

## PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN PENUNJANG DARI KELAPA SAWIT PADA *PALM OIL MILL EFFLUENT* UNTUK PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR

Dya Herman, Sekar Ayusetyowati\*, Mustafa, Ibnu Eka Rahayu  
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda

\*Corresponding author.  
Email: [sekarayu@polnes.ac.id](mailto:sekarayu@polnes.ac.id)

---

### Abstrak

Pupuk organik cair berasal dari hewan atau tumbuhan yang difermentasi dan berbentuk cair. Pupuk organik cair dapat meningkatkan unsur hara tanah karena mengandung unsur hara tanaman seperti fosfor, nitrogen, dan kalium. POME adalah limbah cair yang dihasilkan dari pembuatan minyak sawit dari kelapa sawit. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan pelepah kelapa sawit merupakan sumber bahan organik yang kaya akan unsur hara N, P, K, dan Mg. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu TKKS maupun pelepah kelapa sawit pada pembuatan pupuk organik cair menggunakan limbah cair industri kelapa sawit dengan menggunakan MOL TKKS serta difermentasikan selama 13 hari. Dalam penelitian ini menggunakan penambahan bahan penunjang abu TKKS dan serat pelepah kelapa sawit dengan variasi sebanyak 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% (w/v). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu TKKS maupun serat pelepah kelapa sawit mampu meningkatkan kandungan N, P, dan K dibandingkan kondisi awal. Kandungan nitrogen tertinggi diperoleh pada penambahan serat pelepah kelapa sawit sebesar 5% yaitu 0,1204% (b/v). Kandungan fosfor tertinggi diperoleh pada penambahan abu TKKS sebesar 9% yaitu 0,0733% (b/v), namun kedua nilai tersebut belum memenuhi standar SNI 19-7030-2004. Sementara itu, kandungan kalium tertinggi diperoleh pada penambahan abu TKKS sebesar 7% yaitu 0,8898% (b/v), yang telah memenuhi standar SNI 19-7030-2004. Dengan demikian, penambahan abu TKKS dan serat pelepah kelapa sawit berpengaruh terhadap peningkatan kualitas POC, khususnya dalam meningkatkan kandungan unsur hara kalium.

**Kata kunci :** Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit, *Palm Oil Mill Effluent*, Pupuk Organik Cair

### Abstract

*Liquid organic fertilizer comes from fermented animals or plants and is in liquid form. Liquid organic fertilizer can increase soil nutrients because it contains plant nutrients such as phosphorus, nitrogen, and potassium. POME is a liquid waste produced from the manufacture of palm oil from oil palm. Empty Oil Palm Fruit Bunches (OPEFB) and oil palm fronds are sources of organic material rich in nutrients N, P, K, and Mg. This study aims to determine the effect of adding OPEFB ash and oil palm fronds in the manufacture of liquid organic fertilizer using liquid waste from the palm oil industry using MOL OPEFB and fermented for 13 days. In this study, the addition of supporting materials OPEFB ash and oil palm frond fiber with variations of 1%, 3%, 5%, 7% and 9% (w/v). The results showed that the addition of OPEFB ash and oil palm frond fiber was able to increase the content of N, P, and K compared to the initial conditions. The highest nitrogen content was obtained with the addition of 5% oil palm frond fiber, namely 0.1204% (w/v). The highest phosphorus content was obtained with the addition of 9% OPEFB ash, namely 0.0733% (w/v), but both values did not meet the SNI 19-7030-2004 standard. Meanwhile, the highest potassium content was obtained with the addition of 7% OPEFB ash, namely 0.8898% (w/v), which has met the SNI 19-7030-2004 standard. Thus, the addition of OPEFB ash and oil palm frond fiber has an effect on improving the quality of POC, especially in increasing the potassium nutrient content.*

**Keywords :** ash from empty oil palm bunches, *Palm Oil Mill Effluent*, *Liquid Organic Fertilizer*

## **Pendahuluan**

Pengolahan kelapa sawit menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Perkebunan kelapa sawit menghasilkan limbah padat kelapa sawit seperti, limbah cangkang, Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) , sabut, pelepah dan daun sawit. Sedangkan limbah cair yaitu *Palm Oil Mill Effluent* (POME) atau biasa disebut Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS). Limbah limbah tersebut cenderung dibiarkan begitu saja tanpa ada pengolahan lebih lanjut dan berpotensi untuk merusak lingkungan bila tidak dikelola dengan baik. (Anggraini dkk 2022).

