat kali dengan larutan HCl 0.1 M : HF 0.3 M = 1 : 1. Pencucian dilakukan dengan wadah plastik. Hasil pencucian kemudian dicuci dengan aquades. Endapan hasil pemurnian kemudian dioven pada suhu 40 °C. Asam humat yang telah murni dikarakterisasi dengan spektrometer FTIR. (IHSS Method, 2013).

Analisis Spektroskopi FTIR

Pengujian dilakukan sesuai dengan SOP alat Spektrofotometer Spektrum 100 Perkin Elmer Model : Frontier S/N: 96772IR dengan menggunakan pelet K-Br, pada rentang bilangan gelombang 4,000 cm^{-1} sampai 400 cm^{-1}

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengkomposan dilakukan selama 12 minggu dengan pengamatan satu minggu sekali untuk mengetahui proses dekomposisi berjalan optimal. Kompos yang sudah matang dipanen berkala untuk kemudian dipindah tempatkan dan di ekstrak.

Suhu selama proses dekomposisi bahan organik di pengaruhi biodekomposer yang diaplikasikan (Gambar 1). Suhu tertinggi proses pengkomposan dicapai hingga 48 °C pada minggu ke 4 pada perlakuan ABE (kotoran ayam + Bonggol jagung + Em4), tetapi pada minggu ke 5 dan seterusnya, suhu pengkomposan turun hingga 32 °C. Perlakuan AEE (Eceng gondok) mengalami kenaikan suhu pada minggu ke 4 hingga minggu ke lima (48 °C) kemudian turun memasuki minggu ke 6. Secara keseluruhan, proses kenaikan suhu selama pengkomposan berjalan optimal pada perlakuan EM4 dibandingkan perlakuan ragi kompos dan cacing. Hal ini menunjukkan perombakan karbon dan nitrogen berjalan lebih cepat dengan bantuan bakteri dan jamur pendekomposisi, dibanding ragi (jamur) maupun mesoorganisme cacing. Pada perlakuan dekomposisi dengan sistem vermikompos tidak menaikkan suhu secara drastis, berkisar pada suhu 28 °C hingga 30 °C.

Tabel 1 merupakan hasil analisis karbon dan nitrogen dari bahan segar yang dikomposkan. Seluruh

bahan segar menunjukkan rasio C/N yang tinggi. dekomposisi bertujuan menurunkan rasio C/N hingga dibawah 20. Syarat mutu kompos dari sampah organik domestik menurut SNI 19-7030-2004 memiliki rasio C/N 10-20.

Nisbah E4/E6 ditetapkan berdasarkan warna ekstrak kompos di dalam spektro *UV-VIS* pada puncak serapan 400 nm dan 600 nm. Kisaran nisbah E4/E6 dari semua kompos pada minggu ke 6 dan minggu ke 12 memiliki nilai rerata 3-4, hal ini mengindikasikan adanya asam humat dan senyawa lain yang memiliki berat molekul tinggi (Tan, 2008).

