

PENGARUH LAMA FERMENTASI SPONTAN TERHADAP KARAKTERISTIK TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT FRAKSI SERAT CAMPURAN

Deivy Andhika Permata¹, Anwar Kasim², Alfi Asben², dan Yusniwati³

¹Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

²Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

³Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

Email: deivyandhikapermata@ae.unand.ac.id

ABSTRAK

Limbah agroindustri merupakan salah satu hal yang penting untuk dikelola, misalnya tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol dan *pulp*, dan untuk memperolehnya perlu praperlakuan (fermentasi). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh lama fermentasi spontan terhadap karakteristik komponen bukan lignoselulosa TKKS fraksi serat campuran. Desain penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 3 kali ulangan, data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji F dan jika berbedanya dilanjutkan dengan uji Duncan pada α 5%. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa lama fermentasi spontan berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar nitrogen, kadar fosfor dan kadar kalium TKKS fraksi serat campuran. Semakin lama proses fermentasi maka kecenderungan terjadi penurunan kadar lemak, kadar nitrogen, kadar fosfor dan kadar kalium yang ada pada TKKS.

Kata kunci-bukan lignoselulosa; dekomposisi; NPK; TKKS

PENDAHULUAN

Limbah agroindustri merupakan salah satu hal yang penting untuk dikelola, walaupun limbah tersebut tidak secara langsung mencemari lingkungan namun jika dibiarkan maka bahan organik yang terkandung dalam limbah tersebut dapat menjadi media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme pembusuk, sehingga akan mencemari lingkungan. Salah satu contoh limbah agroindustri adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS dihasilkan berkisar 22-24% dari total berat tandan buah segar (Arif, 2012). Pembuangan TKKS yang merupakan materi organik tanpa terkendali ke lahan di kebun sawit mengakibatkan tumpukan biomassa dalam jumlah yang sangat besar dan akan terjadi proses dekomposisi secara anaerobik atau proses pembusukan skala besar. Dari proses tersebut dihasilkan gas-gas yang mencemari atmosfer seperti gas CH₄, H₂S, NH₃, dan NO_x dan cairan lindi yang akan mencemari air tanah dan air permukaan. Secara global gas-gas tersebut berakibat pada efek rumah kaca, sedangkan secara lokal mengakibatkan bau dan mengganggu kesehatan manusia. Melihat potensi pencemarannya terhadap lingkungan maka limbah TKKS harus dikelola secara bijaksana.

Berbagai upaya dapat dilakukan untuk memanfaatkan TKKS, diantaranya sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol dan *pulp*, dimana untuk memperoleh bioetanol dan *pulp* terlebih dahulu dilakukan proses praperlakuan, yaitu melalui fermentasi menggunakan mikroorganisme. Pada proses pembuatan bioetanol, praperlakuan bertujuan untuk memperoleh sediaan selulosa yang selanjutnya akan dihidrolisis menjadi gula sederhana. Agar proses tersebut berjalan dengan baik keberadaan komponen kimia bukan lignoselulosa selama proses praperlakuan penting untuk diketahui. Keberadaan komponen ini akan mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam mengkonversi bahan organik. Pada proses pembuatan *pulp* praperlakuan bertujuan untuk menghilangkan lignin yang ada pada serat. Keberadaan komponen kimia bukan lignoselulosa tentunya tidak diharapkan, sehingga perlu diketahui kadar komponen kimia bukan lignoselulosa tersisa selama proses praperlakuan berlangsung.

Mikroorganisme yang digunakan untuk praperlakuan dapat diperoleh secara spontan dari bahan jika fermentasi dibiarkan berlangsung secara alamiah maupun penambahan mikroorganisme dari luar. Mikroorganisme dalam menjalankan aktivitasnya akan menguraikan nutrisi yang ada pada substrat TKKS tersebut. Swetachattr *et al.* (2019) mengemukakan keberadaan nitrogen, fosfor dan kalium akan mempengaruhi konversi bahan organik oleh mikroorganisme. Nitrogen digunakan untuk pembentukan asam nukleat dan asam-asam amino, kalium merupakan kofaktor enzim dan fosfor