Sementara LCPKS atau POME adalah limbah cair yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit, limbah tandan kosong kelapa sawit hanya digunakan untuk dibakar dan ditimbun dalam incinerator. Jika kedua limbah ini dikelola dengan baik, limbah industri kelapa sawit memiliki potensi yang sangat besar untuk meningkatkan nilai tambah limbah. Bisa digunakan sebagai bahan baku untuk pupuk organik cair.

Pupuk organik cair adalah jenis pupuk yang bahan utamanya berasal dari tumbuhan atau hewan yang difermentasi dan dihasilkan dalam bentuk cair. Pupuk organik cair mengandung berbagai zat yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, seperti unsur hara tanaman, fosfor, nitrogen, dan kalium, serta memiliki kemampuan untuk meningkatkan unsur hara tanah. Pupuk organik cair adalah salah satu bahan yang sangat penting untuk meningkatkan kesuburan tanah secara aman dalam artian probiotik.

Pupuk organik harus terlebih dahulu melalui proses fermentasi. Ada kemungkinan fermentasi terjadi karena aktivitas mikroorganisme pada bahan organik yang sesuai, yang dapat menyebabkan perubahan komposisi (Andriani dkk., 2023). Aktivitas mikroorganisme, baik aerobik maupun anaerobik, dikenal sebagai fermentasi. Salah satu bioaktivator yang dapat digunakan pada pembuatan pupuk organik cair yaitu Mikro Organisme Lokal (MOL). MOL adalah mikroorganisme yang secara alami ditemukan dan berkembang di suatu wilayah atau lingkungan tertentu. Mereka berperan dalam mendekomposisi dan daur ulang nutrisi serta dapat digunakan dalam pengolahan limbah dan pertanian. Mekanisme kerjanya diawali dengan fase adaptasi, di mana mikroorganisme menyesuaikan diri dengan substrat seperti POME, TKKS, dan pelepah kelapa sawit. Selanjutnya, pada fase pertumbuhan eksponensial, mikroba menghasilkan

enzim-enzim ekstraseluler seperti selulase, hemiselulase, ligninase, amilase, dan protease yang berfungsi menguraikan senyawa kompleks (selulosa, hemiselulosa, lignin, pati, dan protein) menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Secara kimia, hasil hidrolisis berupa monomer seperti glukosa, asam amino, dan asam lemak kemudian dimetabolisme melalui jalur biokimia, terutama glikolisis. Glukosa diubah menjadi piruvat, yang selanjutnya difermentasi menjadi berbagai produk seperti asam organik (asam laktat, asam asetat), etanol, serta gas seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Pembentukan asam-asam organik ini menyebabkan penurunan pH lingkungan, yang membantu melarutkan mineral dan meningkatkan ketersediaan unsur hara.

## Metode

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Dasar Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda. Penelitian ini dilakukan dari bulan Oktober sampai dengan November 2024. Pembuatan Mikroorganisme Lokal membutuhkan waktu 18 hari, sedangkan untuk pupuk cair memerlukan waktu 13 hari. Fermentasi dilakukan secara anaerob dalam wadah tertutup untuk menciptakan kondisi tanpa oksigen, sehingga mikroorganisme dari MOL dapat menguraikan bahan organik secara optimal. Proses berlangsung dalam tiga tahap, yaitu fase awal (adaptasi mikroba), fase aktif (penguraian intensif yang menghasilkan asam organik dan gas), dan fase akhir (stabilisasi). Suhu dijaga pada kisaran  $25\text{--}35^\circ\text{C}$  dengan menempatkan wadah di tempat teduh agar aktivitas mikroba tetap optimal. Sementara itu, pH yang awalnya netral akan menurun menjadi sekitar 4–6 akibat pembentukan asam organik.