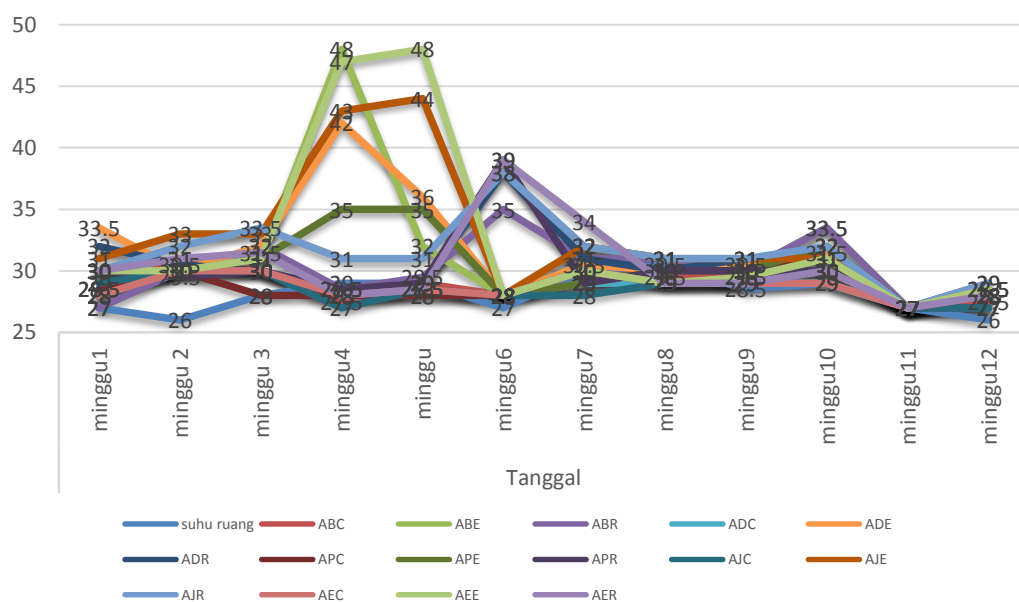
Nisbah E4/E6 pada AJC (Ayam-Jerami-Cacing), APC (Ayam-Pisang-Cacing) dan AEE (Ayam-Eceng-Em4) menunjukkan nilai dibawah 3. Nilai nisbah E4/E6 yang rendah menunjukkan tataran kodensasi senyawa karbon aromatik dan tataran humifikasi bahan humus yang tinggi . Diduga Perlakuan vermikompos diduga lebih mengarah pada pembentukan struktur aromatis.

Bahan organik dengan C/N rasio lebih dari 60, mengalami perombakan oleh mikroorganisme tanah (dekomposer) dengan memanfaatkan nitrogen yang ada dalam bahan organik dan nitrogen bebas dari udara sebagai sumber energi kemudian melepaskan energi (panas) dan CO₂ ke udara. Setelah lebih kurang 4 sampai 6 minggu bahan makanan dekomposer (C-organik) berkurang, maka terjadi proses mineralisasi dengan melepaskan kembali unsur N ke dalam tanah. Bahan organik dengan C/N ratio kurang dari 40, proses perombakan memerlukan waktu relatif cepat dibanding bahan organik laju dekomposisi pada bonggol pisang berjalan lebih lambat dari bahan segar lain, dilihat dari nilai rasio C/N diatas 40% untuk ketiga perlakuan.

Analisis Spektroskopi FTIR

FTIR digunakan untuk mengidentifikasi struktur material. Karena setiap tipe ikatan yang berbeda mempunyai sifat frekuensi vibrasi yang berbeda, dan bahkan meskipun tipe ikatan yang sama tetapi dalam dua senyawa yang berbeda (lingkungan yang sedikit berbeda) mempunyai sifat frekuensi vibrasi yang berbeda pula. Maka tidak ada dua molekul yang berbeda strukturnya akan mempunyai bentuk serapan inframerah atau spektrum inframerah yang tepat sama. Dengan melacak atau membandingkan spektral inframerah dari dua senyawa yang diperkirakan identik maka seseorang dapat menyatakan apakah kedua senyawa tersebut identik atau tidak. Jika puncak spectrum inframerah kedua senyawa tepat sama maka dalam banyak hal dua senyawa tersebut adalah identik (Sastrohamidjojo, 1992). Pengelompokan asam humat ekstrak kompos kotoran ayam dikelompokan berdasarkan perlakuan bahan segar. Didapat puncak serapan 3,450-3,300 cm^{-1} yang hampir muncul di semua pada asam humat kotoran ayam (Gambar 3).

Suhu Dekomposisi



Keterangan : Perlakuan

A = Kotoran Ayam ;

B = Bonggol jagung ; D = Durian ; P = bonggol Pisang ; J = bonggol Jagung E = Eceng Gondok

C = Cacing (Vermikompos) ; E = EM4 ; R = Ragi Kompos.