berguna untuk sintesis asam nukleat, adenosine trifosfat (ATP), fosfolipid, dan senyawa yang mengandung fosfor lainnya. Hasil penelitian Amanillah (2011); Bachtiar dan Ahmad (2019); Irvan *et al.* (2019); Kusmiyarti (2013); Putro *et al.* (2016); Siburian (2006) menunjukkan bahwa selama proses fermentasi/biodelignifikasi terjadi perubahan kadar NPK di dalam bahan organik. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh lama fermentasi spontan terhadap karakteristik komponen bukan lignoselulosa TKKS fraksi serat campuran. TKKS fraksi serat campuran diperoleh melalui *defiberasi* dan fraksinasi TKKS, disamping itu juga diperoleh TKKS fraksi serat panjang. Penggunaan TKKS fraksi serat campuran sebagai bahan baku dalam proses fermentasi spontan didasari dari hasil pengamatan awal, bahwa jika TKKS fraksi serat campuran dibiarkan saja menumpuk di wadah tertutup maka akan terjadi peningkatan suhu, hal ini mengindikasikan adanya aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik yang ada.

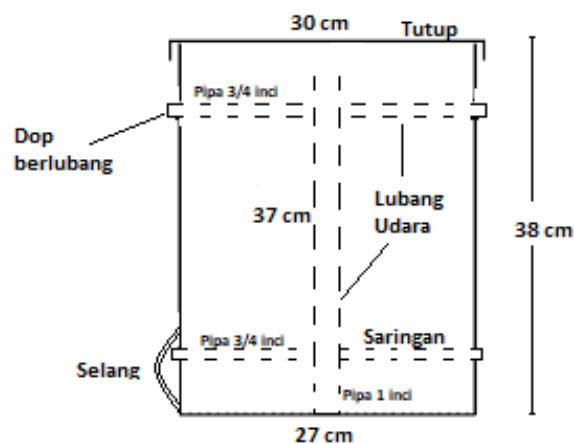
METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan, yaitu bioreaktor, alat pengurai serat, oven, tanur, sokhlet, Labu Kjeldhal, alat-alat gelas, desikator dan spektrofotometer. Bahan yang digunakan terdiri dari TKKS yang telah diekstrak minyaknya, heksan, larutan asam sulfat-salisilat, Natrium tiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, larutan asam borat 1%, larutan asam sulfat H_2SO_4 0,05 N, indikator Conway, Larutkan natrium hidroksida, air suling, pereaksi molibdovanadat, larutan standar fosfat, HClO_4 , HNO_3 , larutan $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 4%, larutan NaOH 20%, larutan formaldehid 37%, larutan natrium hidroksida 20%, indikator penolphtalien 0,1%, Natrium tetrafenilboron 1,5%, benzalkonium klorida 0,625% dan titan yellow 0,04% .

B. Pelaksanaan Penelitian dan Pengamatan

Sampel yang digunakan adalah TKKS yang diperoleh dari PT Perkebunan Nusantara VI, dimana sampel telah dilakukan ekstraksi minyaknya dengan cara pengempaan. TKKS yang diperoleh kemudian dilakukan proses defiberasi menggunakan mesin pengurai dan dilakukan fraksinasi, dari proses tersebut diperoleh TKKS fraksi serat panjang dan TKKS fraksi serat campuran. TKKS fraksi serat campuran digunakan sebagai bahan baku untuk proses fermentasi spontan. Sebelum dilakukan proses fermentasi spontan maka ditambahkan air untuk mencapai kadar air $\pm 60\%$. Fermentasi dilakukan dalam bioreaktor seperti Gambar 1. Kemudian sebanyak 4 kg TKKS fraksi serat campuran dimasukkan ke dalam bioreaktor, sampel dibiarkan terfermentasi dengan sendirinya tanpa ada penambahan nutrisi dari luar. Proses fermentasi ditandai dengan terbentuknya cairan lindi pada bagian bawah wadah bioreaktor. Berikutnya dilakukan pemisahan TKKS fraksi serat campuran yang telah difermentasi, kemudian dilakukan pengamatan yang meliputi kadar air (SNI 01-2891-1992), kadar abu (SNI 01-2891-1992), kadar lemak (SNI 01-2891-1992), kadar nitrogen (SNI 2803:2010), kadar forfor (SNI 2803:2010) dan kadar kalium (SNI 2803:2010).



