

student 4

TESIS_Muhammad_Evriyadi_MMP

 19-20 SEPTEMBER 2024

 Cek Turnitin

 INSTIPER

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3013175405

Submission Date

Sep 19, 2024, 12:01 PM GMT+7

Download Date

Sep 19, 2024, 12:04 PM GMT+7

File Name

TESIS_Muhammad_Evriyadi_MMP.docx

File Size

319.6 KB

66 Pages

13,757 Words

82,607 Characters




32% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report


- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text

Top Sources

- 31%  Internet sources
- 10%  Publications
- 11%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Replaced Characters**
44 suspect characters on 12 pages
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 31% Internet sources
- 10% Publications
- 11% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	ppjp.ulm.ac.id	3%
2	Internet	docplayer.info	3%
3	Internet	adoc.pub	2%
4	Internet	123dok.com	2%
5	Internet	www.researchgate.net	2%
6	Internet	www.scribd.com	1%
7	Internet	repository.unja.ac.id	1%
8	Internet	journal.ipb.ac.id	1%
9	Student papers	Universitas Andalas	1%
10	Internet	ejournal.brin.go.id	1%
11	Internet	ujianoke.blogspot.com	1%

12	Internet	text-id.123dok.com	1%
13	Internet	ojs.uniska-bjm.ac.id	1%
14	Internet	dosen.unmerbaya.ac.id	1%
15	Publication	Michael Alexander Hutabarat, Rokhani Hasbullah, Mohamad Solahudin. "VAPOR ...	1%
16	Internet	lharvino.blogspot.com	1%
17	Internet	bbsdlp.litbang.pertanian.go.id	1%
18	Internet	pdfs.semanticscholar.org	1%
19	Internet	repositori.usu.ac.id	1%
20	Internet	nanopdf.com	0%
21	Internet	jurnal.unitri.ac.id	0%
22	Internet	www.jlsuboptimal.unsri.ac.id	0%
23	Internet	vdocuments.site	0%
24	Internet	digilib.unila.ac.id	0%
25	Internet	www.iopri.org	0%

26	Internet	www.openaccessrepository.it	0%
27	Internet	e-journal.politanisamarinda.ac.id	0%
28	Internet	es.scribd.com	0%
29	Internet	alimudinharahap.wordpress.com	0%
30	Internet	repository.ub.ac.id	0%
31	Internet	jurnal.untan.ac.id	0%
32	Student papers	Universitas Putera Indonesia YPTK Padang	0%
33	Internet	repository.usu.ac.id	0%
34	Internet	repo.unand.ac.id	0%
35	Internet	docplayer.org	0%
36	Internet	id.123dok.com	0%
37	Internet	saka.co.id	0%
38	Internet	ji.unbari.ac.id	0%
39	Internet	repository.uin-suska.ac.id	0%

40	Internet	eprints.polsri.ac.id	0%
41	Internet	jurnal.umj.ac.id	0%
42	Internet	repo.upertis.ac.id	0%
43	Internet	repository.uma.ac.id	0%
44	Internet	www.coursehero.com	0%
45	Internet	talenta.usu.ac.id	0%
46	Publication	Dwika Putri Suri, Jamal Lumbaraja, Hery Novpriansyah, Dermiyati Dermiyati. ...	0%
47	Student papers	Universitas Negeri Jakarta	0%
48	Internet	biblio.ugent.be	0%
49	Student papers	Sriwijaya University	0%
50	Publication	Febrian Saputra, Gindo Tampubolon, Itang Ahmad Mahbub. "Pengaruh Aplikasi L...	0%
51	Internet	id.scribd.com	0%
52	Internet	repository.unitri.ac.id	0%
53	Publication	Zhi Hong Kok, Abdul Rashid Bin Mohamed Shariff, Siti Khairunniza-Bejo, Hyeon-T...	0%

54	Internet	core.ac.uk	0%
55	Internet	docobook.com	0%
56	Internet	jurnal.fp.uns.ac.id	0%
57	Internet	kuncorobp.blogspot.com	0%
58	Internet	moam.info	0%
59	Publication	Mislan Agustin, Supriatin Supriatin, Muhajir Utomo, Sarno Sarno. "PENGARUH SIS..."	0%
60	Internet	deplantation.com	0%
61	Internet	dianaoktasari.blogspot.com	0%
62	Internet	digilib.uinsby.ac.id	0%
63	Internet	digilib.unipasby.ac.id	0%
64	Internet	ejournal.unsrat.ac.id	0%
65	Internet	journal.unnes.ac.id	0%
66	Internet	jurnal.ulb.ac.id	0%
67	Internet	repository.lppm.unila.ac.id	0%

68	Internet	terubuk.ejournal.unri.ac.id	0%
69	Publication	Evi Erinda, Ika Wahyuning Widiarti. "Analisis Tingkat Pencemaran Airtanah Akiba...	0%
70	Internet	catatankuliahipb.blogspot.com	0%
71	Internet	jtsl.ub.ac.id	0%

2

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia banyak menempati pada lahan tanah mineral. Namun demikian bukan berarti pengusahaaannya tidak memiliki resiko. Selain factor tofografi, pembatas kesuburan tanah juga menjadi kendala terlebih pada areal-areal dengan jenis tanah yang mengalami pelapukan lanjut (ultisol).

Pertambahan umur tanaman kelapa sawit kecenderungan terjadi penurunan produksi. Hal yang harus menjadi pemikiran bahwa aplikasi pupuk harus tetap dijalankan tanpa terkecuali untuk tanaman yang mendekati masa replanting agar tetap mendapatkan produktivitas yang optimal.

22

Penelitian Lukman *et al.* (2001) bahwa tanaman kelapa sawit umur 21 - 25 tahun membutuhkan hara N 1.75%, P 1.25ppm dan K 1.00me/100 g.

30

Hara N dan K merupakan hara makro esensial bagi pertumbuhan dan penunjang produktifitas tanaman sehingga keterbatasan ketersediaan pada tanah diperlukan masukan dari luar dalam bentuk pemupukan. Nitrogen menjadi bagian penting dari klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis (Halim dkk., 2014). Kalium diserap kelapa sawit untuk membentuk bagian vegetatif dan minyak (Ningsih dkk., 2015)

22

Tantangan lain usaha pekebunan adalah harga pupuk kimia yang semakin meningkat. Biaya pupuk mengambil porsi anggaran sebesar 70 % pada tanaman menghasilkan (Qurby, A., 2020).

22

Luas areal kelapa sawit Indonesia selama 2017–2021 bertambah sebesar 7,47%, dari 14,048 juta hektar menjadi 15,08 juta hektar dengan peningkatan produksi rata-rata 2,47% (Anonim, 2021). Seiring peningkatan produksi TBS, terjadi peningkatan

60 limbah cair PKS atau POME (*Palm Oil Mill effluent*) yang dihasilkan PKS dari proses produksi CPO. Satu ton TBS olah akan terkonversi menjadi 0,2ton CPO sementara POME terkonversi sebesar 0,66ton (Anonim, 2009).

Selain produktifitas keharusan praktek perkebunan yang ramah lingkungan menjadi perhatian penting. Isu global industri perkebunan saat ini adalah zero waste yaitu aktivitas meniadakan limbah dari proses produksi yang terintegrasi pada minimalisasi dan pengelolaan limbah (Sulaeman, 2008). Alternatif yang dilakukan oleh perusahaan perkebunan dalam menjawab tantangan tersebut khususnya industri perkebunan kelapa sawit yaitu dengan pengaplikasian POME ke lahan perkebunan.

3 Pemanfaatan limbah cair disamping sebagai sumber pupuk/bahan organik dan dapat mengurangi biaya pengolahan limbah sebesar 50-60% (Pamin, *et al.*, 1996).

12 Penelitian Ideriah *et al.*, (2007) menunjukkan bahwa POME mengandung unsur-unsur hara sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik bagi tanaman. Unsur-unsur hara yang banyak terdapat dalam POME adalah N ($450-590 \text{ mg L}^{-1}$), P ($92-104 \text{ mg L}^{-1}$), K ($1,246-1,262 \text{ mg L}^{-1}$) dan Mg ($249- 271 \text{ mg L}^{-1}$).

PKS PT GMR berkapasitas olah 60 ton/jam memiliki daya tampung kolam IPAL sebesar 131.101m^3 masih kurang memadai untuk penampungan POME yang dihasilkan sehingga mengharuskan pengaplikasian POME ke lahan perkebunan dengan memanfaatkan areal seluas 61,18 (Anonim, 2017). PLTBG yang dibangun di PT GMR kapasitas 1megawatt akan mengambil porsi kebutuhan POME pada kapasitas olah minimum PKS sebesar 30ton/jam. Jika PLTBG berjalan, POME yang digunakan sebagai sumber energi di reactor akan menghasilkan sisa konsentrat limbah.