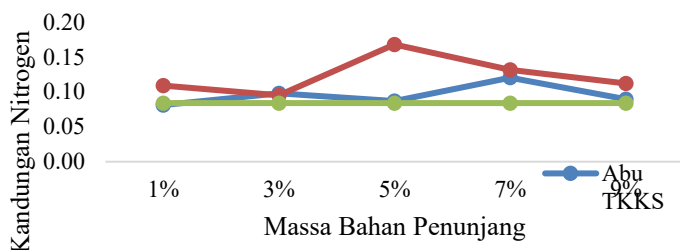
Bahan pembuatan pupuk organik cair yaitu limbah cair kelapa sawit, abu tkks, serat pelepah kelapa sawit, MOL TKKS. Abu tkks mengandung unsur hara yaitu  $\text{K}_2\text{O}$  sebanyak 35,0–47,0%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  2,3–3,5%,  $\text{MgO}$  4,0–6,0%, dan  $\text{CaO}$  4,0–6,0%. Pelepah sawit mengandung 2,4–2,8% nitrogen, 0,15–0,18 phosphor, 0,90–1,20% kalium dan 0,25–0,4% unsur Magnesium serta unsur hara lainnya. Variabel tetap yaitu limbah cair sebanyak 500 mL, volume MOL sebanyak 60 mL dan molase sebanyak 150 mL. Variabel berubah penambahan bahan penunjang 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% dan variabel respon uji kadar nitrogen, fosfor, kalium dan pH. Limbah cair dimasukkan ke dalam wadah kemudian ditambahkan bahan penunjang, lalu dimasukkan MOL TKKS

kemudian difermentasi selama 13 hari. Setelah difermentasi diperoleh pupuk organik cair. Kemudian analisa kandungan Nitrogen (N), Phosfor (P), Kalium (K) dan pH.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Analisis Nitrogen

Pengaruh penambahan abu TKKS dan serat pelepah kelapa sawit terhadap kadar nitrogen dapat dilihat pada **Gambar 4.1** sebagai berikut.



Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Pengaruh Penambahan Bahan Penunjang terhadap Kadar Nitrogen

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat kadar nitrogen yang dihasilkan pada pembuatan POC dari limbah cair industri kelapa sawit yang dibuat melalui proses fermentasi dengan penambahan bahan penunjang abu TKKS maupun serat pelepah kelapa sawit. Baik dengan penambahan abu TKKS maupun serat pelepah kelapa sawit, keduanya mengalami peningkatan kadar nitrogen setelah proses fermentasi. Hal ini membuktikan bahwa penambahan abu TKKS maupun serat pelepah kelapa sawit pada pembuatan POC dengan menggunakan MOL TKKS dapat menaikkan kadar nitrogen.

Pada grafik dapat dilihat bahwa kadar nitrogen pada POC dengan penambahan Abu TKKS 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% berturut – turut adalah 0,0812; 0,098; 0,0868; 0,1204 dan 0,0896% (w/v). Pada penambahan abu TKKS menghasilkan grafik yang fluktuatif seiring dengan penambahan abu TKKS. Hal ini disebabkan abu TKKS hanya mengandung sedikit unsur hara N di dalamnya. Dapat dilihat dari gambar tersebut penambahan abu TKKS pada proses fermentasi berpengaruh terhadap peningkatan

kadar nitrogen dibandingkan kondisi awal tanpa diberi perlakuan walaupun perubahannya tidak signifikan. Abu TKKS mengandung unsur hara N dan P yang cukup rendah (Tyasno, 2019).

