



**PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KELAPA SAWIT
SEBAGAI PUPUK ORGANIK CAIR
DENGAN PENAMBAHAN SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

Eddy Kurniawan*, Rozanna Dewi, Rouzatul Jannah

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355
Korespondensi: HP: 08126965724, e-mail: edi.kurniawan@unimal.ac.id

Abstrak

Pupuk organik cair adalah pupuk yang bahan dasarnya berasal dari hewan atau tumbuhan yang sudah mengalami fermentasi dan bentuk produknya berupa cairan. Pupuk organik cair mengandung unsur hara makro seperti, fosfor, nitrogen, kalium dan unsur hara mikro lainnya yang dibutuhkan oleh tanaman serta dapat memperbaiki unsur hara dalam tanah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisa kandungan nitrogen, fosfor dan kalium dalam pupuk organik cair yang terbuat dari bahan baku limbah cair industri kelapa sawit dengan penambahan serat tandan kosong kelapa sawit. Salah satu pembuatan pupuk organik cair melalui teknik fermentasi. Dalam hal ini digunakan bioaktivator EM-4 effective microorganismes dan lima variasi penggunaan volume EM4 dengan penambahan serat tandan kosong kelapa sawit. Variasi perbandingan EM4 (ml) dengan massa serat tandan kosong kelapa sawit (gram) adalah 20:10, 30:15, 40:20, 50:25, 60:30 dan difermentasikan selama 9, 11 dan 13 hari. Hasil penelitian dari perbandingan volume EM4 dengan massa serat tandan kosong kelapa sawit adalah pada perbandingan 60:30 dengan kandungan unsur hara nitrogen 2,47% fosfor 3,14% dan kalium 2,29% pada hari ke 13. Nilai kecepatan maksimum enzimatis tertinggi (V_{max}) diperoleh pada hari fermentasi ke 13 yaitu 1,17 ml/jam dan nilai K_m yang tertinggi yaitu 1518,8 pada waktu fermentasi 13 hari.

Kata kunci: Pupuk Organik Cair, Limbah Cair Kelapa Sawit, Nitrogen, Fosfor, Kalium

1. Pendahuluan

Pupuk organik cair merupakan pupuk yang bahan dasarnya berasal dari hewan atau tumbuhan yang sudah mengalami fermentasi dan bentuk produknya berupa cairan. Kandungan bahan kimia di dalamnya maksimum 5%. Pupuk organik cair berisi berbagai zat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman.

Pupuk organik cair mengandung unsur hara, fosfor, nitrogen, dan kalium yang dibutuhkan oleh tanaman serta dapat memperbaiki unsur hara dalam tanah. Pupuk organik cair merupakan salah satu bahan yang sangat penting dalam upaya memperbaiki kesuburan tanah secara aman, dalam arti produk pertanian yang dihasilkan terbebas dari bahan-bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan manusia sehingga aman dikonsumsi (Kurniawan, 2017).

Pada penelitian (Sosanty, 2014) pembuatan pupuk organik cair dari limbah cair kelapa sawit dengan campuran molase, ragi dan *effective microorganism* EM4). Diperoleh hasil uji dari kandungan pupuk cair adalah nitrogen 0,14%, fosfor 0,05% dan kalium 0,07%. Kelebihan pupuk organik cair dari limbah cair kelapa sawit adalah mempunyai jumlah kandungan nitrogen, fosfor, kalium dan air lebih banyak, mengandung zat perangsang tumbuh dan mempunyai bau yang khas yang dapat mencegah datangnya berbagai hama tanaman.

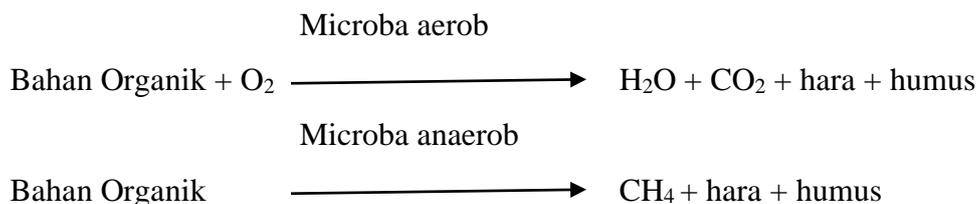
Serat dari tandan kosong kelapa sawit banyak dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Pada penelitian (Warsito, 2016) pembuatan pupuk organik dari tandan kosong kelapa sawit dengan proses fermentasi menggunakan EM4 diperoleh kandungan nitrogen sebesar 2,003% dan fosfor sebesar 0,107%. Kelebihan menggunakan pupuk organik dari tandan kosong kelapa sawit adalah tinggi akan unsur hara, ramah lingkungan dan bahan bakunya mudah didapat. Oleh karena itu, penulis termotivasi untuk memanfaatkan dua limbah industri kelapa sawit ini yang kaya akan unsur hara untuk dijadikan pupuk organik cair, yaitu limbah cair industri kelapa sawit ditambah serat tandan kosong kelapa sawit dengan proses fermentasi menggunakan *Effective Microorganism* EM4.