Konsentrat limbah selanjutnya yang akan diolah dan dapat diaplikasikan kembali ke lahan perkebunan (Anonim, 2015).

Terhentinya operasional PKS PT GMR dalam proses maintenance dari April 2019 hingga Agustus 2022 menyebabkan *Land Application* (LA) tidak lagi mendapat pasokan POME selama ± 3 tahun.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang, penelitian tesis berjudul analisis ketersediaan hara N dan K pasca penghentian aplikasi POME pada tanaman kelapa sawit pokok tinggi, diharapkan akan diperoleh jawaban dari permasalahan bahwa:

1. Belum adanya analisis untuk memperoleh data kimia tanah khususnya ketersediaan hara N dan K pada tanah di lahan aplikasi pasca terhentinya aliran POME dari PKS PT GMR
2. Belum adanya analisis serapan hara khususnya N dan K serta pengaruhnya terhadap produktifitas tanaman kelapa sawit pokok tinggi di lahan aplikasi pasca terhentinya aliran POME dari PKS PT GMR.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan hal tersebut maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis kimia tanah khususnya ketersediaan hara N dan K pada tanah di lahan aplikasi pasca terhentinya aliran POME dari PKS PT GMR
2. Untuk menganalisis serapan hara khususnya N dan K serta pengaruhnya terhadap produktifitas tanaman kelapa sawit pokok tinggi di lahan aplikasi pasca terhentinya aliran POME dari PKS PT GMR.

Manfaat yang diharapkan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

12

1. Diperoleh gambaran kondisi kimia tanah khususnya ketersediaan hara N dan K pada tanah serta serapan hara tersebut pada tanaman kelapa sawit pokok tinggi di lahan aplikasi pasca terhentinya aliran POME.

63

2. Bagi perusahaan penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar pertimbangan dalam pengelolaan dan pemanfaatan POME ke lahan perkebunan berdasarkan kajian agronomis dalam rangka pencapaian produktivitas optimal pada tanaman kelapa sawit pokok tinggi.

1.4. Keaslian Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan study kasus terhadap pengelolaan POME terkait pemanfaatannya dalam bentuk *land application* (LA), yang memfokuskan pada kajian kimia tanah pasca terhentinya aliran POME dari PKS PT GMR selama kurang lebihtiga tahun. Penelitian ini belum pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu kaitannya dengan kajian ketersediaan N dan K pada tanah dan serapannya oleh tanaman kelapa sawit pokok tinggi di perkebunan PT GMR. Namun beberapa landasan teori didasarkan pada penelitian-penelitian terdahulu tentang penggunaan POME dari beberapa jurnal penelitian menjadi acuan dalam penelitian ini.

12

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Mineral

Secara garis besar dalam perkebunan kelapa sawit, penggunaan lahan sebagai factor produksi dapat dikelompokkan ke dalam penggunaan lahan mineral dan lahan gambut. secara spesifik tanah mineral dapat dibedakan lagi menjadi tanah mineral masam dan tanah pasir atau tanah bertekstur kasar (Fraksi pasir >70%).

Tanah ultisol memiliki kandungan bahan organik yang sangat rendah sehingga memperlihatkan warna tanahnya berwarna merah kekuningan, reaksi tanah yang masam, kejenuhan basa yang rendah, kadar Al yang tinggi, dan tingkat produktifitas yang rendah. Tekstur tanah ini adalah liat hingga liat berpasir dengan bulk density yang tinggi antara 1,3-1,5 gcm⁻³ (Hardjowigeno, 1993). Lebih lanjut di jelaskan Nita *et al.* (2015) bahwa tanah Ultisol memiliki porositas sangat rendah akibat adanya akumulasi liat pada bagian bawah lapisan olah tanah sehingga menyebabkan akar tanaman tidak dapat menembus horizon ini dan hanya berkembang di atas horizon argilik, sehingga akan berdampak pada pertumbuhan tanaman

Podsolid Kandik memiliki karakteristik, Mempunyai KTK-liat < 16 cmol (+)/kg, dan KTK efektif ≤ 12 cmol (+)/kg (KTK liat =KTK tanah:% liat× 100) dan atau jika memiliki salah satu dari sifat-sifat berikut: (1) Jika horison A mempunyai kadar liat ≤ 20%, maka kenaikan liat horison B adalah 4% secara absolut (misal: 20% + 4% = 24%), (2) Jika horison A mempunyai kadar liat 20-40%, maka kadar liat horison B adalah 1,2 kali horison A (misal: 30% + 6% = 36%). (3) Jika horison A mempunyai kadar liat > 40%, maka kenaikan liat horison B adalah 8% secara absolut (misal: 40% + 8% = 48%) (Subardja *et al.*, 2014).

18 Menurut Lal *dalam* Barior hafis (2020), tanah pada lahan perkebunan umumnya mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) rendah, kejenuhan basa (KB) rendah sampai sangat rendah, tinggi kandungan aluminium dapat ditukar (Al-dd) dan kadar bahan organik yang relatif rendah (1-2%) pada kedalaman tanah 0 – 20 cm dan hanya 0,5% pada kedalaman sampai 100 cm. Permasalahan pada tanah Acrisols (Ultisols/Podsolik) dan Ferralsols (Lateritik) adalah kondisi drainase sedang sampai sangat baik, sehingga komoditas perkebunan pada musim kemarau akan sulit mendapatkan air (available water).

70 2.2. Kebutuhan Hara dan Pemupukan pada Tanaman Kelapa Sawit

2 Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman yang berumur panjang. Pertumbuhan dan perkembangannya bergantung pada ketersediaan unsur hara. Lahan sebagai salah satu penyedia unsur hara memiliki kemampuan yang terbatas dalam memenuhi kebutuhan tanaman. Keterbatasan tersebut dapat diimbangi melalui pemupukan. Pemupukan merupakan kegiatan penambahan satu atau beberapa unsur hara untuk memelihara tersedianya unsur hara tersebut dan meningkatkan kesuburan tanah (Pahan, 2011). Pemupukan dapat menggantikan unsur hara yang diabsorpsi tanaman ataupun hilang karena pencucian serta menjaga kondisi tanah yang ideal bagi pertumbuhan dan perkembangan kelapa sawit (Arsyad *et al.*, 2012).

31 Tercapainya produksi tandan buah segar (TBS) yang optimal dan kualitas minyak yang baik merupakan tujuan dari pemupukan pada tanaman kelapa sawit. Kekurangan salah satu unsur hara akan menyebabkan tanaman menunjukkan gejala *difesiency* dan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan vegetatif serta penurunan produksi tanaman. Disamping itu produktivitas tanaman kelapa sawit juga ditentukan

1

oleh karakteristik lahan yang berbeda pada setiap wilayah pengembangannya. Perkebunan kelapa sawit yang didominasi oleh tanah ultisol di Indonesia secara aktual memiliki kelas kesesuaian tergolong S-2 (Sesuai) dan S-3 (Agak Sesuai) menunjukkan bahwa potensi produksi (produktivitas) lahan kelapa sawit dilahan ini tergolong rendah. Standar potensi produksi kelapa sawit rata-rata selama satu siklus pada umur 3–25 tahun adalah 22ton TBS/ha/thn untuk kelas lahan S-2 dan 20ton TBS/ha/thn untuk kelas lahan S-3 (Koedadiri *et al.*, 1999).

2 Pemupukan menjadi faktor utama perhitungan biaya produksi karena lebih dari 50% biaya digunakan untuk kegiatan ini (Hakim, 2007). Pemupukan kelapa sawit yang baik harus mengacu pada faktor efektivitas dan efisiensi yang maksimum, dimana penentuan jenis pupuk didasarkan pada sifat pupuk, sifat tanah, harga pupuk, dan kebutuhan pupuk per satuan luas. Pahan (2011) menambahkan bahwa waktu pelaksanaan pemupukan dan pemilihan pupuk harus memperhatikan iklim (curah hujan), sifat fisik tanah, logistik pupuk, serta sifat sinergis dan antagonis unsur hara.

9 Nitrogen merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan oleh sebagian besar jenis tanaman. Nitrogen diserap dalam bentuk ion Nitrat karena ion tersebut bermuatan negatif sehingga selalu berada di dalam larutan dan mudah terserap oleh akar. Ion Nitrat lebih mudah tercuci oleh aliran air sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Ion Ammonium yang bermuatan positif akan terikat oleh koloid tanah, tidak mudah hilang oleh proses pencucian, dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman setelah melalui proses pertukaran kation. Nitrogen tidak tersedia dalam bentuk mineral alami seperti unsur hara lainnya. Sumber nitrogen terbesar berasal dari atmosfer dan dapat masuk ke tanah melalui air hujan atau udara yang diikat oleh bakteri pengikat nitrogen seperti

Rhizobium sp. Bakteri memiliki kemampuan menyediakan 50-70% kebutuhan dari nitrogen yang dibutuhkan oleh tanaman (Bhattacharyya, *et al.*, 2008).