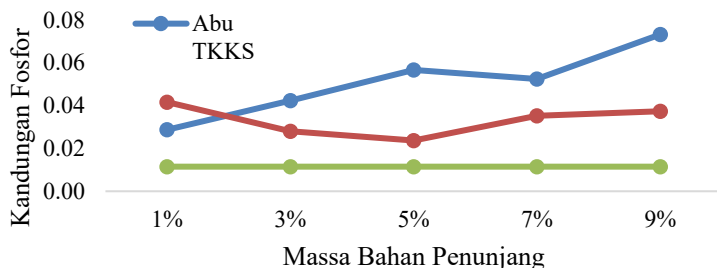
Sementara itu, pada penambahan serat pelepah kelapa sawit 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% berturut – turut adalah 0,1092; 0,0952; 0,1680; 0,1316 dan 0,112% (w/v). Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa kandungan nitrogen pada penambahan 7% serat pelepah kelapa sawit mengalami penurunan setelah kondisi optimum. Hal ini diduga bahwa rendahnya kandungan hara yang ditemukan karena proses pengomposan yang kurang optimal dimana selama pengomposan tutup botol sering terbuka sehingga proses fermentasi berjalan lambat. (Footer, 2014 dalam Saragih dkk,2019).

Jika dibandingkan antara penambahan abu TKKS dengan serat pelepah kelapa sawit, perolehan kadar nitrogen tertinggi diperoleh pada penambahan serat pelepah kelapa sawit sebanyak 5% dengan perolehan nitrogen sebesar 0,1680. Hal ini dikarenakan serat pelepah kelapa sawit mengandung nitrogen yang lebih tinggi. Kandungan unsur hara pada pelepah kelapa sawit yaitu N 2,6 - 2,9 % (Event Adviadri Sinaga dkk, 2015). Sedangkan pada abu TKKS tidak memiliki banyak kandungan nitrogen di dalamnya hanya sebesar 1,5 % (Pratama dkk, 2023).

Namun hasil nitrogen pada penelitian ini belum memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 19-7030-2004) yaitu sebesar 0,40. Rendahnya kandungan nitrogen tersebut ditandai dengan penumpukan gas di dalam botol pada saat fermentasi, sehingga ketika dilakukan pembukaan tutup botol akan mengakibatkan sebagian nitrogen hilang dalam bentuk gas amonia ( $\text{NH}_3$ ) yang menguap ke udara (Hendrawati, 2017).

### **Hasil Analisis Fosfor**

Pengaruh penambahan abu TKKS dan serat pelepah kelapa sawit terhadap kadar fosfor dapat dilihat pada **Gambar 4.2** sebagai berikut.



Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Pengaruh Penambahan Bahan Penunjang terhadap Kadar Fosfor

Berdasarkan Gambar 4.2 baik dengan penambahan abu TKKS maupun serat pelelah kelapa sawit, keduanya mengalami peningkatan kadar fosfor setelah proses fermentasi pada pembuatan POC. Hal ini membuktikan bahwa penambahan abu TKKS maupun serat pelelah kelapa sawit pada pembuatan POC dengan menggunakan MOL TKKS dapat menaikkan kadar fosfor.

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa kadar fosfor yang didapatkan pada penambahan abu TKKS 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% berturut - turut adalah 0,0288; 0,0424; 0,0568; 0,0525 dan 0,0733% (w/v). Kandungan fosfor meningkat berbanding lurus seiring dengan penambahan abu TKKS, yakni semakin banyak abu TKKS yang ditambahkan maka semakin tinggi kandungan fosfor yang didapatkan karena dalam abu TKKS memiliki kandungan 7%  $P_2O_5$  (Akmal, 2018).