Gambar 1. Bioreaktor yang Digunakan untuk Fermentasi Spontan TKKS

C. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), data dianalisis secara statistika dengan menggunakan uji F, jika hasil sidik ragam berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan *Duncan's New Multiple Range Test* pada taraf 5%. Adapun perlakuan dari penelitian ini sebagai berikut:

- Fermentasi Spontan pada hari ke 2 setelah lindi pertama kali menetes (A)
- Fermentasi Spontan pada hari ke 4 setelah lindi pertama kali menetes (B)
- Fermentasi Spontan pada hari ke 6 setelah lindi pertama kali menetes (C)
- Fermentasi Spontan pada hari ke 8 setelah lindi pertama kali menetes (D)
- Fermentasi Spontan pada hari ke 10 setelah lindi pertama kali menetes (E)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Fisik TKKS Fraksi Serat Campuran Selama Fermentasi Spontan

Selama proses fermentasi spontan berlangsung terjadi perubahan karakteristik fisik TKKS fraksi serat campuran seperti yang terlihat pada Gambar 2. Perubahan yang terjadi meliputi warna dan bau TKKS fraksi serat campuran.



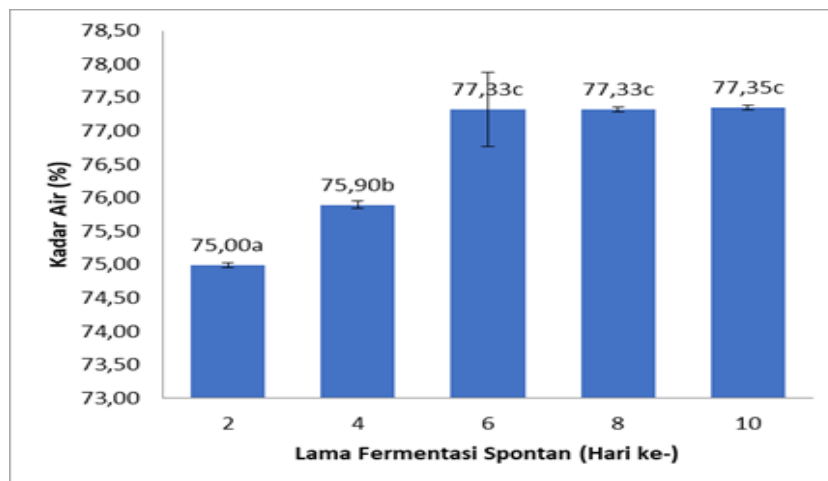
Gambar 2. Tampilan TKKS Fraksi Serat Campuran Selama Fermentasi Spontan (H-4: Awal proses dimulai, A: Fermentasi hari kedua setelah lindi pertama kali menetes, B: Fermentasi hari keempat setelah lindi pertama kali menetes, C: Fermentasi hari keenam setelah lindi pertama kali menetes, D: Fermentasi hari kedelapan setelah lindi pertama kali menetes, dan E: Fermentasi hari kesepuluh setelah lindi pertama kali menetes)

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada H-4 sampel masih berwarna seperti TKKS pada umumnya (kuning kecoklatan), namun lama kelamaan warna TKKS fraksi serat campuran mengalami perubahan menjadi coklat kehitaman. Sejalan dengan penelitian Aini dan Linda (2020) yang mengemukakan bahwa TKKS yang telah mengalami pengomposan akan mengalami perubahan warna menjadi kehitaman. Hal ini disebabkan karena berlangsungnya transformasi bahan organik dan pembentukan zat humus (Kusmiyarti, 2013). Bau yang ditimbulkan dari hasil fermentasi spontan TKKS fraksi serat campuran beragam, fermentasi hari kedua sampai keenam setelah lindi pertama kali menetes TKKS fraksi serat campuran menghasilkan bau yang asam, namun setelah fermentasi hari kedelapan dan kesepuluh mengalami perubahan menghasilkan bau khas tanah.

B. Karakteristik Kimia TKKS Fraksi Serat Campuran Selama Fermentasi Spontan

1. Kadar Air TKKS Fraksi Serat Campuran Selama Fermentasi Spontan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air TKKS fraksi serat campuran mengalami perubahan selama fermentasi spontan berlangsung. Adanya lama fermentasi yang berbeda memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air TKKS fraksi serat campuran (Gambar 3).