3 Nitrogen sebagai unsur hara primer atau unsur hara makro pada tanaman dapat ditemukan dalam bentuk organik maupun anorganik (Jones *et al.*, 1991). Sumber N adalah bahan organik sisa tumbuhan dan hewan, serta hasil fiksasi N bebas dari udara oleh bakteri-bakteri Rhizobium yang terdapat dalam bintil akar tanaman kacang-kacangan (*Leguminose*). Nitrogen dapat diambil oleh tanaman dalam bentuk ion NH_4^+ atau NO_3^- (Setyamidjaja, 1986).

Bentuk N yang diadsorpsi oleh tanaman berbeda-beda. Ada tanaman yang lebih baik tumbuh bila diberi NH_4^+ ada pula tanaman yang lebih baik bila diberi NO_3^- dan ada juga tanaman yang tidak terpengaruh oleh bentuk-bentuk N ini. Nitrogen yang diserap ini di dalam tanaman diubah menjadi N, NH, NH_2 . Bentuk reduksi ini kemudian diubah menjadi senyawa yang lebih kompleks dan akhirnya menjadi protein. Protein ini bersifat katalisator dan sebagai pemimpin dalam proses metabolisme (Leiwakabessy, 1998).

5 Nitrogen termasuk unsur hara makro yang berperan penting dalam pertumbuhan tanaman. Nitrogen memiliki peran yang penting dalam pertumbuhan suatu tanaman, kahat N dapat menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan mempengaruhi perkembangan dan fungsi kloroplas sehingga protein akan terhidrolisis untuk menghasilkan asam amino yang akan ditranslokasikan ke daun-daun muda. Gejala defisiensi N terlihat pertama kali pada daun-daun tua, daun berwarna hijau pucat kemudian akan menjadi kuning pucat atau kuning cerah (klorosis) dan mengalami nekrosis (Goh dan Hardter, 2003; Bala dan Fagbayide, 2009).

19 Proses hilangnya N yang ada di dalam tanah dapat disebabkan karena diserap oleh tanaman, digunakan oleh mikroorganisme, N masih dalam bentuk NH_4^+ yang diikat oleh mineral liat illit sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman, N juga masih dalam bentuk NO_3^- yang mudah tercuci oleh adanya air hujan, dan kondisi lahan yang masih tergenang dengan drainase buruk serta fertilisasi udara kurang baik juga dapat terjadi proses denitrifikasi dan juga volatilisasi dalam bentuk NH_3 (amonia) Hardjowigeno (2003).

3 Kebutuhan tanaman akan K cukup tinggi dan akan menunjukkan gejala kekurangan apabila kebutuhan tidak tercukupi. Berdasarkan ketersediaan bagi tanaman, K tanah dibedakan dalam 3 bentuk yaitu: (1) kalium relatif tidak tersedia, yang menempati bagian stuktur mineral mika primer dan sekunder, serta mineral-mineral feldsfatik, (2) kalium lambat tersedia yaitu kalium yang tersergap di dalam kisi mineral liat seperti vermiculit atau liat tipe 2:1 lainnya dan (3) kalium cepat tersedia yang berada dalam kompleks jerapan (k-dd) dalam larutan tanah (Brady, 1990).

3 Beberapa peranan Kalium yang diketahui antara lain: pembelahan sel, pembentukan karbohidrat, translokasi gula, reduksi nitrat dan selanjutnya sintesis protein, dan dalam aktivitas enzim. Kalium juga merupakan unsur yang paling banyak terdapat dalam cairan sel, yang mengatur keseimbangan antara garam dan air dalam sel tanaman sehingga memungkinkan pergerakan air ke dalam akar tanaman. Kekurangam hara Kalium akan menyebabkan tanaman menjadi kurang tahan terhadap kekeringan dibandingkan dengan tanaman yang cukup Kalium. Selain itu tanaman menjadi lebih rentan terhadap penyakit dan mengalami penurunan kualitas produksinya (Leiwakabessy, 1998).

25 Kehilangan kalium dalam tanah dapat terjadi dengan beberapa cara seperti terangkut tanaman bersama pemanenan, tercuci, tererosi, dan terfiksasi. Kehilangan kalium akibat tercuci merupakan kehilangan yang paling besar. Besarnya kalium akibat tercuci tergantung pada faktor tanah seperti tekstur tanah, kapasitas tukar kation, pH tanah, dan jenis tanah (Samuel and Ebenezer, 2014).

20 Upaya mengurangi jumlah K yang terlindi dari tanah di lingkungan tropika basah adalah sebagai berikut: 1. Menurunkan tingkat kejenuhan Al dan atau meningkatkan KTK tanah, antara lain dengan pemberian bahan organik dan/atau kapur. Meskipun KTK tanah tidak meningkat, pemberian kapur dapat menurunkan tingkat kejenuhan Al dan menekan pelindian K, karena efektivitas penyerapan K oleh tapak pertukaran meningkat (Subandi *et al.*, 1987).

39 2.3. Pemanfaatan Palm Oil Mill Effluent (POME) di Lahan Perkebunan

10 Palm Oil Mill Effluent atau POME adalah zat cair yang dihasilkan dari proses pembuatan Crude Palm Oil (CPO) dari kelapa sawit. POME memiliki sifat cairan yang kental dan berwarna kecokelatan, dengan kandungan air mencapai 95%– 96%, kandungan minyak sekitar 0,6%–0,7%, dan total padatan sekitar 4%–5%, yang terutama terdiri dari puing-puing buah. POME juga dikenal karena memiliki kandungan BOD dan COD yang sangat tinggi, dengan nilai COD yang sering melebihi 80.000 mg/L (Ilmannafian *et al.*, 2020). Beberapa sumber dari POME meliputi air kondensat dari proses perebusan, air cucian pabrik, air limbah dari proses pemisahan sludge, dan buangan dari hydrocyclone pada stasiun inti. Setiap ton pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) dapat menghasilkan POME sekitar 0,6–1,0 m³ (Nugroho, 2019).

12 POME atau LCPKS (Limbah cair pabrik kelapa sawit) merupakan salah satu jenis limbah organik yang dihasilkan dari proses pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi minyak sawit mentah atau *crude palm oil* (CPO) dari suatu pabrik kelapa sawit (PKS). Setiap ton TBS yang diolah dapat menghasilkan 0.50ton hingga 0.75ton limbah cair (Yacob *et al.*, 2005).

6 Komposisi air limbah sebagian besar terdiri dari air (99,9 %) dan sisanya terdiri dari partikel-partikel padat terlarut (dissolved solid) dan tersuspensi (suspended solid) sebesar 0,1 %. Partikel-partikel padat terdiri dari zat organik (± 70 %) dan zat anorganik (± 30 %), zat-zat organik terdiri dari protein (± 65 %), karbohidrat (± 25 %) dan lemak (± 10 %). Zat-zat organik tersebut sebagian besar mudah terurai (biodegradable) yang merupakan sumber makanan dan media yang baik bagi bakteri dan mikroorganisme lainnya. Adapun zat-zat anorganik terdiri dari grit, salts dan metals (logam berat) yang merupakan bahan pencemar yang penting. Solids (dissolved dan suspended) sangat cocok untuk menempel dan bersembunyinya mikroorganisme baik yang bersifat saprofit mau pun pathogen (Djabu *et al.*, 1990).

1 Penggunaan air limbah untuk pertanian mempunyai fungsi ganda disamping menanggulangi pencemaran unsur-unsur hara yang terdapat dalam limbah juga berfungsi sebagai unsur pupuk yang menyuburkan tanaman serta akan dapat memperbaiki struktur tanah (Ginting, 2007).

41 Baku mutu aplikasi POME pada lahan diatur dalam keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 28 tahun 2003. Dimana karakteristik parameter analisis POME dan baku mutu berdasarkan peraturan ditampilkan sebagaimana tabel 1.