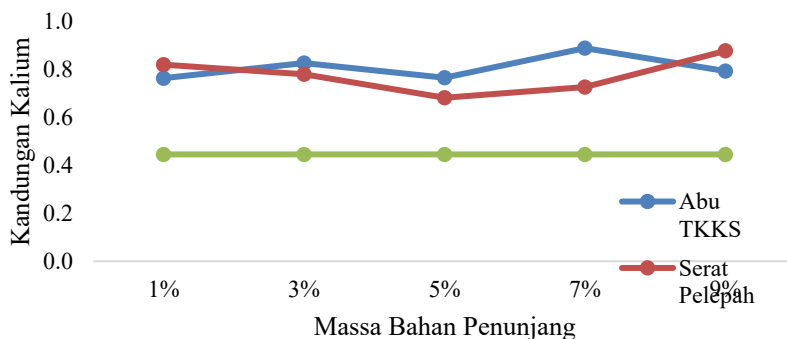
Sementara itu, pada penambahan serat pelelah kelapa sawit 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% berturut - turut adalah 0,0417; 0,0280; 0,0237; 0,0352 dan 0,0374% (w/v). Pada penambahan serat pelelah kelapa sawit 1% terjadi kenaikan kandungan fosfor selama proses fermentasi. Namun seiring bertambahnya % berat pelelah kelapa sawit, kadar fosfor cenderung menurun. Hal ini diduga karena bakteri yang terkandung dalam MOL TKKS belum mampu memecah senyawa organik yang terkandung di dalam pelelah kelapa sawit. Selain itu, rendahnya kadar fosfor yang terbentuk setelah proses fermentasi disebabkan karena pelelah kelapa sawit hanya mengandung fosfor berkisar 0,15-0,18 % (Sunarti dkk, 2017).

Berbeda dengan kadar nitrogen yang memiliki kandungan tertinggi pada penambahan serat pelepah kelapa sawit, kadar fosfor terbaik yang terkandung di dalam POC justru didapatkan pada penambahan abu TKKS. Kandungan abu TKKS lebih banyak mengandung fosfor dibandingkan serat pelepah kelapa sawit. Perolehan kadar fosfor tertinggi diperoleh pada penambahan abu TKKS sebanyak 9% dengan perolehan fosfor sebesar 0,0733% (w/v).

Namun hasil fosfor tersebut juga belum sesuai dengan SNI 19-7030-2004 yaitu sebesar 0,10%. Karena cadangan makanan bakteri pengurai yang digunakan selama proses fermentasi telah habis bereaksi, kandungan fosfor menjadi rendah. Ini juga karena bakteri pengurai telah mencapai tahap pertumbuhan maksimum mereka (fase stationer yang akan mengalami fase kematian) sebelum batas waktu.

### Hasil Analisis Kalium

Pengaruh penambahan abu TKKS dan serat pelepah kelapa sawit terhadap kadar kalium dapat dilihat pada **Gambar 4.3** sebagai berikut.



Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Pengaruh Penambahan Bahan Penunjang terhadap Kadar Kalium

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat kandungan kalium yang dihasilkan pada pembuatan POC baik dengan penambahan abu TKKS maupun serat pelepah kelapa sawit, keduanya mengalami peningkatan selama proses fermentasi. Hal ini membuktikan

bahwa pembuatan POC menggunakan MOL TKKS dengan penambahan abu TKKS maupun serat pelepah kelapa sawit dapat meningkatkan kadar kalium.

Pada grafik dapat dilihat bahwa kandungan kalium pada variasi penambahan abu TKKS 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% mL berturut – turut adalah 0,7645; 0,8278; 0,7657; 0,8898 dan 0,7938% (w/v). Pada penelitian ini mengandung kalium yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Aisyah (2024) yang memperoleh kadar kalium tertinggi sebesar 0,48% (w/v). Kadar kalium tertinggi pada penelitian ini didapatkan dengan penambahan abu 7% sebesar 0,8898 % (w/v). Kandungan unsur hara kalium yang meningkat pada pupuk dikarenakan penambahan bahan penunjang berupa abu TKKS mengandung unsur hara kalium tinggi. Didalam abu tandan kosong kelapa sawit, unsur hara didominasi oleh unsur K. Kadar K yang terdapat pada abu tandan kosong kelapa sawit cukup besar. Ketetapan kandungan K Parameter kandungan K. Ketetapan kandungan K berdasarkan analisa Haryoko, (2008) dalam Pratama (2020) dalam 100g abu tandan kosong sawit didapatkan K sebesar 36, 75 %.