Unsur nitrogen merupakan salah satu unsur penyusun protein sebagai pembentuk jaringan dalam makhluk hidup, dan di dalam tanah unsur N sangat menentukan pertumbuhan tanaman. Nitrogen memegang peranan penting sebagai penyusun klorofil, yang menjadikan daun berwarna hijau. Tanaman yang kaya nitrogen akan memperlihatkan warna daun kuning pucat sampai hijau kemerahan, sedangkan jika kelebihan unsur nitrogen akan berwarna hijau kelam (Kurniawan, 2017). Unsur P merupakan salah satu unsur hara makro primer sehingga diperlukan tanaman dalam jumlah banyak untuk tumbuh dan

berproduksi. Konsentrasi unsur P dalam tanaman berkisar antara 0,1-0,5% lebih rendah daripada unsur N dan K. Kalium (K) berperan dalam pembentukan protein dan karbohidrat, pengerasan bagian kayu dari tanaman, peningkatan kualitas biji dan buah serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit (Rina, 2015).

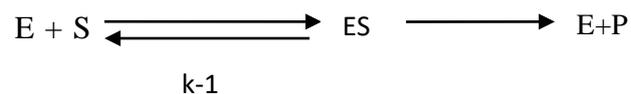
Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) atau palm oil mill effluent (POME) merupakan salah satu jenis limbah organik agroindustri berupa air, minyak dan padatan organik yang berasal dari hasil samping proses pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit untuk menghasilkan crude palm oil (CPO). Limbah cair pabrik kelapa sawit yang dapat digunakan untuk land application adalah limbah cair yang sudah diolah sedemikian rupa sehingga kadar BOD-nya berkisar antara 3.500 mg/l sampai 5.000 mg/l. Dengan komposisi yang cukup kaya akan unsur hara (N, P dan K), maka limbah cair tersebut mempunyai potensi yang baik untuk menggantikan peran pupuk anorganik. Dengan pemanfaatan limbah cair tersebut untuk keperluan pemupukan, maka dengan sendirinya jumlah limbah cair yang masih harus diolah juga akan berkurang. Jadi land application akan mengurangi beban biaya dan waktu untuk pengolahan limbah. Pemanfaatan limbah cair dengan land application dapat menurunkan biaya pengolahan limbah sekitar 50%– 60% (Rahardjo, 2006).

Fermentasi merupakan proses yang dilakukan oleh mikroorganisme baik aerob maupun anaerob yang mampu mengubah atau mentransformasikan senyawa kimia kompleks menjadi lebih sederhana. Hal ini bertujuan untuk mempercepat penyerapan nutrisi pada tanaman. Prinsip dari fermentasi ini adalah bahan organik yang dihancurkan oleh mikroba dalam kisaran temperature dan suhu tertentu. Reaksi fermentasi pupuk organik adalah sebagai berikut:



Effective Microorganism 4 (EM4) merupakan campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan. Jumlah mikroorganisme fermentasi di dalam EM4 sangat banyak, sekitar 80 jenis. Mikroorganisme tersebut dipilih yang dapat bekerja secara efektif dalam menfermentasikan bahan organik. Dari sekian banyak mikroorganisme, ada lima golongan yang pokok yaitu bakteri fotosintetik, *Lactobacillus* sp, *Streptomyces* sp, ragi (yeast), dan actinomycetes.

Kinetika reaksi enzimatik dapat digunakan untuk menentukan kadar enzim. Kinetika reaksi enzimatik dapat diukur dengan mengukur jumlah substrat yang diubah atau produk yang dihasilkan per satuan waktu, dan pada suatu waktu yang sangat pendek, atau pada satu titik tertentu pada grafik disebut kecepatan sesaat (*instantaneous velocity*). Suatu labu berisi enzim (E) dan substrat (S) pada konsentrasi tertentu. Pada reaksi kinetika enzimatik ini terdapat suatu sistem tertutup dan selama terjadi reaksi antara keduanya akan terjadi penurunan konsentrasi substrat dan peningkatan konsentrasi produk. Reaksi enzimatik tersebut dapat dilukiskan sebagai berikut.