69 Tabel 1. Baku mutu POME sesuai peraturan untuk aplikasi

Parameter analisis	Unit	POME Tanpa Diolah		Baku Mutu Sungai**	Aplikasi lahan
		Rentang *	Rata-rata		
BOD	mg/l	8.200-35.000	21.280	100	5000
COD	mg/l	15.103-65.100	34.740	350	-
TSS	mg/l	1.330-50.700	31.170	250	-
Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	12-126	41	50***	-
Minyak dan lemak	mg/l	190-14.720	3.075	25	-
pH		3,3-4,6	4	6-9	6-9
Maksimal dihasilkan	POME m ³ /ton CPO	-	-	2,5	-

Sumber: *Pedoman pengelolaan limbah industri sawit Departemen pertanian 2006 Permen No.3 tahun 2010, **Keputusan meneg LH No 51/1995 lampiran B. IV

Keterangan: ***Total Nitrogen = Nitrogen organik + Total Amoniak + NO₃ + NO₂

Kebutuhan Oksigen Biologi (KOB) atau dikenal *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) diartikan sebagai kadar oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan material organik yang terkandung dalam air limbah. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah Parameter yang menunjukkan jumlah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses biologis dan dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. BOD adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Metcalf and Eddy, 1991). Lebih lanjut Boyd (1990) menjelaskan bahwa bahan organik yang dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*).

1 Selain unsur hara makro dan mikro, POME juga mengandung mikroorganisme pengurai. Menurut Hakim *et al.* (1986) peranan utama mikroorganisme adalah untuk merombak bahan organik menjadi bentuk senyawa yang dapat dimanfaatkan tanaman.

4 Menurut Loebis dan Tobing (1989) limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit mengandung unsur hara yang tinggi seperti N, P, K, Mg, dan Ca, sehingga limbah cair tersebut berpeluang untuk digunakan sebagai sumber hara bagi tanaman kelapa sawit, di samping memberikan kelembaban tanah, juga dapat meningkatkan sifat fisik–kimia tanah, serta dapat meningkatkan status hara tanah.

8 Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan POME sebagai sumber hara bagi tanaman kelapa sawit dengan mengalirkannya ke rorak yang dibuat di lahan perkebunan kelapa sawit. Hasil penelitian Sutarta *et al.* (2003) menunjukkan bahwa aplikasi POME dengan takaran 12.66mm Ekuivalen Curah Hujan per bulan dikombinasikan dengan dosis pupuk 50% dari anjuran dapat meningkatkan produksi TBS sebesar 36% dan tidak berpengaruh buruk terhadap lingkungan di sekitarnya.

1 Widhiastuti *et al.* (2000) POME dalam tanah berperan untuk memperbaiki sifat sifat fisik dan kimia tanah, meningkatkan biodiversitas tumbuhan penutup tanah, meningkatkan biodiversitas makrofauna dan mikro fauna tanah.

1 Penelitian yang dilakukan oleh Gusta *et al.* (2015) menunjukkan bahwa aplikasi POME dosis 7,5 Liter dalam 4 biopori/tanaman meningkatkan penambahan jumlah pelepah, lebar daun dan panjang daun dibandingkan dengan tanpa LCPKS dan tertinggi dibandingkan perlakuan lain tetapi penambahan tinggi tanaman pada aplikasi LCPKS dosis 7,5 Liter dalam 3 biopori/tanaman dan tertinggi dari perlakuan lainnya.

1 Penelitian yang dilakukan oleh Demson *et al.* (2019) menunjukkan bahwa pemberian POME dosis 5,0liter dengan satu lubang, dua lubang, tiga lubang dan empat lubang biopori/tanaman meningkatkan pertambahan tinggi tanaman sekitar tiga sampai empat kali dan peningkatannya lebih besar yaitu lima sampai delapan kali bila dosisnya ditingkatkan hingga 7,5liter dan pada dosis 10,0liter peningkatan pertambahan tinggi tanaman cenderung menurun yaitu lima sampai enam kali dibandingkan tanpa perlakuan. Adapun pertambahan tinggi tanaman tertinggi diperoleh pada pemberian LCPKS dosis 7,5 Liter dengan 3 lubang biopori/tanaman. Hal ini disebabkan adanya perbaikan sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah akibat pemberian LCPKS.

29 Secara umum metode aplikasi POME ada empat yaitu: fladbed, Furrow, sprinkler dan tractor tanker. Penggunaan dari masing-masing sistem tergantung kondisi lapangan utamanya topografi. Areal datar digunakan sistem sprinkler dan longbed, untuk area berbukit digunakan flatbed dan furrow. Luasan lahan yang biasa diaplikasi tergantung pada dosis limbah yang akan di alirkan. Pabrik kapasitas 40 Ton TBS/jam biasa menghasilkan limbah ± 1200 m³/hari atau 360.000 m³/tahun maka dapat diterapkan aplikasi limbah dengan metode flatbed seluas 360 Ha, metode long bed seluas 600 Ha dan metode furrow seluas 240 Ha (Palm Oil Mill Community,2008).

16 2.4. Hipotesis

1. Penghentian aplikasi POME memberikan pengaruh terhadap status ketersediaan hara khususnya N dan K pada masing-masing kelompok areal berdasarkan pola distribusi POME yang pernah dialirkan.

- 4 2. Ketersediaan hara pada tanah pasca pengentian aplikasi POME memberikan pengaruh terhadap serapan hara khususnya N dan K pada lahan aplikasi yang berdampak pada produktifitas tanaman kelapa sawit pokok tinggi.

2 III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2023 sampai bulan Juni 2023, tempat pelaksanaan penelitian yaitu di PT GMR, berkedudukan di kecamatan Bulik kabupaten Lamandau, provinsi Kalimantan Tengah.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Bor tanah (belgi), pH meter, egrek, cutter, gunting, oven, alat tulis, laptop, kamera,

Bahan yang diperlukan dalam penelitian adalah: sample tanah komposit, sample daun kelapa sawit, aquades.

3.3. Metode Pengambilan Data

Penelitian dilakukan dengan metode observasi dan penelitian langsung dengan mengumpulkan data skunder dan data primer.

Pengumpulan data skunder berupa: data fisika dan kimia analisis laboratorium sampel tanah lahan aplikasi dan lahan kontrol, data analisis laboratorium kimia cairan POME dari manajemen PT GMR, data curah hujan, data realisasi pemupukan dan data produksi TBS tanaman kelapa sawit di Lokasi penelitian.

Data primer merupakan data dari hasil pengamatan dan penelitian langsung di lapangan terhadap objek penelitian berupa kondisi fisik lahan aplikasi POME, fisualisasi kondisi tanaman dan data penelitian untuk analisis dilakukan dengan pengambilan sampel tanah dan sampel jaringan tanaman untuk kemudian dianalisis uji laboratorium.

3.i. Pengambilan sampel tanah dan sampel daun

Data primer sampel tanah dan sampel daun diambil dari lokasi penelitian mencakup: dua blok di lahan aplikasi POME yang telah terhenti alirannya dan satu blok dari areal yang tidak pernah diaplikasi POME sebagai lahan kontrol. Tanaman kelapa sawit di lahan aplikasi POME di blok 18CC merupakan tanaman berumur 21 (tahun tanam 2002) dan di blok 19CC tanaman berumur 19 tahun (tahun tanam 2004) serta tanaman kelapa sawit di lahan kontrol blok 17CC berumur 19 tahun.

26 Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-40 cm, radius 1,5-2meter dari titik tanaman kelapa sawit disekitar rorak di lahan aplikasi. Sampel tanah lahan kontrol diambil pada radius 1,5-2meter dari titik tanaman kelapa sawit di jalur tanaman. Sampel tanah dikompositkan atau dikelompokan dari titik-titik sampel yang mewakili kondisi areal yang sama berdasarkan pola distribusi POME ke rorak di lahan aplikasi, sedangkan pada lahan kontrol adalah titik yang mewakili kondisi areal pada tofografi datar. 8 Sampel komposit selanjutnya dilakukan uji laboratorium untuk pengukuran parameter pH (ekstraksi KCl), N-total (Kjeldahl), K-total dan K-dd (flemefhotometry/AAS). Ulangan analisis masing-masing sebanyak 3 kali terhadap parameter pengukurannya setiap kelompok sampel.

55 Analisis hara pada tanaman maka sampel yang diambil yaitu daun tanaman kelapa sawit pada pelepah ke 17. Titik pengambilan sample daun yaitu pada tanaman dimana sampel tanah diambil. Analisis laboratorium sampel daun untuk mendapatkan data serapan hara N (Kjeldahl) dan K (plamephotometry/AAS).

Sebaran pengambilan sampel tanah dan daun pada peta (lampiran gambar 1), dirinci sebagaimana tabel 2.