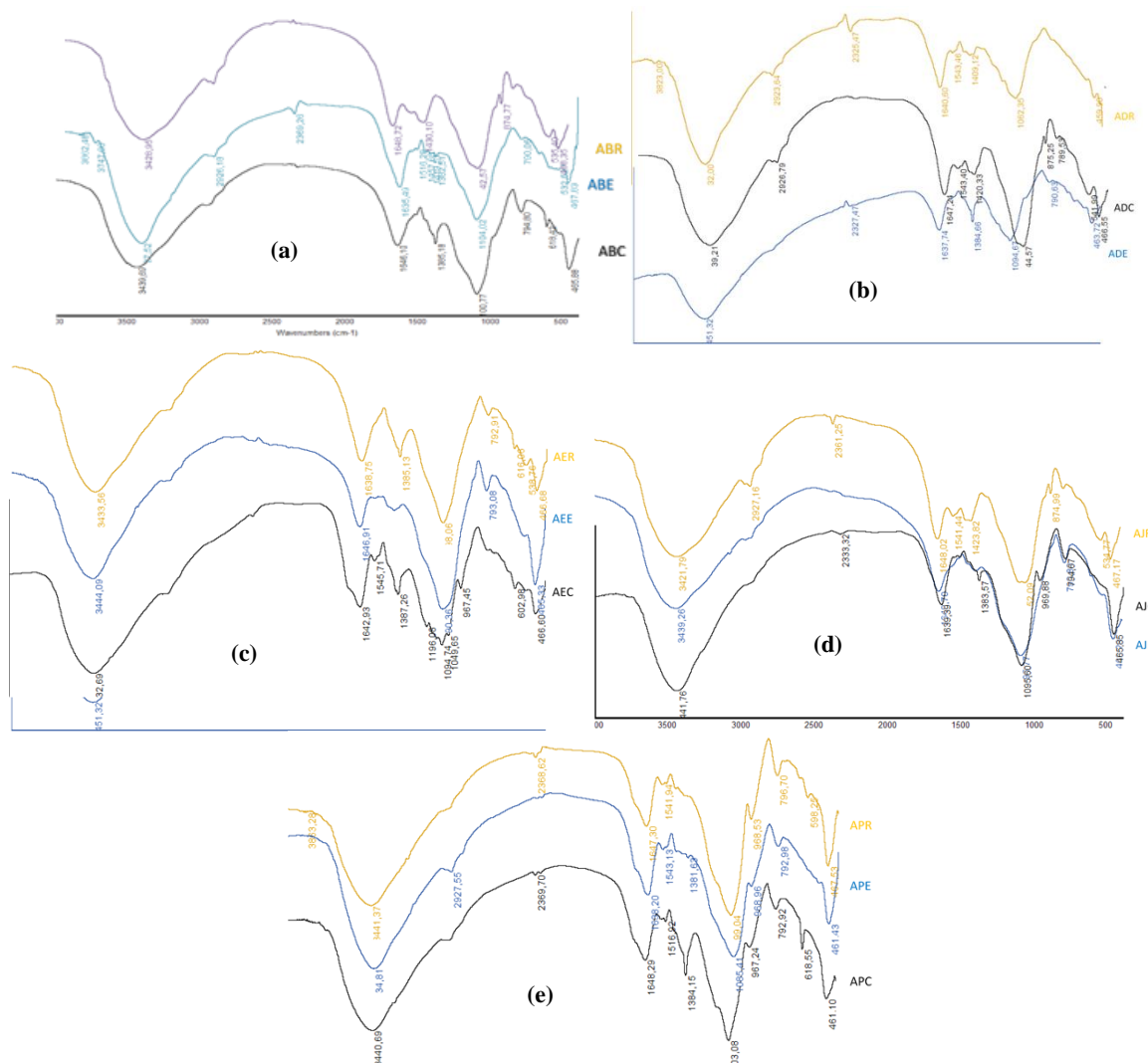
Gambar 1. Pengamatan suhu dekomposisi kompos