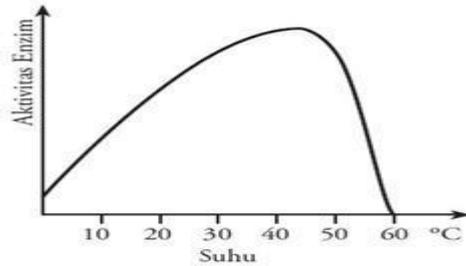


Keterangan

- [E_t] : konsentrasi total enzim
- [ES] : konsentrasi kompleks enzim-substrat
- [E] : konsentrasi enzim bebas
- [S] : konsentrasi substrat
- V_{maks} : Kecepatan maksimum enzimatik
- K_m : Konstanta Michaelis-Menten

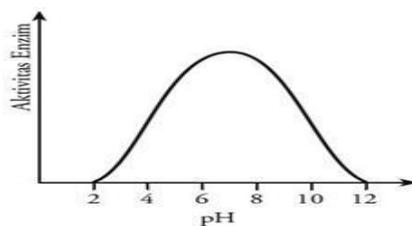
Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi fungsi enzim diantaranya adalah (suhu, pH, konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, aktivator dan inhibitor). Sebagian besar enzim pada manusia mempunyai suhu optimal yang mendekati

suhub tubuh ($35^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$). Pada suhu tinggi ($>50^{\circ}\text{C}$), enzim dapat rusak dan pada suhu rendah (0°C), enzim menjadi tidak aktif. Suhu yang tidak sesuai tersebut akan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk sisi aktif enzim. Sifat enzim yang tidak tahan panas atau dapat berubah karena pengaruh suhu ini disebut termolabil.



Gambar 1 Pengaruh suhu terhadap fungsi enzim

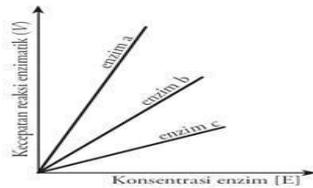
Enzim dapat bekerja optimal pada pH netral ($\text{pH} = 7$), pH basa, atau pH asam tergantung pada jenis enzim masing-masing. Enzim pencerna protein misalnya, mempunyai pH paling optimal 1-2, sedangkan enzim pencernaan yang lain mempunyai pH optimal 8. Pada pH tertentu, enzim dapat mengubah substrat menjadi hasil akhir. Kemudian, apabila pH tersebut diubah, enzim dapat mengubah kembali hasil akhir menjadi substrat. Pengaruh pH terhadap fungsi enzim dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2 Pengaruh pH terhadap fungsi enzim

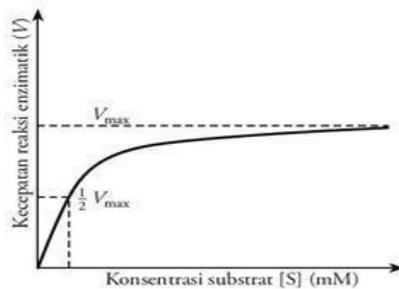
Kadar enzim yang tinggi akan mempengaruhi kecepatan reaksi secara linier (kecepatan bertambah konstan). Dapat dikatakan bahwa hubungan antara konsentrasi enzim dengan kecepatan reaksi enzimatis berbanding lurus. Kecepatan reaksi suatu enzim satu dengan yang lain berbeda-beda meskipun mempunyai konsentrasi enzim yang sama. Konsentrasi enzim yang sangat tinggi dalam suatu

sistem yang kompleks akan berpengaruh terhadap terhadap kecepatan reaksi. Pengaruh konsentrasi enzim terhadap fungsi enzim dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 3 Pengaruh konsentrasi enzim terhadap fungsi enzim

Pada konsentrasi substrat yang rendah, kenaikan substrat akan meningkatkan kecepatan reaksi enzimatik hampir secara linier. Jika konsentrasi substrat tinggi, maka peningkatan kecepatan reaksi enzimatik akan semakin menurun sejalan dengan peningkatan jumlah substratnya. Kecepatan maksimum (v_{maks}) reaksi enzimatik ditunjukkan dengan garis mendatar yang menggambarkan peningkatan kecepatan yang rendah seiring penambahan konsentrasi substrat. Pengaruh konsentrasi substrat terhadap fungsi enzim dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 4 Pengaruh konsentrasi substrat terhadap fungsi enzim