Tabel 2. Sebaran pengambilan sampel tanah dan sampel daun

Kelompok	Blok	Umur tanaman (Thn)	Cakupan (ha)	Radius rorak	Jumlah	
					Titik	Ulangan
1	18CC*	21	8	10-50 meter	4	3
2	19CC*	19	15	10-50 meter	7	3
3	18CC*	21	10	>50 meter	5	3
4	19CC*	19	10	>50 meter	5	3
5	18CC**	21	10	10-50 meter	5	3
6	18CC**	21	8	>50 meter	4	3
7	17CC***	19	10	-	5	3
Total			72	-	36	21

Keterangan: *Distribusi POME dari aliaran langsung
 **Distribusi POME dari buffer pond terlebih dahulu
 ***Lahan kontrol

3.4. Analisis Data

Data sekunder dari hasil uji laboratorium sampel tanah di lahan aplikasi POME dan lahan kontrol akan dikaji dengan analisis statistic. Analisis perbandingan terhadap parameter pH tanah, C-organic, N-total dan K-dd pada tanah menggunakan analisis statistik uji Tanda (Sign) program SPSS pada taraf/probabilitas 5%. Analisis data produksi tanaman dilokasi penelitian dikaji menggunakan analisis uji Independen T-test pada taraf 5% dan uji korelasi dimana kekuatan hubungan dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi (r^2) >0,5 pada taraf (probabilitas 5%).

Data primer dari pengamatan langsung akan dijelaskan secara deskriptif kualitatif terhadap kondisi fisualisasi (lahan dan tanaman) saat penelitian. Sedangkan data primer dari penelitian langsung untuk mendapatkan data analisis laboratorium parameter kimia tanah dan serapan hara (N dan K) pada tanaman di kaji/dianalisis secara statistic. Untuk melihat keragaman nilai masing-masing kelompok sampel digunakan analisis statistic sidik ragam (Anova) pada taraf 5%, jika terdapat perbedaan signifikan maka akan dilanjutkan menggunakan uji DMRT (Duncan Multiple Range

4 Test) pada taraf 5%. Hubungan antar variabel data yang diteliti dianalisis menggunakan uji Korelasi dan Regresi Linier. Pada uji korelasi dikatakan adanya hubungan yang signifikan jika nilai probabilitas $<0,05$ atau pada taraf 5%, sementara kekuatan hubungan/korelasinya terukur dengan nilai koefisien korelasi (r^2) $>0,5$.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum

4.1.1 Tanah, iklim dan tofografi lokasi penelitian

Berdasarkan peta jenis tanah kabupaten Lamandau profinsi Kalimantan Tengah (lampiran gambar 2), lokasi penelitian termasuk ke dalam Satuan Pemetaan Tanah (SPT 15) yaitu areal dengan jenis tanah Podsolik Kandic yang terbentuk dari formasi geologi plutonik masam. Uji laboratorium terhadap fisika tanah dari tekstur tanah di lokasi penelitian tahun 2022, pada kedalaman 0-60cm dirangkum pada tabel 3.

Tabel 3. Kelas tekstur pada tiga lapisan tanah di blok penelitian tahun 2022

Lahan	Blok	Lapisan tanah	Persen Fraksi			Kelas tekstur
			Pasir	Debu	liat	
Aplikasi POME	18CC	0-20	38,27	11,90	49,83	liat
		20-40	37,53	14,10	48,83	liat
		40-60	36,91	14,87	48,26	liat
Aplikasi POME	19CC	0-20	36,82	13,22	49,96	liat
		20-40	30,43	20,65	48,12	liat
		40-60	36,27	16,56	47,17	liat
Kontrol	17CC	0-20	34,21	14,41	51,38	liat
		20-40	36,03	13,71	50,26	liat
		40-60	22,41	15,48	62,11	liat

Sumber: Laporan Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Pemantauan Lingkungan (RKLRLP) PT. GMR tahun 2022

Penetapan kelas tekstur berdasarkan segitiga kelas tekstur menurut USDA dalam hardjowigeno (1987) pada tiga lapisan tanah dengan kedalaman 0-60cm dilokasi penelitian menunjukkan bahwa semua bertekstur liat.

Tekstur tanah atau besar butir tanah berhubungan erat dengan pergerakan air dan zat terlarut, udara, pergerakan panas, berat volume tanah, luas permukaan spesifik, kemudahan tanah memadat dan lain-lain (Arsyad, *et.al.*,2012).

Topografi lokasi penelitian yaitu lahan aplikasi dan lahan kontrol ditunjukkan oleh peta contour (lampiran gambar 3) merupakan areal yang memiliki topografi datar sampai bergelombang.

Curah hujan pada kurun waktu tahun 2015 sampai tahun 2022 (lampiran 1) tercatat sebesar 2050mm sampai 3888mm atau rata-rata curah hujan pertahun adalah 2954mm. Berdasarkan sistem klasifikasi tipe iklim Schmidt-Ferguson bahwa lokasi penelitian merupakan kawasan yang termasuk ke dalam tipe A sangat basah ($Q < 14,3$) dimana di lokasi penelitian memiliki nilai Q : 6,89

Pengamatan yang dilakukan pada perkebunan-perkebunan kelapa sawit di Indonesia diketahui bahwa curah hujan tahunan minimal untuk tanaman kelapa sawit adalah 1.250 mm (Siregar *et al.*, 2013). Kategori kebutuhan air dari curah hujan pada lokasi penelitian cukup sesuai bagi kebutuhan pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

4.1.2 Pengelolaan POME di PKS PT GMR

Produksi POME dari proses olah TBS di PKS PT ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Konversi POME yang dihasilkan dari TBS yang diolah PKS PT GMR tahun 2015-2022

Thn	TBS olah (Ton/tahun)	Troughtput (Ton/Jam)	CPO (ton)	OER (%)	POME (m ³ /Thn) *
2015	319.326,550	50,34	72.282,70	22,64	191.596
2016	219.439,920	50,30	50.278,02	22,91	131.787
2017	174.645,097	50,26	40.193,55	23,01	104.787
2018	132.836,613	34,32	28.437,57	21,41	7 9.702
2019	7.875,8688	24.49	1.672,99	20,99	4.723
2020	-	-	-	-	-
2021	211,8108	26,81	-	-	127
2022	31.637,975	23	6.790,74	21,46	18.983

Sumber: Laporan Peforma Produksi PKS PT GMR

Keterangan * diolah penulis, konversi sebesar 0,6 dari jumlah TBS olah

Outlet kolam penampungan POME pada IPAL dari masing-masing tipe kolam pengolahan dan kapasitas tampung di PKS PT GMR memiliki total daya tampung sebesar 131.10m³ (lampiran gambar 4). Sebelum PKS menjalani proses *maintance*, POME yang dihasilkan pertahun sudah melebihi kapasitas daya tampung kolam di IPAL PKS sehingga penerapan *Land Application (LA)* dijalankan dimulai tahun 2015 dengan metode flatbed/rorak, memanfaatkan lahan seluas 61,18Ha dari total ijin pemanfaatan seluas 337,5Ha. Mengacu deficit neraca air hujan per tahun sebesar 10cm, dosis aplikasi POME pertahun di PT GMR ditetapkan 1.000m³/hektar/tahun. Lahan yang diperlukan untuk aplikasi POME sedikitnya seluas 216 hektar. Aplikasi yang hanya memanfaatkan luasan 61,18 hektar memungkinkan bahwa POME yang dialirkan sudah melebihi dosis per tahun yang ditetapkan.

Analisis laboratorium terhadap POME di outlet *final pond* dilakukan secara berkala dengan data sebagaimana tabel 5.

Tabel 5. Analisis laboratorium kualitas POME di instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di *final pond* PKS PT GMR.

Parameter	satuan	Tahun analisis			
		2015	2016	2021	2022
TSS	mg/l	1994	2.108	1.104	75
pH	-	8,2	8,2	8,2	6,7
Ca	mg/l	<0,003	<0,003	<0,003	<0,001
Minyak/lemak	mg/l	6,0	31	6,0	0,4
Zn	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,006
Cu	mg/l	<0,02	<0,009	<0,02	<0,006
Timbal	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,006
BOD ₅	mg/l	881,35	789	284	99,7
COD	Mg/l	2811	1.736	738	430
N-total	mg/l	192,16	280,84	152,10	103,5

Sumber: Laporan Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Pemantauan Lingkungan (RKLRLPL) PT. GMR tahun 2016, tahun 2016, 2021 dan 2022

Berdasarkan standar baku mutu POME untuk aplikasi ke lahan menunjukkan bahwa rata-rata pH POME pada IPAL memiliki nilai diatas 6, nilai tersebut masih memenuhi standar ketentuan yang ditetapkan yaitu antara pH 6-9. Demikian halnya dengan nilai BOD pertahun menunjukkan nilai lebih rendah dari ambang batas yang ditetapkan untuk aplikasi ke lahan.