Tabel 1. Kandungan Karbon dan Nitrogen Bahan Segar

No	Bahan segar	C (karbon) %	N (nitrogen)%	Rasio C/N
1	Kot. ayam	40.9	1.5	27.26666667
2	Bonggol jagung	32.75	0.9	36.38888889
3	Eceng gondok	30.9	1.61	19.19254658
4	jerami	50.9	1.82	27.96703297
5	Kulit durian	56	2.21	25.33936652
6	Bonggol pisang	39.9	0.63	63.33333333

Tabel 2. Kandungan Karbon dan Nitrogen Bahan Segar

NO	Perlakuan	derajat humifikasi		C Organik	Bahan Organik	N total	rasio C/N
		minggu ke 6	minggu ke 12				
1	ABC	3.57	3.67	35.11	60.54	2.98	20.31
2	ABE	3.63	3.67	30.15	51.98	2.33	22.31
3	ABR	3.86	4.69	32.02	55.20	2.23	24.75
4	ADC	3.68	3.46	28.77	49.60	3.40	14.59
5	ADE	3.73	3.98	23.39	40.33	2.90	13.91
6	ADR	3.55	3.20	25.78	44.45	2.18	20.39
7	APC	2.29	2.90	43.10	74.31	1.42	52.33
8	APE	3.05	3.90	40.30	69.48	1.43	48.59
9	APR	3.53	3.89	41.03	70.74	1.32	53.59
10	AJC	2.52	3.93	41.35	71.29	2.76	25.83
11	AJE	3.70	4.60	34.21	58.98	2.12	27.82
12	AJR	3.66	3.70	39.26	67.69	2.15	31.48
13	AEC	3.50	3.90	43.05	74.22	3.20	23.20
14	AEE	2.64	4.23	41.21	71.05	2.98	23.84
15	AER	3.52	3.89	40.67	70.12	2.95	23.77



Gambar 3. Puncak Serapan Asam Humat: (a) Kotoran Ayam +Bonggol Jagung, (b) Kotoran Ayam +Durian, (c) Kotoran Ayam +Eceng Gondok, (d) Kotoran Ayam +Jerami, dan (e) Kotoran Ayam +Bonggol Pisang,

Puncak serapan 3,450-3,300 cm^{-1} yang muncul disemua perlakuan merupakan indikasi ikatan hidrogen grup OH, OH bebas, ikatan intermolekular OH, vibrasi ulur \square (O-H) dan atau vibrasi ulur N-H muncul disemua asam humat kompos, dengan nilai tertinggi AEE 3,444.009 cm^{-1} & luas area 40.526 %. Pergeseran dan melebarnya puncak vibrasi ulur -OH tersebut diduga sebagai akibat dari makin kompleksnya tipe ikatan hydrogen yang ada pada senyawa asam humat (Baes dan Bloom, 1989).

Puncak serapan kedua yang muncul di semua perlakuan yakni puncak 2980-2920 cm^{-1} , sebagai indikasi getaran C-H serapan lebih kuat pada getaran karboksil maupun karbognil. Puncak serapan ketiga yang muncul di semua perlakuan yakni puncak 1,660-1,630 cm^{-1} sebagai penanda adanya Vibrasi ulur $\text{C}=\text{O}$ dari grup amida (amida 1), kuinon $\text{C}=\text{O}$ dan/atau $\text{C}=\text{O}$ dari ikatan H . Pada ABR, peak bergeser pada 1,648.72 cm^{-1} , diduga sebagai Vibrasi ulur $\text{C}=\text{O}$ dari asam karboksilat, siklik dan asiklik aldehyd dan keton, kuinon 900-690 cm^{-1} sebagai penanda adanya C-H dari cincin aromatik menunjukkan ciri asam humat memiliki senyawa aromatik.