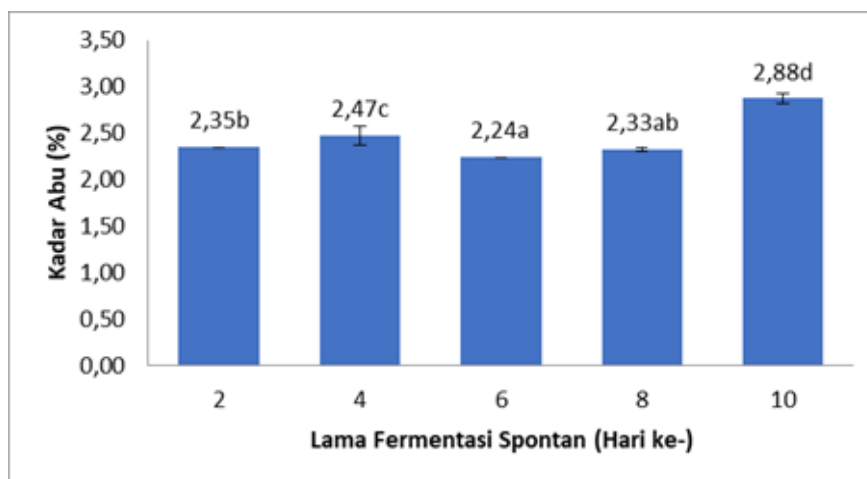


Gambar 3. Kadar Air TKKS Fraksi Serat Campuran dari Perbedaan Lama Fermentasi Spontan

Gambar 3 memperlihatkan bahwa semakin lama proses fermentasi spontan maka kadar air pada fraksi serat campuran semakin meningkat. Air yang terbentuk merupakan hasil metabolisme mikroorganisme dalam merombak bahan organik selama proses fermentasi spontan. Kadar air pada awal proses (H-4) sebesar 56,93% dan meningkat selama proses fermentasi spontan berlangsung. Pada proses fermentasi akan menghasilkan air sebagai hasil penguraian glukosa menjadi H_2O dan CO_2 oleh mikroorganisme. H_2O akan diserap oleh selulosa karena selulosa bersifat higroskopis. Kadar air yang diperoleh berkisar antara 75,00-77,35%. Peningkatan kadar air selama proses fermentasi sejalan dengan penelitian Putro *et al.* (2016) yang melakukan proses pengomposan daun dan campuran daun dan sayur.

2. Kadar Abu TKKS Fraksi Serat Campuran Selama Fermentasi Spontan

Kadar abu yang terdapat pada TKKS fraksi serat campuran hasil fermentasi menggambarkan keberadaan mineral pada fraksi serat campuran tersebut. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa lama fermentasi spontan berpengaruh nyata terhadap kadar abu TKKS fraksi serat campuran (Gambar 4).

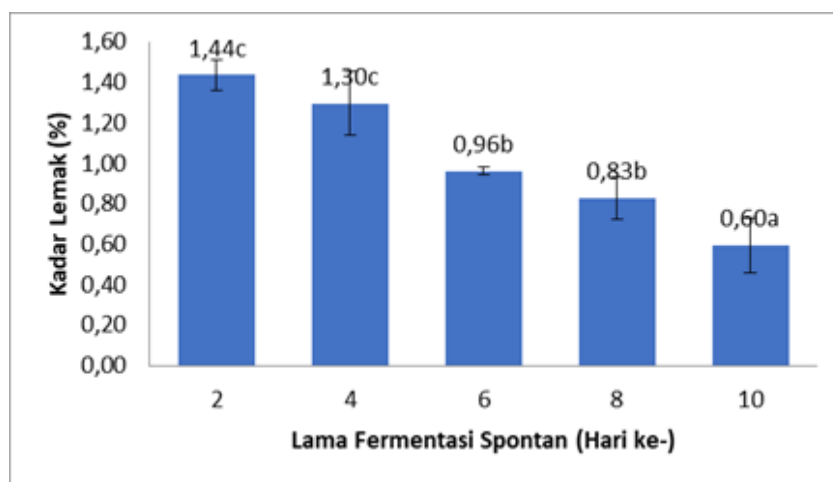


Gambar 4. Kadar Abu TKKS Fraksi Serat Campuran dari Perbedaan Lama Fermentasi Spontan