6 Turunnya nilai pH di tahun 2022 karena terhentinya suplay POME sehingga cairan POME di *final pond* sebagian besar berasal dari air hujan. Sebagaimana di jelaskan oleh Anwar dan Sudadi (2013) bahwa ketika air hujan murni berada dalam kesetimbangan dengan karbon dioksida, maka konsentrasi ion hidrogen yang dihasilkan menyebabkan pH 5,6. Air hujan yang bereaksi dengan kandungan CO₂ di atmosfer yang berasal dari dekomposisi bahan organik dan dari respirasi tanaman akan melarutkan CO₂ dan menghasilkan asam lemah.

8 Penelitian Pamin *et al.* (1996) menunjukkan kandungan hara POME akan 43 menurun sesuai dengan fase pengolahannya pada instalasi pengolahan di PKS. Pada kolam anaerobic primer kadar BOD menurun dari 25.000 mg/L menjadi 3500-5000mg/L, N dari 500-900mg/L menjadi 500-675mg/L, K dari 1000-1975 menjadi 1000-1850mg/L sedangkan pada kolam anaerobic sekunder BOD menurun menjadi 2000-3000mg/L, N menjadi 325-450 mg/L dan K menjadi 875-1250 mg/L.

4.1.3. Gambaran kimia tanah di lahan yang diaplikasi POME di PT GMR

Gambaran kimia tanah dari lahan aplikasi POME di PT GMR ditunjukkan oleh data kimia tanah uji laboratorium saat aplikasi POME masih berjalan dua tahun (2016) dan empat tahun (2018) sebagaimana dirangkum pada tabel 6 dan tabel 7.

Tabel 6. Kimia tanah lahan aplikasi POME dan lahan kontrol tahun 2016

Blok	Titik sampel	Lapisan (cm)	pH	C-organik (%)	N-total (%)	K-dd (me/100gr)
18	Antar rorak	0-20	3,89	2,41	0,15	0,51
		20-40	3,64	0,88	0,07	0,37
		40-60	3,49	0,88	0,08	0,14
19	Antar rorak	0-20	3,74	2,04	0,05	0,12
		20-40	3,61	0,80	0,07	0,12
		40-60	3,62	0,72	0,05	0,23
18	Pada rorak	0-20	3,51	2,42	0,16	0,02
		20-40	3,54	1,39	0,18	0,02
		40-60	3,35	0,84	0,08	0,03
19	Pada rorak	0-20	3,09	2,39	0,10	0,01
		20-40	3,24	1,19	0,10	0,04
		40-60	3,24	0,92	0,09	0,03
17	Antar pokok	0-20	3,05	2,45	0,15	1,41
		20-40	3,17	0,86	0,15	0,99
		40-60	3,02	0,89	0,33	1,02
17	Antar pokok	0-20	3,35	0,40	0,03	0,45
		20-40	3,26	0,62	0,05	0,40
		40-60	3,09	0,48	0,06	0,43

Sumber: Laporan Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Pemantauan Lingkungan (RPLRKL) PT GMR tahun 2016

Tabel 7. Kimia tanah lahan aplikasi POME dan lahan kontrol tahun 2018

Blok	Titik sampel	Lapisan (cm)	pH	C-organik (%)	N-total (%)	K-dd (me/100gr)
18	Antar rorak	0-20	4,04	2,41	0,15	0,58
		20-40	3,67	0,88	0,07	0,37
		40-60	3,44	0,88	0,08	0,14
19	Antar rorak	0-20	3,84	2,04	0,05	0,15
		20-40	3,96	0,80	0,07	0,12
		40-60	3,62	0,72	0,05	0,25
18	Pada rorak	0-20	3,67	2,42	0,12	0,05
		20-40	3,61	1,38	0,10	0,02
		40-60	3,30	0,82	0,08	0,03
19	Pada rorak	0-20	3,54	2,35	0,16	0,01
		20-40	3,43	1,11	0,10	0,04
		40-60	3,42	0,97	0,10	0,03
17	Antar pokok	0-20	3,24	2,41	0,15	1,45
		20-40	3,21	0,85	0,15	0,97
		40-60	3,12	0,85	0,33	1,02
17	Antar pokok	0-20	3,44	0,40	0,04	0,45
		20-40	3,32	0,62	0,05	0,40
		40-60	3,56	0,48	0,06	0,43

Sumber: Laporan Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Pemantauan Lingkungan (RKLRL) PT. GMR tahun 2018

Variabel data yang dipakai untuk analisis perbandingan antara parameter kimia tanah lahan aplikasi dengan lahan kontrol tahun 2016 dan aplikasi POME tahun 2018, merupakan variable data dari uji laboratorium sampel tanah yang diambil dari titik antar rorak di lahan aplikasi dengan sampel tanah dari titik antar pokok di lahan kontrol. Output analisis (lampiran 2) terangkuman pada tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan parameter kimia tanah antara lahan aplikasi POME dengan lahan kontrol tahun 2016, 2018.

Aplikasi LCPKS	Nilai probabilitas (sig)			
	pH	C-organik	N-total	K-dd
Tahun 2016	0,03 ^b	0,687 ^b	1,00 ^b	0,03 ^b
Tahun 2018	0,031 ^b	0,063 ^b	1,00 ^b	1,00 ^b

Keterangan: ^b) nilai parameter di lahan aplikasi > lahan kontrol

57
7
8
Dua tahun aplikasi POME menunjukkan adanya perubahan parameter kimia tanah yaitu pH yang berbeda signifikan dan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang tidak diaplikasi POME (lahan kontrol). Hal sama terjadi pada nilai K-dd, namun tidak terdapat perubahan signifikan untuk C-organik dan N-total tanah meskipun menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan lahan kontrol. Aplikasi POME setelah empat tahun menunjukkan bahwa hanya ada perubahan terhadap pH tanah dengan nilai berbeda signifikan dibandingkan lahan kontrol namun tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap C-Organik, N-total dan K-dd meskipun masing-masing memiliki nilai lebih tinggi.

8
Pemberian POME terhadap kenaikan pH disebabkan adanya mineralisasi Bahan organik dan pelepasan kation-kation basa ke dalam larutan tanah (Hue 1992).

36
Material POME dari kolam pengolahan yang dialirkan ke lahan aplikasi di PT GMR tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kandungan C-organik dan N-total dalam tanah. Hal tersebut terkait dengan rendahnya nilai BOD₅ pada outlet kolam pengolahan POME di final pond yang akan dialirkan ke lahan aplikasi yang menunjukkan indikator sedikitnya mikroorganisme yang terkandung pada cairan POME tersebut.

38
5
Penurunan BOD setelah dilakukan pengolahan akan diikuti dengan penurunan kandungan unsur hara N, P dan K dari limbah cair pabrik kelapa sawit (Simanjuntak, 2009). Sebagaimana juga dijelaskan bahwa kehadiran bahan organik akan meningkatkan kemampuan tanah dalam menyerap dan mempertukarkan kation, serta melarutkan sejumlah unsur hara dari mineral oleh asam humus, sehingga meningkatkan ketersediaan unsur hara baik makro dan mikro. Adanya bahan organik juga akan

meningkatkan jumlah dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah (Sathya, *et al.*, 2016).

Perubahan kimia tanah di lahan aplikasi dengan bertambahnya waktu aplikasi POME ditunjukkan dengan analisis statistic uji Tanda (Sign) perbandingan parameter kimia tanah lahan aplikasi tahun 2016 dengan parameter kimia tanah lahan aplikasi tahun 2018. Variabel data yang digunakan adalah data parameter kimia tanah hasil uji laboratorium sampel tanah dari titik pada rorak dan dari titik antar rorak di lahan aplikasi. Output analisis statistic (lampiran 3) terlihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perubahan kimia tanah di lahan aplikasi dari bertambahnya waktu aplikasi POME

Perlakuan	Tambahkan waktu	Probabilitas (sig)			
		pH	C-organik	N-total	K-dd
Aplikasi POME	2 tahun	0,039 ^b	0,375 ^b	0,50 ^b	0,125 ^b

Keterangan: ^b) nilai parameter setelah > sebelum terhentinya aplikasi POME

Dua tahun bertambah waktu aplikasi POME di lahan aplikasi memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan reaksi kimia tanah berupa kenaikan terhadap pH tanah, sementara itu tidak terdapat pengaruh signifikan terhadap kandungan C-organik tanah. N-total dan K-dd.