2. Bahan dan Metode

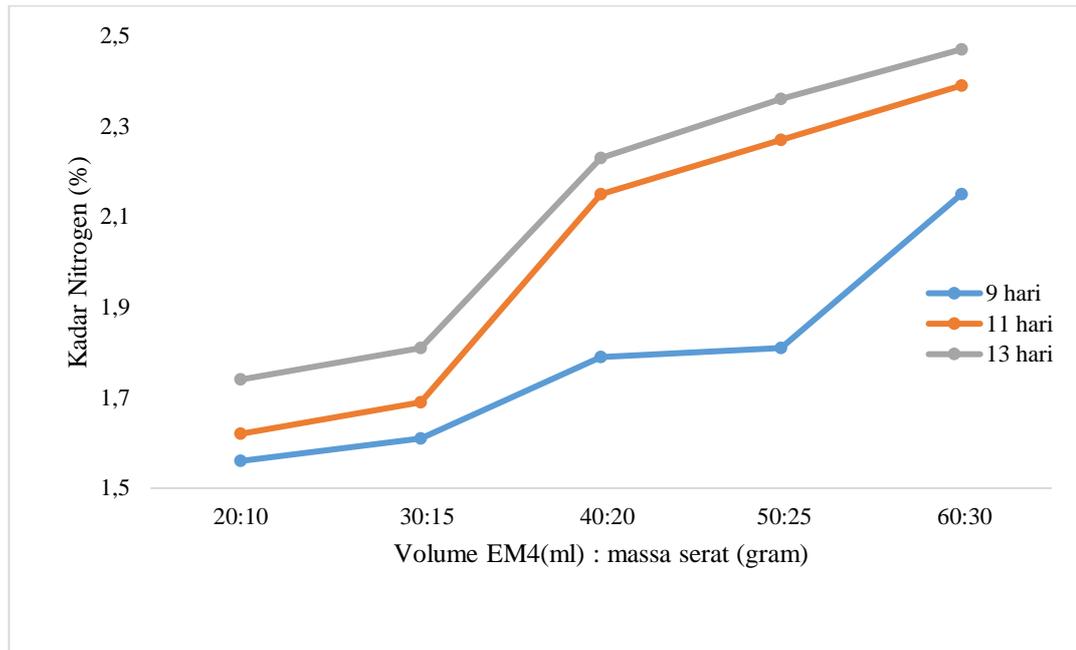
Bahan pembuatan pupuk organik cair yaitu Limbah cair kelapa sawit 1000 ml, Serat tandan kosong kelapa sawit, EM-4 *Effective Microorganismes* Fermentasi selama 9, 11 dan 13 hari. Setelah diperoleh pupuk organik organik cair, penentuan kandungan Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K) dan pH.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Pengaruh Perbandingan Volume EM4 dengan Massa Serat Terhadap Kandungan Nitrogen

Pengaruh Volume EM4 Terhadap Kandungan Nitrogen dilihat pada gambar 5 dibawah ini. pengaruh volume EM4 terhadap %Nitrogen yang didapat, dengan memvariasikan penggunaan volume *effective mikroorganisme* (EM-4) pada proses fermentasi yang dilakukan. Dimana kadar Nitrogen terendah yang diperoleh terdapat pada volume EM4 20 ml pada waktu fermentasi 9 hari yaitu 1,56 %. Hal ini disebabkan karena dalam waktu fermentasi 9 hari terjadi pertumbuhan mikroorganisme fase awal yang merupakan periode adaptasi yakni sejak inokulasi pada medium dilakukan, selama fase awal ini massa sel dapat berubah tanpa adanya perubahan jumlah sel yang terlalu signifikan. Hal ini dapat berpengaruh terhadap tanaman, karena bila kekurangan kadar nitrogen tumbuhan dapat menyebabkan daun kerdil, daun tampak kekuning-kuningan dan sistem perakaran yang terbatas (Esther, 2009).

Pada waktu fermentasi 11 dan 13 hari dengan volume EM4 20 ml yaitu 1,62 dan 1,7 % meskipun volume EM4 yang diberikan sama yaitu 20 ml tetapi kadar nitrogen yang didapat semakin meningkat. Hasil nitrogen yang paling tinggi diperoleh yaitu pada hari ke 13 hari pada volume EM4 60 ml yaitu 2,47%. Menurut Anwar (1999), dalam EM-4 terdapat jenis bakteri *Lactobacillus* sp. yang berperan dalam perombakan bahan organik menjadi unsur sederhana dan (Wididana dan Muntoyah, 1999; Ritonga et al, 1999). Bakteri *Lactobacillus* sp. di dalam EM-4 memutus ikatan senyawa lain yang berikatan dengan Nitrogen sehingga unsur Nitrogen menjadi terlepas dan dapat meningkatkan persentase Nitrogen dalam pupuk organik cair.

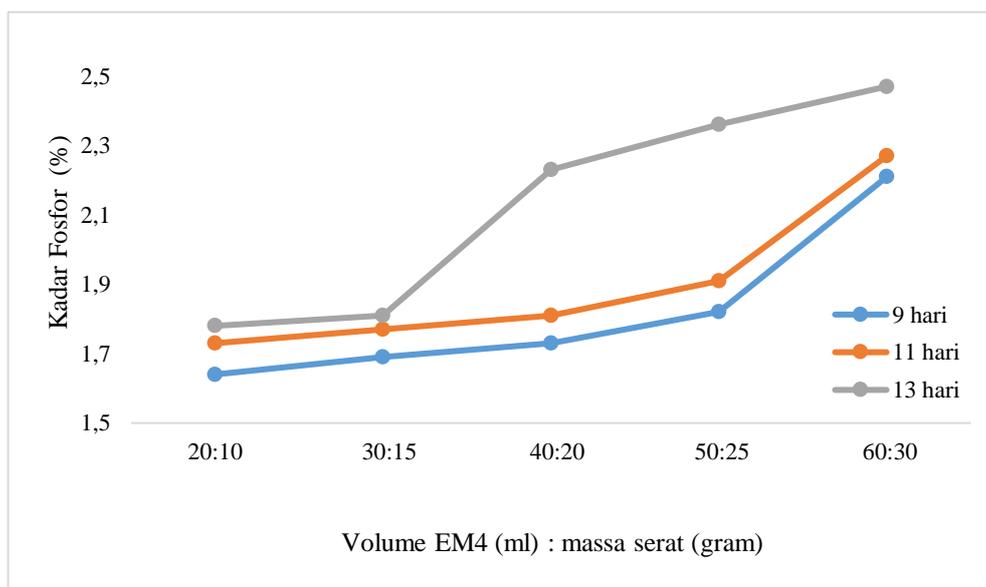


Gambar 5 Pengaruh Perbandingan Volume EM4 dengan Massa Serat Terhadap Kandungan Nitrogen