Gambar 4 memperlihatkan kadar abu selama fermentasi spontan TKKS fraksi serat campuran memiliki nilai yang fluktuatif. Pada hari keenam dan kedelapan setelah lindi terbentuk kadar abu yang terkandung pada TKKS fraksi serat campuran relative rendah, namun kembali meningkat pada hari kesepuluh setelah lindi terbentuk. Nilai kadar abu yang bersifat fluktuatif dipengaruhi oleh persentase keberadaan komponen lain seperti kadar air, kadar lemak dan kadar nitrogen. Kadar abu TKKS fraksi serat campuran selama proses fermentasi spontan berkisar antara 2,24-2,88%. Abu dari TKKS kaya akan logam seperti kalsium dan potasium disamping itu juga mengandung logam lainnya seperti khromium, zink, natrium, dan magnesium yang tersedia dalam jumlah yang cukup.

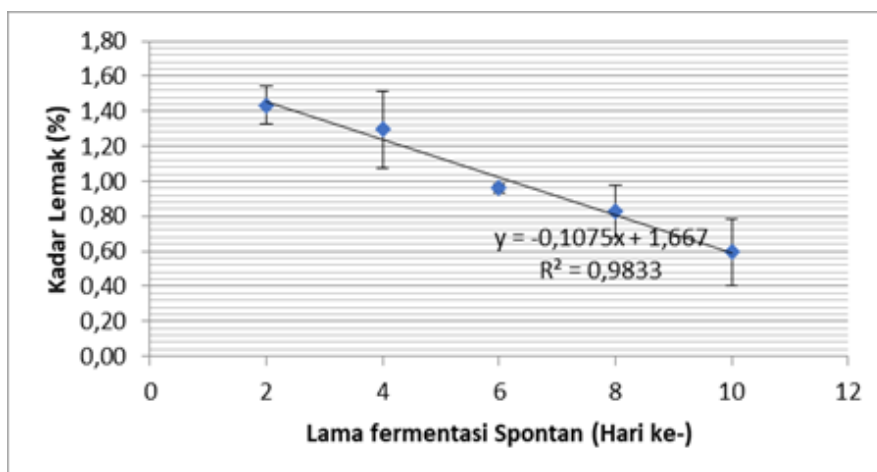
3. Kadar Lemak TKKS Fraksi Serat Campuran Selama Fermentasi Spontan

Analisis sidik ragam terhadap kadar lemak menunjukkan bahwa lama fermentasi spontan berpengaruh nyata terhadap kadar lemak TKKS fraksi serat campuran (Gambar 5). Kadar lemak pada TKKS fraksi serat campuran selama proses fermentasi spontan berkisar antara 0,60-1,44%.



Gambar 5. Kadar Lemak TKKS Fraksi Serat Campuran dari Perbedaan Lama Fermentasi Spontan

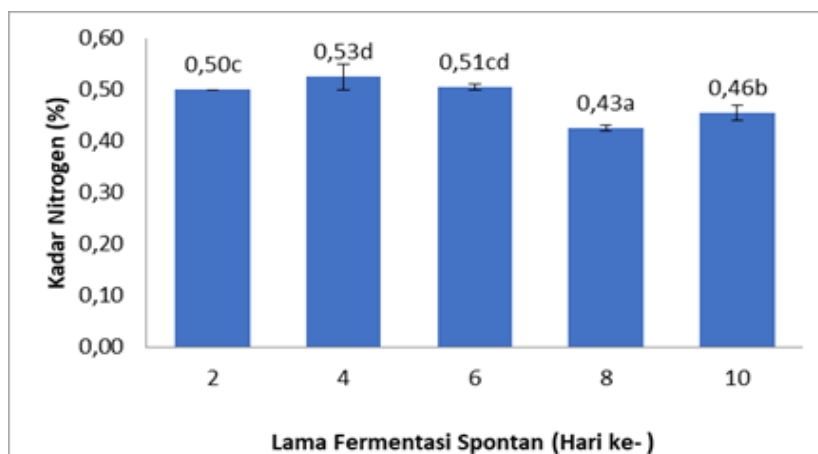
Selama proses fermentasi berlangsung dapat dilihat kecenderungan terjadi penurunan kadar lemak, hal ini diduga karna lemak digunakan sebagai sumber nutrisi oleh mikroorganismenya dalam menjalankan metabolismenya terutama mikroorganismenya yang bersifat lipolitik, semakin lama proses fermentasi maka semakin banyak lemak yang dirombak sebagai sumber energi. Berdasarkan analisis regresi dan korelasi terdapat hubungan yang erat antara lama fermentasi spontan dengan penurunan kadar lemak TKKS fraksi serat campuran. Hal ini terlihat dari nilai dari $R^2 = 0,9833$ dengan persamaan garis $y = -0,1075x + 1,667$ (Gambar 6).