Penelitian sebelumnya yang membuktikan bahwa aplikasi LCPKS dengan Biological Oxygen Demand (BOD) dalam kisaran 3.500-5.000 mg/L dapat memperbaiki beberapa sifat kimia tanah mineral masam (Ultisol) di sekitar flatbed atau rorak (yang berada di antara dua gawangan pokok sawit), berupa peningkatan pH, ketersediaan kation-kation, K (kalium), Ca (kalsium), dan Mg (magnesium), Kapasitas

Tukar Kation (KTK), bahan organik tanah, hara N, dan P (Honim, 2006). Peningkatan tersebut sejalan dengan waktu dan frekuensi pemberian LCPKS (Manik, 2000) serta peningkatan pemberian dosis LCPKS (Ermadani dan Arsyad, 2007).

Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut, bertambahnya waktu aplikasi POME ke lahan di PT GMR menunjukkan bahwa tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kandungan dan ketersediaan hara khususnya hara N dan K.

Data analisis laboratorium kimia tanah lahan aplikasi dan lahan kontrol tahun 2022 sebagaimana pada tabel 10 merupakan pasca terhentinya aliran POME setelah tiga tahun.

Tabel 10. Kimia tanah lahan aplikasi dan lahan kontrol tahun 2022

Blok	Titik sampel	Lapisan (cm)	pH	C-organik (%)	N-total (%)	K-dd (me/100gr)
18	Antar rorak	0-20	4,59	2,93	0,08	0,12
		20-40	4,69	2,39	0,12	0,13
		40-60	4,53	2,76	0,09	0,12
19	Antar rorak	0-20	4,93	2,59	0,12	0,15
		20-40	5,19	2,55	0,09	0,14
		40-60	6,32	2,47	0,06	0,14
18	Pada rorak	0-20	5,83	3,20	0,08	0,15
		20-40	5,91	3,15	0,09	0,15
		40-60	6,97	2,76	0,12	0,12
19	Pada rorak	0-20	6,24	2,73	0,08	0,14
		20-40	6,05	2,43	0,07	0,12
		40-60	5,55	2,63	0,12	0,11
17	Antar pokok	0-20	4,19	2,37	0,09	0,15
		20-40	4,30	2,64	0,06	0,13
		40-60	4,12	2,80	0,10	0,11
17	Antar pokok	0-20	4,23	3,29	0,09	0,12
		20-40	4,11	2,83	0,10	0,15
		40-60	4,05	3,18	0,11	0,14

Sumber: Laporan Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Pemantauan Lingkungan (RKLRPL) PT. GMR tahun 2022

Analisis statistic uji Tanda (Sign) juga dilakukan terhadap parameter kimia tanah di lahan aplikasi POME dengan lahan kontrol tahun 2022, dimana lahan aplikasi sudah tidak teraliri POME selama tiga tahun. variable data diambil dari analisis laboratorium sampel tanah dari titik antar rorak (lahan aplikasi) dengan variabel data dari titik antar pokok (lahan kontrol). Output analisis statistic (lampiran 4) dirangkum pada tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan parameter kimia tanah antara lahan aplikasi POME dengan lahan kontrol tahun 2022.

Aplikasi LCPKS	Nilai probabilitas (sig)			
	pH	C-organik	N-total	K-dd
Tahun 2022	0,031 ^b	0,687 ^b	0,687 ^b	1,00 ^b

Keterangan: ^b) nilai parameter di lahan aplikasi > lahan kontrol

Lahan aplikasi sudah tiga tahun tidak teraliri POME menunjukkan bahwa pH tanah berbeda signifikan dengan nilai lebih tinggi dibandingkan lahan kontrol. Sementara itu tidak terdapat perbedaan signifikan terhadap status hara C-organik, N-total serta K-dd meskipun pada lahan aplikasi masih memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan pada lahan kontrol.

4.1.4. Gambaran fisik tanaman dan kondisi areal pasca terhentinya aliran limbah di lahan aplikasi POME PT GMR

1 Kondisi tanaman kelapa sawit di kebun PT GMR khususnya dilokasi penelitian menunjukkan pertumbuhan relatif baik meskipun masih dijumpai beberapa pokok menunjukkan perkembangan yang kurang baik. Kondisi lingkungan tanaman masih cukup terawat dimana terhadap pengendalian gulma masih terjaga ± 75 persen. Aktifitas pruning dilakukan mengikut kegiatan panen (*progresif*). Kondisi dimana pruning belum dijalankan saat dilakukan penelitian beberapa tempat menunjukkan fisiologis tanaman kelapa sawit dengan pelepah yang mengalami *front fracture* (sengkleh) dibagian bawah hingga beberapa spiral pelepah mengarah ke pelepah yang lebih muda.

Pemupukan mengikut rekomendasi manajemen PT. GMR terhadap ketiga blok lokasi penelitian (lampiran 5) bahwa beberapa tahun terakhir sebelum penelitian tidak dilakukan pemupukan anorganik. Pada tahun 2015 pemupukan anorganik terhadap lahan kontrol blok 17CC diaplikasi pupuk NK-mix (11,6/27) dosis 2,5 kg/pokok, aplikasi pupuk kiserite dosis 1kg/pokok dan borate dosis 1kg/pokok. Aplikasi pupuk di lahan aplikasi POME blok 18CC sama seperti pada lahan kontrol, sedangkan aplikasi pupuk anorganik di lahan aplikasi blok 19CC hanya diaplikasi pupuk Kieserite dan Borate. Tahun 2016 lahan kontrol diaplikasikan pupuk organic yaitu janjang kosong dosis 40 ton/hektar dan aplikasi *Decanter Solite (DC)* dosis 2,5 kg/pokok. Tahun 2017 lahan kontrol masih diaplikasi *DC* kemudian di tahun 2018 diaplikasi janjang kosong. Sejak tahun 2019 semua blok penelitian tidak diaplikasi pupuk sama sekali hingga tahun 2022.

Gambaran fisik lahan aplikasi PT GMR pasca terhentinya aliran POME (lampiran gambar 5), menunjukkan kondisi rorak di lahan aplikasi bervariasi kelompok

areal pada lahan aplikasi blok 18CC dari pola pengaliran langsung POME dari IPAL PKS ke rorak pada radius 10-50m menunjukkan kondisi isi rorak sebagian besar kering namun masih kelihatan jelas adanya bekas pengaliran material POME pada dinding rorak, sedangkan pada radius >50 meter sebagian rorak kering dan sedikit sekali tanda bekas pengaliran material POME. Kelompok areal di blok 19CC dari pola pengaliran langsung POME ke rorak radius 10-50m dari kran distribusi menunjukkan kondisi rorak sebagian besar terisi air yang masih kelihatan jelas adanya campuran material POME dengan air yang keruh berwarna coklat, sedangkan pada radius >50meter sebagian rorak terisi air campuran POME dengan sedikit volume dari dasar rorak. areal pada lahan aplikasi blok 18CC dari distribusi POME dari IPAL PKS ke rorak melalui kolam penampungan (*buffer pond*) di lahan aplikasi bahwa kondisi rorak pada radius 10-50m dari kran distribusinya menunjukkan masih terisi air dengan fisualisasi material cairan yang sudah terakumulasi dengan air hujan dan sudah ditumbuhi tanaman air yang menunjukkan warna hijau berlumut, sementara rorak pada radius >50meter dari kran distribusi di kolam penampungan menunjukkan rorak tidak terisi air (kering) dan sebagian kecil rorak menunjukkan adanya bekas material POME di dasar rorak dan dinding rorak.

4.2 Status Ketersediaan Hara Tanah (khususnya N, K) dan Serapannya Pada Tanaman Kelapa Sawit Pasca Terhentinya aliran POME.

4.2.1. Status ketersediaan hara N dan K tanah pasca terhentinya aliran POME di PT GMR

Analisis statistik terhadap data kimia tanah pH (ekstraksi KCl), N-total, K-total dan ketersediaan Kalium (K-dd) dilakukan terhadap variabel data yang mewakili kelompok areal dari pola distribusi limbah ke rorak pada lahan aplikasi dan kelompok areal pada tofografi datar pada lahan kontrol. Parameter kimia tanah hasil uji laboratorium masing-masing kelompok areal (lampiran 6) disandingkan dengan kategori penilaian sifat-sifat kimia tanah menurut Pusat Penelitian Tanah (1983) pada tabel 12.