3.2 Pengaruh Perbandingan Volume EM4 dengan Massa Serat Terhadap Kandungan Fosfor

Pengaruh volume EM4 terhadap kandungan fosfor dapat dilihat pada gambar 6. Kandungan fosfor yang didapat sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu fermentasi dan volume EM4 yang divariasikan. Fosfor dalam tanaman berperan dalam pembentukan bunga, buah dan biji serta berperan didalam transfer energi didalam sel tanaman yang tidak dapat digantikan oleh unsur lainnya (Esther, 2009). Kandungan N dalam substrat, semakin besar nitrogen dikandung maka multiplikasi mikroorganismenya yang merombak fosfor akan meningkat, sehingga kandungan fosfor dalam pupuk juga meningkat (Yuli et al, 2011). Kandungan fosfor terendah yang didapat pada volume EM4 20 ml yaitu hari ke 9 dengan kadar fosfor 1,64%, hal ini disebabkan karena dalam fermentasi terjadi pertumbuhan mikroorganismenya pada fase awal yang merupakan periode adaptasi yakni sejak inokulasi pada medium dilakukan selama fase awal dimana massa sel dapat berubah tanpa adanya perubahan jumlah sel.

Setelah perubahan massa selanjutnya terjadi pertumbuhan mikroorganisme bergerak ke fase eksponensial yaitu pada EM4 30 ml dengan waktu fermentasi 9, 11 dan 13 hari dimana mikroorganisme yang ada berkembang secara optimal terhadap jumlah sel mikroorganisme yang dihasilkan sehingga kandungan fosfor yang didapat pun semakin meningkat. Hasil yang terbaik diperoleh yaitu pada hari ke 13 hari pada volume EM4 60 ml yaitu 3,14%. dalam EM-4 terdapat beberapa jenis mikroorganisme yang berperan dalam perombakan bahan organik menjadi unsur sederhana dan mudah diserap oleh tanaman seperti *Lactobacillus* sp., bakteri pelarut Fosphat, ragi, *Actinomycetes* sp. (Anwar, 1999; Ritonga et al, 1999). Selain *Lactobacillus* sp. sebagai bakteri Asam Laktat, peranan bakteri pelarut Fosphat dari strain *Pseudomonas* sp. juga turut membantu dalam memutus rantai senyawa lain yang mengikat unsur Fosphat. Menurut FNCA (2006), bakteri dari strain *Pseudomonas* sp., *Rhizobium* sp., dan *Bacillus* sp. merupakan jenis bakteri pelarut Fosphat terkuat diantara bakteri yang lain. Kombinasi dari aktivitas bakteri *Lactobacillus* sp. dan bakteri pelarut Fosphat meningkatkan ketersediaan fosfor dalam pupuk organik cair.