Gambar 6. Hubungan Kadar Lemak TKKS Fraksi Serat Campuran dengan Perbedaan Lama Fermentasi Spontan

4. Kadar Nitrogen TKKS Fraksi Serat Campuran Selama Fermentasi Spontan

Prinsip penetapan kadar nitrogen pada TKKS fraksi serat campuran selama proses fermentasi spontan, yaitu nitrogen dalam sampel dihidrolisis menggunakan asam sulfat sehingga membentuk senyawa ammonium sulfat. Nitrat dengan asam salisilat membentuk nitrosalisilat, lalu direduksi dengan natrium tiosulfat membentuk senyawa ammonium. Senyawa ammonium disuling dalam suasana alkali, hasil sulingan asam borat ditampung. Setelah itu dititrasi menggunakan larutan asam sulfat sampai warna hijau berubah menjadi merah jambu. Hasil analisis sidik ragam terhadap kadar nitrogen menunjukkan bahwa perbedaan lama fermentasi spontan berpengaruh nyata terhadap kadar nitrogen TKKS fraksi serat campuran (Gambar 7).

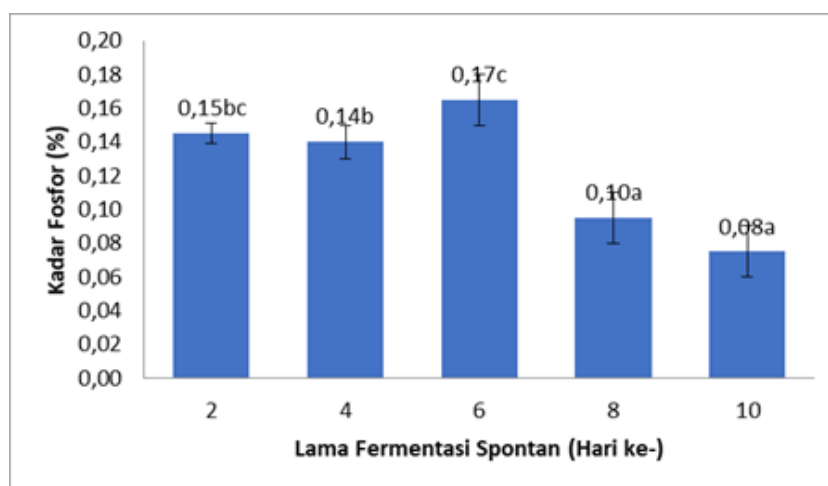


Gambar 7. Kadar Nitrogen TKKS Fraksi Serat Campuran dari Perbedaan Lama Fermentasi Spontan

Gambar 7 menunjukkan bahwa kadar nitrogen selama proses fermentasi mengalami nilai yang fluktuatif. Kadar nitrogen yang terkandung pada TKKS selama proses fermentasi berkisar antara 0,43-0,53%. Jika dibandingkan dengan bahan baku (0,38%) kadar nitrogen TKKS fraksi serat campuran mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena adanya nitrogen yang berasal dari protein pada membran sel mikroorganisme, dimana mikroorganisme tersebut membantu berlangsungnya proses fermentasi spontan. Kadar nitrogen tertinggi diperoleh pada hari keempat setelah lindi pertama kali menetes, namun semakin lama fermentasi spontan kadar nitrogen kembali menurun. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Imsya *et al.* (2014) dimana biodegradasi pelepah nipah pada hari ke 10 terjadi peningkatan kadar nitrogen dan kembali menurun setelah 15 hari fermentasi. Peningkatan kandungan nitrogen disebabkan oleh penurunan bahan organik tanpa nitrogen seperti serat kasar selama proses fermentasi dan penurunan kadar nitrogen diakibatkan adanya aktivitas mikroorganisme dalam memanfaatkan protein untuk aktivitas hidupnya. Siburian (2006), juga mengemukakan adanya mikroorganisme sebagai agen pendekomposisi bahan organik akan menguraikan protein yang ada menjadi asam amino yang dikenal dengan proses aminasi, kemudian asam amino mengalami proses amonifikasi menjadi amonia (NH_3) dan amonium (NH_4). Setelah itu amonia (NH_3) akan diubah menjadi nitrit (NO_2^-) dan kemudian diubah menjadi nitrat (NO_3^-) yang merupakan bentuk N yang lebih stabil. Berkurangnya kandungan nitrogen selama fermentasi spontan disebabkan karena pengaruh metabolisme sel yang mengakibatkan nitrogen terasimilasi dan hilang melalui volatilisasi (hilang di udara bebas) sebagai amoniak.