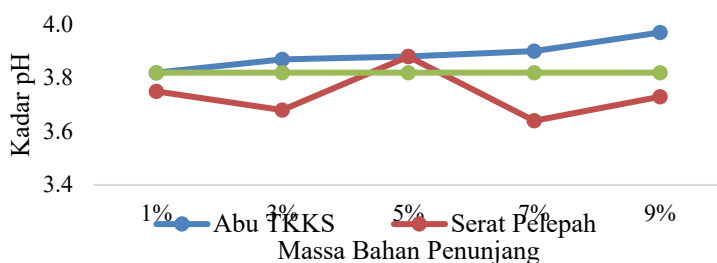
Sementara itu, pada penambahan serat pelepah kelapa sawit 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% mL berturut turut adalah 0,8207; 0,7809; 0,6826; 0,7270 dan 0,8781% (w/v). Pada penambahan serat pelepah kelapa sawit kadar kalium juga cenderung meningkat dibandingkan dengan kondisi awal. Kandungan unsur hara kalium pada pelepah kelapa sawit, yaitu sebesar 1,1- 1,3 % (Sakiah dkk., 2019).

Pada penelitian ini baik dengan penambahan abu TKKS maupun serat pelepah kelapa sawit keduanya mengalami kenaikan dibandingkan kondisi awal. Sukmadewi dkk. (2022), menyatakan bahwa beberapa bakteri yang terkandung di dalam MOL TKKS dilaporkan mampu melarutkan kalium, seperti bakteri *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Bacillus mucilaginosus*, *Bacillus edaphicus*, *Bacillus circulans* dan *Paenibacillus sp.* Hal ini membuktikan bahwa MOL TKKS cocok digunakan sebagai Bioaktivator alami dalam pembuatan POC dengan penambahan abu TKKS maupun serat pelepah kelapa sawit.

Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan kalium dalam pupuk organik cair pada penelitian ini sudah memenuhi SNI 19-7030-2004 dengan kadar perbandingan sebesar 0,20%.

### Hasil Analisis Kadar pH

Pengaruh penambahan abu TKKS dan serat pelepah kelapa sawit terhadap kadar fosfor dapat dilihat pada **Gambar 4.4** sebagai berikut.



Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Pengaruh Penambahan Bahan Penunjang terhadap pH

Pada Gambar 4.4 menunjukkan kadar pH yang dihasilkan pada pembuatan POC dengan penambahan abu TKKS mengalami peningkatan selama proses fermentasi. Sedangkan dengan penambahan serat pelepah kelapa sawit justru menurunkan kadar pH dari kondisi awal. Hal ini membuktikan bahwa pembuatan POC menggunakan Bioaktivator alami MOL TKKS dengan penambahan abu TKKS dapat meningkatkan kadar pH dan sebaliknya dengan penambahan serat pelepah kelapa sawit menurunkan kadar pH pada POC.

Dari grafik menunjukkan bahwa kadar pH dengan penambahan abu TKKS sebesar 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% berturut-turut adalah 3,82; 3,87; 3,88; 3,90 dan 3,97. Pada penambahan abu TKKS kadar pH cenderung meningkat berbanding lurus dengan massa penambahan abu TKKS. Limbah organik mampu menetralisasi dengan tersedianya basa-basa (Na dan K). Abu TKKS memiliki nilai pH relatif tinggi sehingga

berpotensi sebagai bahan pembenah kemasaman tanah (Darnoko dkk, 1993 dalam Syamsiah, 2022).

Sementara itu POC dengan penambahan serat pelepah kelapa sawit 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% berturut-turut adalah 3,75; 3,68; 3,88; 3,64 dan 3,73. Dapat dilihat dari grafik bahwa penambahan serat pelepah kelapa sawit bahwa pH cenderung menurun dibandingkan dengan kondisi awal. Menurut Putra dan Amran (2009) dalam Fadilah dkk (2018), Selain itu, fermentasi membuat mikroba menghasilkan asam organik, seperti asam malat, asam tartarat, asam sitrat, asam laktat, asam asetat, asam butirat, dan asam propionat, yang menurunkan pH medium.