Puncak serapan keempat yang muncul di semua perlakuan 1,170-950 cm^{-1} merupakan penciri vibrasi ulur C-O dari polisakarida atau mirip substansi polisakarida, Si-O dari silikat. Polisakarida merupakan molekul karbohidrat

polimerik yang tersusun atas rantai monosakarida yang panjang dan terikat oleh ikatan glikosidik. bentuk jamak pada sel tumbuhan dan hewan

Puncak yang muncul disemua perlakuan diindikasikan sebagai penciri asam humat karena puncak tersebut yang muncul pada asam humat murni (Muzakky, 2003)

Pengelompokan gambar puncak serapan asam humat ekstrak kompos kotoran ayam dikelompokan berdasarkan perlakuan bahan segar, yang hasilnya menunjukkan pengaruh bahan segar memberikan lebar dan kedalaman puncak serapan yang hampir seragam untuk masing-masing perlakuan bahan segar. Hal ini mengindikasikan perbedaan bentuk asam humat dipengaruhi bahan pembentuknya.

SIMPULAN

Gugus fungsional yang menjadi penciri asam humat dari kompos kotoran ayam dengan beragam bahan tambahan dan biodekomposer yakni Puncak serapan 3,450 – 3,300 cm^{-1} , 2,980-2,920 cm^{-1} , 1,660-1,630 cm^{-1} dan 1,170-950 cm^{-1} .

Asam humat merupakan senyawa ekstraksi humus kompos dan kompleks. Komposisi asam humat yang

terindikasi di 15 jenis kompos yakni : C=C aromatik, H berikatan kuat dengan C=O dari konjugasi keton, Getaran vibrasi ulur C-C dari ikatan ganda pada komponen siklik dan asiklik, cincin benzena, substitusi (Lignin dan aromatik lain, atau karboksilat aromatik dan alifatik), polisakarida.

Pengkomposan model tong aerob terbukti efektif untuk kompos campuran limbah pertanian dengan feses ternak, dibuktikan dengan nilai derajat humifikasi yang rendah di semua perlakuan

Pengkomposan dengan EM4 paling efektif untuk meningkatkan laju dekomposisi bahan organik

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM Universitas Jenderal Soedirman yang telah membiayai penelitian skim dosen pemula ini, sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bai, H., M. Luo, S. Wei, Z. Jiang dan M. He. 2020. The vital function of humic acid with different molecular weight in controlling Cd and Pb bioavailability and toxicity to earthworm (*Eisenia fetida*) in soil. 2. *Journal of Cleaner Production*, 279.
- Kononova, M.M. 1975. *Soil Organik Matter*. Pergamon, London.
- Li, J., Y. Ding, K. Wang, N. Li, G. Qian, Y. Xu dan J. Zhang. 2020. Comparison of humic and fulvic acid on remediation of arsenic contaminated soil by electrokinetic technology. *Chemosphere*, 241(February 2020): 125038.
- Marlinawati, B. Yusuf dan Alimuddin. 2015. Pemanfaatan Arang Aktif Dari Kulit Durian (*Durio Zibethinus L.*) Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium (II). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(2015). P-ISSN 1693-5616
- Mirandaa, G.A. Portillo., *et al.* 2020. Humic substances reduce the erodibility of soils in mining areas. *Journal of Cleaner Production*, 279(2021): 123700.
- Purwanto, 1992. Laksana Humus dan Kompleks Al-/Fe-Andosol di Sepanjang Lereng Utara Gunung Slamet pada Beberapa Ketinggian Tempat. Tesis. Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Purwanto, B., *et al.* 2008. Kinetika Mineralisasi Nitrogen Untuk Mengestimasi Ketersediaan Nitrogen Pada Tanah-Tanah Gambut. Laporan Penelitian. UGM. Yogyakarta
- Rachmawati, S. 2020. Upaya Pengelolaan Lingkungan Usaha Peternakan Ayam. *Wartazoa*, 9(2).
- Yuwono, T. 2006, Kecepatan Dekomposisi dan kualitas Kompos Sampah Organik. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 4(2).