5. Kadar Fosfor TKKS Fraksi Serat Campuran Selama Fermentasi Spontan

Penetapan kadar fosfor total pada sampel merupakan kadar fosfor total sebagai P_2O_5 . Kadar P_2O_5 ditentukan dengan metode kolorimetri, ortofosfat yang terlarut direaksikan dengan ammonium molibdatvanadat membentuk senyawa kompleks molibdovanadat asam fosfat yang berwarna kuning. Kadar fosfor TKKS fraksi serat campuran selama fermentasi spontan berkisar 0,08-0,17%. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa lama fermentasi spontan berpengaruh nyata terhadap kadar fosfor TKKS fraksi serat campuran (Gambar 8).

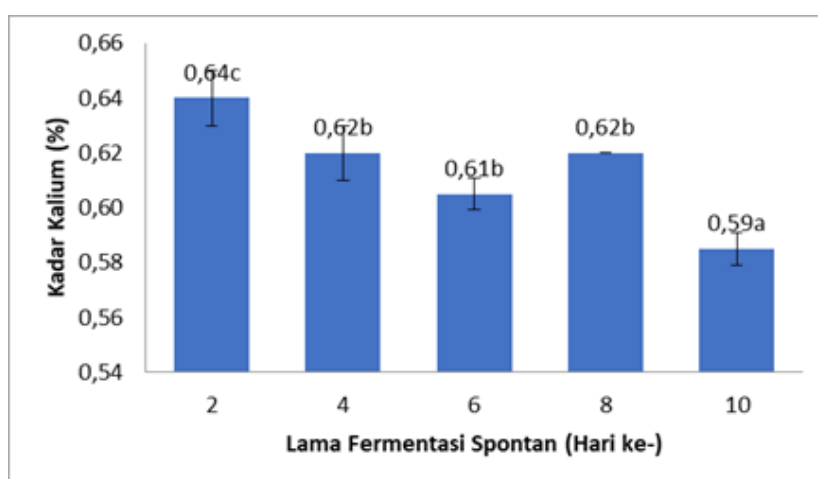


Gambar 8. Kadar Fosfor TKKS Fraksi Serat Campuran dari Perbedaan Lama Fermentasi Spontan

Gambar 8 memperlihatkan kadar fosfor TKKS fraksi serat campuran cenderung mengalami penurunan selama proses fermentasi. Penurunan kadar fosfor diduga dikarenakan dengan semakin lama waktu fermentasi maka TKKS fraksi serat campuran akan kehilangan sebagian unsur haranya (fosfor) sebagai akibat dari P yang tersedia dikonsumsi oleh mikroorganisme selama proses fermentasi. Disamping itu $\text{Ca}(\text{HPO}_4)$ yang dihasilkan dari transformasi fosfor organik memiliki sifat larut dalam air terbawa pada cairan lindi selama proses fermentasi spontan berlangsung. Pada prinsipnya secara biokimia fosfor organik akan ditransformasi menjadi H_3PO_3 yang selanjutnya ditransformasi menjadi $\text{Ca}(\text{HPO}_4)$ (Saraswati *et al.*, 2006). Jika dibandingkan dengan penelitian Bachtiar dan Ahmad (2019) hasil penelitian ini masih rendah yaitu sebesar 0,23%, namun lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh Irvan *et al.* (2019) sebesar 0,091% yang sama-sama menggunakan TKKS.

6. Kadar Kalium TKKS Fraksi Serat Campuran Selama Fermentasi Spontan

Kalium yang diperoleh dari hasil analisis merupakan kalium sebagai K_2O . Kalium bereaksi dengan natrium tetrafenilborat dalam suasana basa lemah dan membentuk endapan kalium tetrafenilborat, kelebihan natrium tetrafenilborat dititar dengan benzalkonium klorida. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa lama fermentasi spontan berpengaruh nyata terhadap kadar kalium TKKS fraksi serat campuran (Gambar 9).