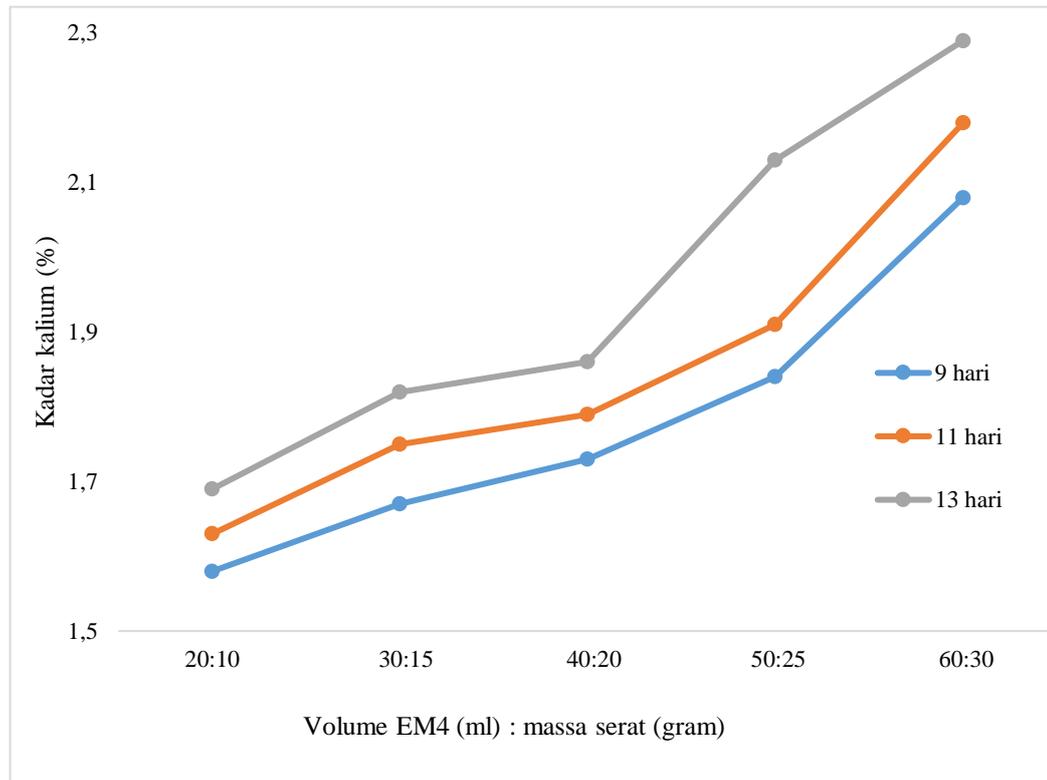


Gambar 6 Pengaruh Perbandingan Volume EM4 dengan Massa Serat Terhadap Kandungan Fosfor

3.3 Pengaruh Perbandingan Volume EM4 dengan Massa Serat Terhadap Kandungan Kalium

Pengaruh volume EM4 terhadap kandungan fosfor dapat dilihat pada gambar 7. Kandungan kalium yang didapat berpengaruh oleh lamanya waktu fermentasi dan volume EM4 yang divariasikan. Kalium dalam tanaman berperan dalam pembentukan karbohidrat dan protein, memperkuat jaringan tanaman dan pembentukan antibodi untuk membantu tanaman melawan penyakit kekeringan (Esther, 2009). Hasil yang terendah yaitu didapatkan pada volume EM4 20 ml dengan waktu fermentasi 9 hari hasil yang didapat yaitu 1,58%. Hal ini disebabkan karena dalam fermentasi terjadi pertumbuhan mikroorganisme pada fase awal yang merupakan periode adaptasi yakni sejak inokulasi pada medium dilakukan selama fase awal dimana massa sel dapat berubah tanpa adanya perubahan jumlah sel.

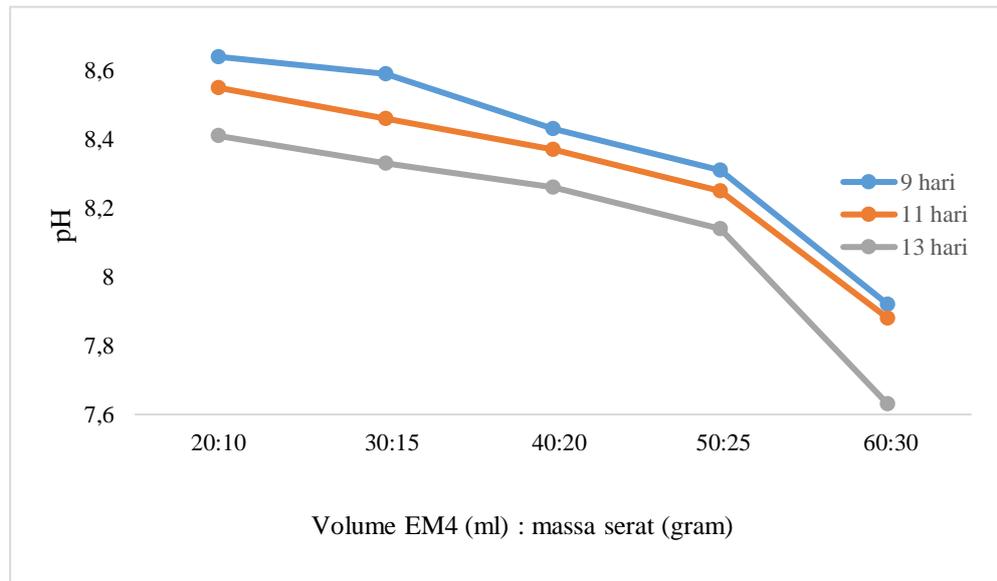
Hasil yang terbaik diperoleh yaitu pada hari ke 13 hari pada volume EM4 60 ml yaitu 2,29%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan optimum Kalium diduga karena adanya tambahan mikroba dalam EM-4. Menurut Wididana dan Muntoyah (1999) di dalam EM-4 terkandung bakteri *Lactobacillus* sp. yang dapat mempercepat perombakan bahan organik menjadi bentuk yang lebih sederhana dan tersedia, sehingga dalam aktivitas metabolismenya unsur Kalium yang semula berikatan kompleks dengan senyawa lain menjadi bebas dan tersedia. Dari kandungan tersebut menunjukkan fosfor pupuk organik cair sudah memenuhi SNI KMPRI 2019 dengan kadar kalium 2-6%.