Jika dibandingkan, penambahan abu TKKS lebih baik daripada penambahan serat pelepah kelapa sawit. Dengan penambahan serat pelepah kelapa sawit belum mampu menaikkan kadar pH dari kondisi awal. Berbeda dengan abu TKKS yang mengalami kenaikan kadar pH dari kondisi awal, pada pelepah kelapa sawit cenderung menurunkan pH karena tidak ada kandungan NA dan K didalamnya.

Dengan penambahan abu TKKS maupun serat pelepah kelapa sawit belum memenuhi SNI 19-7030-2004 yang berkisar 6,8-7,49. Pemenuhan nilai pH agar sesuai dengan SNI dapat dilakukan dengan menambahkan bahan – bahan tertentu. Jika pH terlalu asam dapat disesuaikan dengan menambahkan kapur yaitu kalsium karbonat atau kalsium hidroksida (Amelia dkk, 2017). Namun pada penelitian ini tidak dilakukan bufferisasi atau penyesuaian pH lanjutan untuk mengamati hasil alami dari fermentasi oleh MOL tanpa intervensi tambahan, sehingga perubahan pH mencerminkan aktivitas mikroorganisme secara nyata.

## **Kesimpulan**

Pengaruh penambahan abu TKKS maupun serat pelepah kelapa sawit pada kandungan N, P dan K sama – sama meningkat dibandingkan kondisi awal. Kandungan N terbaik didapatkan pada penambahan serat pelepah kelapa sawit 5 % sebesar 0,1204% (w/v), sedangkan kandungan P terbaik didapatkan pada penambahan abu TKKS 9% sebesar 0,0733% (w/v), Namun keduanya belum sesuai dengan SNI 19-7030-2004. Kandungan

K terbaik yaitu pada POC dengan penambahan abu TKKS 7% sebesar 0,8898 % (w/v), kandungan tersebut telah memenuhi SNI 19-7030-2004.

## Daftar Referensi

- Aisyah, cici nur. (2024). *Pengaruh Penambahan Mikro Organisme Lokal Nasi Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Palm Oil Mill Effluent Untuk Menghasilkan Pupuk Organik Cair*.
- Andriani, L., Kurniawan, E., Jalaluddin, J., Meriatna, M., & Ishak, I. (2023). Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Proses Fermentasi Dengan Penambahan Abu Tandan Kosong Dan Fiber. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 2(5), 14. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i5.6238>
- Anggraini, F. J., Yanova, S., Laura, W. C. H., & Rodhiyah, Z. (2022). Pemanfaatan Limbah Pelepah dan Daun Sawit Menjadi Briket di Desa Muaro Sebapo, Muaro Jambi. *Seminar Nasional AVoER XIV*, 1–7. <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/avoer/article/view/1308%0Ahttp://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/avoer/article/download/1308/800>
- Bimo, R. H. (2020). *Teknologi Fermentasi Pangan Tradisional dan Produk Olahannya*.
- Fitriani, Kurniawan, E., & Jalaluddin. (2021). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Sebagai Pupuk Organik Cair Dengan Penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*, 1(1), 115–121.
- Pratama, A., Umran, I., & Hayati, R. (2023). Pengaruh Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Abu Cangkang Kerang Terhadap Serapan Unsur Fosfor dan Produksi Tanaman Jagung Manis di Tanah Ultisols. *Perkebunan Dan Lahan Tropika*, 13(2), 65. <https://doi.org/10.26418/plt.v13i2.80744>
- Zainudin, Z.-, Kesumaningwati, R.-, & Nugrahini, T. (2020). Kompos Pelepah Kelapa Sawit dengan Bioaktivator Mol Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit untuk Perbaikan

VOL 8 NO 1 BULAN 04 TAHUN 2026  
DOI : 10.25299/jrec.2026.vol8(1).21650

Sifat Kimia Tanah Lahan Sub Optimal. *Ziraa'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 45(1), 54.  
<https://doi.org/10.31602/zmip.v45i1.2535>