Gambar 9. Kadar Kalium TKKS Fraksi Serat Campuran dari Perbedaan Lama Fermentasi Spontan

Gambar 9 menunjukkan semakin lama proses fermentasi maka kandungan kalium TKKS fraksi serat campuran cenderung mengalami penurunan. Amanillah (2011) mengemukakan bahwa kalium merupakan senyawa yang dihasilkan dari aktivitas metabolisme mikroorganisme, dimana

mikroorganisme menggunakan ion-ion K⁺ bebas yang ada untuk keperluan metabolisme. Penurunan kadar kalium diduga adanya kalium yang terbawa bersama cairan lindi selama proses fermentasi spontan berlangsung. Kandungan kalium selama proses fermentasi berkisar antara 0,59-0,64%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa lama fermentasi spontan berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar nitrogen, kadar fosfor dan kadar kalium TKKS fraksi serat campuran. Semakin lama proses fermentasi maka kecenderungan terjadi penurunan kandungan nutrisi (lemak, nitrogen, fosfor dan kalium) yang ada pada TKKS.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui hibah penelitian disertasi doktor berdasarkan Surat Keputusan No. 123/SP2H/AMD/LT/DRPM/2020 dan Perjanjian/Kontrak No. T/6/UN.16.17/PT.01.03/P DD-Pangan, peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada Universitas Andalas yang telah memberikan dukungan fasilitas untuk kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, D. N., & Linda, T. M. 2020. Efficacy of Cellulolytic Bacteria Consortium for Composting Oil Palm Empty Bunches Containing Phytonutrients. *Jurnal Natur Indonesia*, 18(1), 12–19. doi:10.31258/jnat.18.1.12-19
- Amanillah, Z. I. 2011. Pengaruh Konsentrasi Em 4 pada Fermentasi Urin Sapi Terhadap Konsentrasi N,P, dan K. Universitas Brawijaya.
- Arif, Z. 2012. Respon Parking Bumper Bahan Komposit Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Beban Tekan Statik Dan Dinamik (Simulasi Numerik). Universitas Sumatera Utara.
- Bachtiar, B., & Ahmad, A. H. 2019. Analisis Kandungan Hara Kompos Johar Cassia siamea Dengan Penambahan Aktivator Promi. *Bioma: Jurnal Biologi Makasr*, 4(1), 68–76.
- Imsya, A., Laconi, E. B., Wiryawan, K. G., & Widyastuti, Y. 2014. Biodegradasi Lignoselulosa dengan *Phanerochaete chrysosporium* terhadap Perubahan Nilai Gizi Pelepah Sawit. *Jurnal Peternakan Sriwijaya*, 3(2), 12–19.
- Irvan, Rahman, M., Anwar, D., Trisakti, B., & Daimon, H. 2019. Production of Compost From Non-Shredded Empty Fruit Bunches Mixed With Activated Liquid Organic Fertilizer in Tower Composter. *Malaysian Journal of Analytical Science*, 23(1), 138–146. doi:10.17576/mjas-2019-2301-17
- Kusmiyarti, T. B. 2013. Kualitas Kompos dari Berbagai Kombinasi Bahan Baku Limbah Organik. *Agrotrop J. Agric. Sci*, 3, 83–92.
- Putro, B. P., Samudro, G., & Nugraha, W. D. 2016. Pengaruh Penambahan Pupuk NPK Dalam pengomposan Sampah Organik Secara Aerobik Menjadi Kompos Matang dan Stabil Diperkaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2), 1–10.
- Saraswati, R., Santosa, E., & Yuniarti, E. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. In R. D. M. Simanungkalit, D. A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, & W. Hartatik (Eds.), *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati* (pp. 141–158). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Siburian. 2006. Pengaruh Waktu Inkubasi EM4 Terhadap Kualitas Kimia Pupuk. Universitas Cendana.
- Swetachattr, F. P., Gafiera, I. N., & Hardjono. 2019. Pengaruh Penambahan Nutrisi NPK dalam Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Proses Fermentasi. *Jurnal Teknologi Separasi*, 5(2), 184–188.