Gambar 7. Pengaruh Perbandingan Volume EM4 dengan Massa Serat Terhadap Kandungan Kalium

3.4 Pengaruh Perbandingan Volume EM4 Terhadap pH

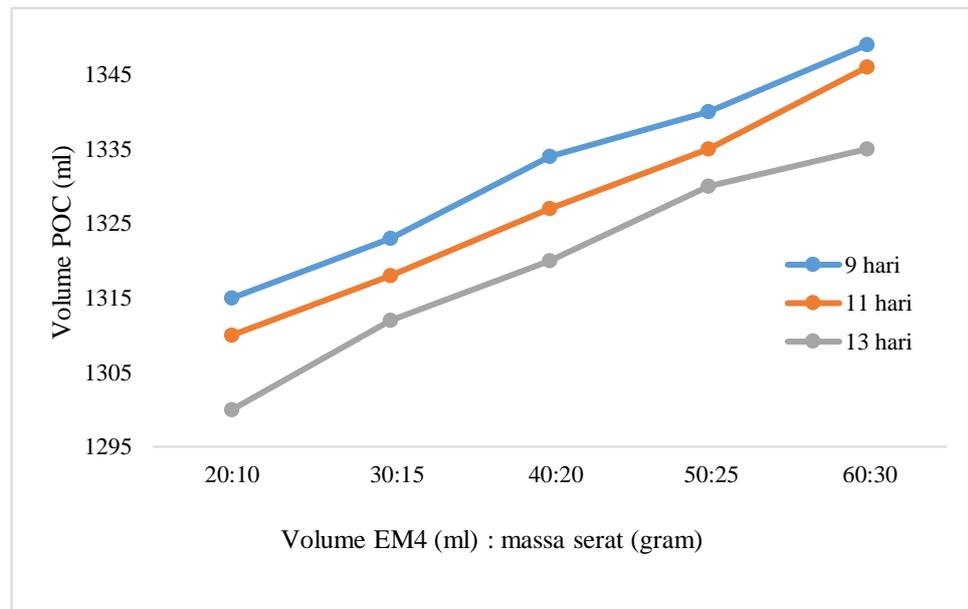
Pengaruh volume EM4 terhadap kandungan fosfor dapat dilihat pada gambar 8. Volume EM4 yang digunakan berpengaruh terhadap kandungan pH yang didapat. Derajat keasaman (pH) dari keempat perlakuan EM4 20 ml, 30 ml, 40 ml, 50 ml dan 60 ml berkisar antara 7,63 sampai dengan 8,64. Dari kandungan tersebut menunjukkan fosfor pupuk organik cair sudah memenuhi SNI KMPRI 2019 dengan ketentuan pH 6-9. pH pada keempat perlakuan menunjukkan perbedaan pada awal dan akhir fermentasi, yang mana semakin lama fermentasi pH dari pupuk organik yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini sesuai dengan Prahesti dan Yulya (2008) bahwa tinggi rendahnya pH disebabkan oleh aktivitas kelompok bakteri lainnya, misalkan bakteri metanogen yang mengkonversikan asam-asam organik menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti metana, amoniak dan karbondioksida.



Gambar 8 Pengaruh Perbandingan Volume EM4 Dengan Massa Serat Terhadap pH

3.4 Pengaruh Volume EM4 Terhadap Volume Pupuk Organik Cair

Pengaruh waktu fermentasi terhadap Volume Pupuk Organik Cair dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Pengaruh Perbandingan Volume EM4 Dengan Massa Serat Terhadap Volume POC

Berdasarkan Gambar 4.5 di atas, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, maka volume pupuk organik cair yang dihasilkan semakin sedikit karena terjadi penguapan. Pada sampel volume EM4 20 ml dengan waktu fermentasi 9 hari pupuk organik cair yang dihasilkan sebanyak 1315 ml, pada waktu fermentasi 11 hari pupuk organik cair yang dihasilkan 1310 ml dan pada 13 hari pupuk organik cair yang dihasilkan sebanyak 1300 ml . Pada sampel dengan volume EM4 30 ml dengan waktu fermentasi 9 hari pupuk organik cair yang dihasilkan sebanyak 1318 ml, pada waktu fermentasi 13 hari pupuk organik cair yang dihasilkan 1312 ml. pada sampel dengan volume EM4 40 ml dengan waktu fermentasi 9 hari menghasilkan 1334 ml, pada waktu fermentasi 11 hari pupuk organic cair yang dihasilkan 1327 dan pada fermentasi hari 13 menghasilkan pupuk organic cair 1320 ml.

Pada sampel dengan volume EM4 50 ml dengan waktu fermentasi 9 hari pupuk organik cair yang dihasilkan sebanyak 1340 ml, pada waktu fermentasi 11 hari pupuk organik cair yang dihasilkan 1335 ml, dan pada waktu fermentasi 13 hari pupuk organik cair yang dihasilkan sebanyak 1330 ml. Pada sampel 60 ml dengan waktu fermentasi 9 hari pupuk organik cair yang dihasilkan sebanyak 1349 ml, pada waktu fermentasi 11 hari pupuk organik cair yang dihasilkan 1346 ml, dan pada waktu fermentasi 13 hari pupuk organik cair yang dihasilkan sebanyak 1335 ml.

Kecepatan reaksi enzimatik pada pembuatan pupuk organik cair dari limbah cair kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kecepatan Reaksi Enzimatik

Waktu (hari)	Garis Persamaan Linier	Vmax (ml/jam)	Km
9	$y = 0,89x + 1298,2$ $R^2 = 0,9941$	$V_{max} = 1/a$ $= 1,12$	$Km = b \times V_{max}$ $= 1453,9$
11	$y = 0,87x + 1284,4$ $R^2 = 0,9871$	$V_{max} = 1/a$ $= 1,14$	$Km = b \times V_{max}$ $= 1464,2$
13	$y = 0,85x + 1298,2$	$V_{max} = 1/a$	$Km = b \times V_{max}$

	$R^2 = 0,9941$	$= 1,17$	$= 1518,8$
--	----------------	----------	------------

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh nilai kecepatan maksimum enzimatik tertinggi (V_{max}) adalah 1,17 ml/jam dengan waktu fermentasi selama 13 hari, sehingga dapat disimpulkan bahwa banyak substrat maka semakin tinggi pula kecepatan maksimum dari reaksi enzimatik. Dan nilai K_m yang tertinggi yaitu 1518,8 pada waktu fermentasi 13.

4. Simpulan dan Saran

Kandungan N, P, K pada pupuk organik cair yang terbaik ialah dengan waktu fermentasi 13 hari dan volume EM4 60 ml, untuk nitrogen (N) 2,47%, fosfor (P_2O_5) 3,14%, dan kalium (K_2O) 2,29%. pH yang dihasilkan pada pembuatan pupuk organik cair dari limbah cair industri kelapa sawit berkisar 7,63 – 8,64 dan sudah memenuhi standar SNI untuk pupuk organik cair. Kecepatan reaksi enzimatik dipengaruhi oleh jumlah bahan baku, Kecepatan maksimum enzimatik yang tertinggi (V_{max}) adalah 1,17 ml/jam dengan waktu fermentasi selama 13 hari.

Perlu di lakukan penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan kandungan nitrogen, kalium dan fosfor agar mendapatkan kualitas mutu pupuk organik cair yang lebih maksimal. Bagi penelitian selanjutnya, melakukan penelitian dengan menggunakan volume bioaktivator EM4 diatas 50 ml untuk mengasilkan unsur hara nitrogen, kalium dan fosfor sesuai kualitas mutu pupuk organik cair yang memenuhi standar SNI.

5. Daftar Pustaka

1. Heryadi, H., Agribisnis, P. S., & Fmipa-ut, J. B. (2013). Pupuk Organik Cair Dan Potensinya Dalam Meningkatkan Produksi Tanaman Cabai (*Capsicum Annum*). 14(Maret).
2. Indriyani, Y. H. (2005). Pengaruh Rasio Penggunaan Limbah Ternak dan Hijauan terhadap Kualitas Pupuk Cair. Pangan Kanisius. Yogyakarta
3. Kurniawan, E., Ginting, Z., & Nurjannah, P. (2017). Pemanfaatan Urine Kambing Pada Pembuatan Pupuk Organik Cair Terhadap Kualitas Unsur Hara Makro (NPK). *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 23, 1–10.

jurnal.

4. Leni Maulinda. (2013). Pengolahan Awal Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Secara Fisika. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 2(November), 16–30.
5. Lubis, Fristyana Sosanty, dkk. (2014). Kajian Awal Pembuatan Pupuk Cair Organik Dari Effluent Pengolahan Lanjut Limbah Cair Kelapa Sawit (LCPKS) Skala Pilot. *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 3, No. 1
6. Meriatna, M., Suryati, S., & Fahri, A. (2018). Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Aktivator EM4 (Effective Microorganism) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-Buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(1), 13. <https://doi.org/10.29103/jtku.v7i1.1172>
7. Nur, T., Noor, A. R., & Elma, M. (2016). Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Sampah Organik Rumah Tangga Dengan Penambahan Bioaktivator EM4 (Effective Microorganisms). *Konversi*, 5(2), 44–51. <https://doi.org/10.20527/k.v5i2.4766>
8. Nursanti, I. (2013). Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit pada Proses Pengolahan Anaerob dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 13(4), 67–73.
9. Rahardjo, P. N. (2006). Teknologi Pengelolaan Limbah Cair Yang Ideal Untuk Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Air Indonesia*, 2(1), 66–71. <https://doi.org/10.29122/jai.v2i1.2291>
10. Rahmasita, dkk. (2017). Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik Its* Vol. 6, No. 2