Tabel 12. Kategori penilaian sifat-sifat kimia tanah berdasarkan kriteria Pusat Penelitian Tanah

Sifat Tanah	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C (%)	<1,00	1,00-2,00	2,01-3,00	3,01-4,00	>5,00
N (%)	<0,10	0,10-0,20	0,21-0,50	0,51-0,75	>0,75
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25
P ₂ O ₅ HCl (mg/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
P ₂ O ₅ Bray (ppm)	<10	10-15	16-25	26-35	>35
P ₂ O ₅ Olsen(ppm)	<4,5	4,6-11,5	11,6-22,8	>22,8	-
K ₂ OHC125% (mg/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	>60
K-total (ppm)	<100	100-200	210-400	410-600	>600
KTK (cmol ⁺ /kg)	<5	5-16	17-24	25-40	>40
K (cmol ⁺ /kg)	<0,2	0,2-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1,0
Na(cmol ⁺ /kg)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1,0
Mg(cmol ⁺ /kg)	<0,4	0,4-1,0	1,1-2,0	2,1-8,0	>8,0
Ca(cmol ⁺ /kg)	<2	2-5	6-10	11-20	>20
Kejenuhan Basa (%)	<20	20-35	36-60	61-75	>75
Kejenuhan Al (%)	<10	10-20	21-30	31-60	>60
Sangat masam	masam	Agak masam	Netral	Netral	Alkalis
pH H ₂ O	<4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	>7,5

Keterangan: 1 mg/100g = 1mg/100.000 mg = 10mg/1.000.000 mg = 10 ppm,
1 cmol (+)/kg = 1 me/100g

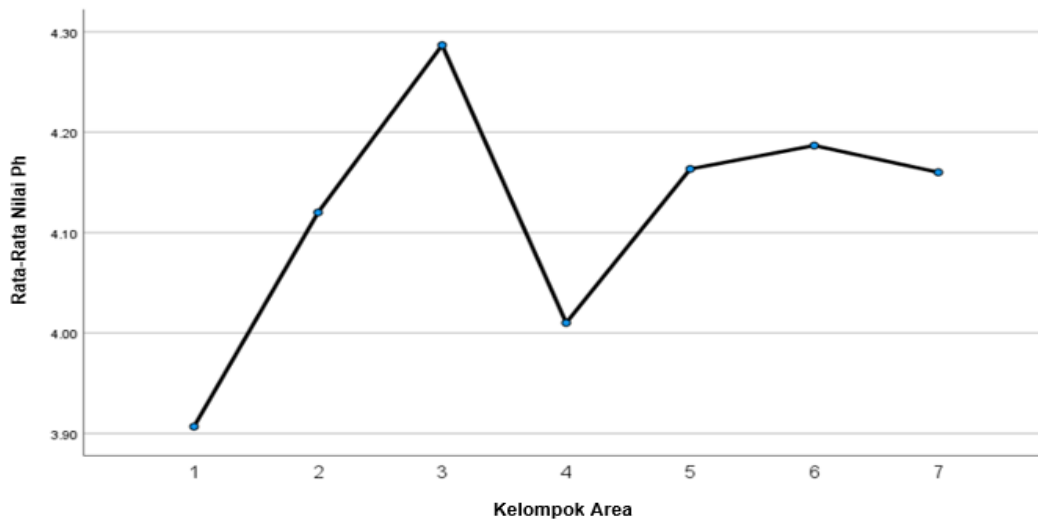
Analisis statistic sidik ragam menggunakan uji Anova (lampiran 7) diperoleh rata-rata nilai parameter pH tanah masing-masing kelompok areal di lahan aplikasi dan kelompok areal di lahan kontrol, dengan kategorinya yang ditunjukkan sebagaimana pada tabel 13.

Tabel 13. Status kimia tanah (pH) masing-masing kelompok areal berdasarkan pola distribusi POME di LA dan lahan kontrol

Kelompok areal	Kode sampel	blok	Paramater reaksi kimia tanah (pH)	
			Rata-rata	Kategori
1	T/LA18CCR10	18	3,9067 ^a	SM
2	T/LA19CCR10	19	4,1200 ^c	SM
3	T/LA18CCR50	18	4,2867 ^d	SM
4	T/LA19CCR50	19	4,0100 ^b	SM
5	T/LA18CCBRF10	18	4,1633 ^b	SM
6	T/LA18CCBRF50	18	4,1867 ^b	SM
7	T/K17CC	17	4,1600 ^b	SM

Keterangan: Rata-rata yang diikuti dengan notasi huruf yang sama menunjukkan kisaran nilai yang sama atau tidak berbeda signifikan pada uji Duncan. urutan alfabet menunjukkan besaran dari nilai rata-rata terkecil kategori: SM; sangat masam, M; masam, AM; agak masam, N; Netral AK; Agak alkalis, A; alkalis

Rata-rata nilai pH masing-masing kelompok areal menunjukkan perbedaan signifikan. Dari uji Duncan terdapat variasi nilai rata-rata pH pada masing-masing kelompok areal namun semua kelompok memiliki nilai pH dalam kategori sangat masam. Nilai pH tertinggi menempati areal di lahan aplikasi dengan pola distribusi POME langsung dari kolam IPAL di PKS yaitu areal pada blok 18CC dengan radius rorak berada >50m dari kran distribusi. Nilai pH terendah berada pada kelompok areal di lahan aplikasi yaitu areal pada blok 18CC dengan pola distribusi POME langsung ke rorak pada radius 10-50m dimana rorak dalam kondisi kering namun masih terlihat adanya bekas material POME. Sebaran nilai pH pada masing-masing kelompok areal ditunjukkan dalam gambar 1.



68 Gambar 1. Sebaran rata-rata nilai pH pada lahan aplikasi dan pada lahan kontrol

pH potensial pada semua kelompok area yang ditandai dengan kategori sangat masam menunjukkan bahwa sifat tanah di lokasi penelitian yang secara dasar merupakan tergolong tanah masam karena bahan induk pembentuk tanahnya yang dominan yaitu plutonik masam. Disamping itu penciri dari tanah ini adalah memiliki KTK liat $>16\text{cmol}^+/\text{kg}$ (Subarrdja et.al., 2014).

Analisis statistic sidik ragam uji Anova (lampiran 8) diperoleh rata-rata nilai N tanah dengan kategorinya dari masing-masing kelompok areal di lahan aplikasi dan kelompok areal pada lahan kontrol ditunjukkan sebagaimana tabel 14.

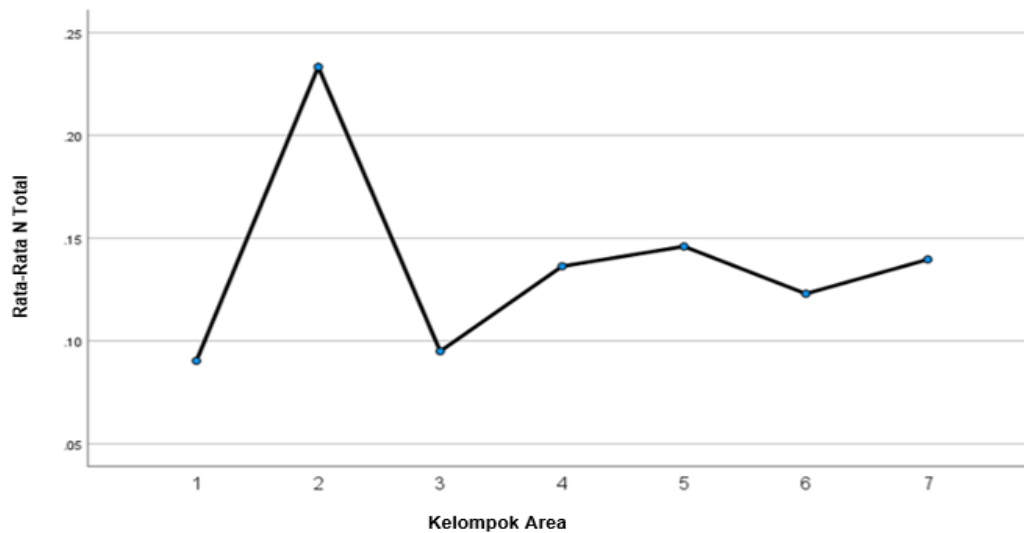
Tabel 14. Status hara N tanah dengan kategori masing-masing kelompok areal berdasarkan pola distribusi POME di LA dan pada lahan kontrol

Kelompok areal	Kode sampel	Blok	Paramater N-total (%)	
			Rata-rata	Kategori
1	T/LA18CCR10	18	0,0903a	SR
2	T/LA19CCR10	19	0,2330d	S
3	T/LA18CCR50	18	0,0950a	SR
4	T/LA19CCR50	19	0,1363bc	R
5	T/LA18CCBRF10	18	0,1460c	R
6	T/LA18CCBRF50	18	0,1230d	R
7	T/K17CC	17	0,1397c	R

Keterangan: Rata-rata yang diikuti dengan notasi huruf yang sama menunjukkan kisaran nilai yang sama atau tidak berbeda signifikan pada uji Duncan. Urutan alfabet menunjukkan besaran nilai rata-rata dari nilai terkecil. Kategori SR: sangat rendah, R: rendah S: sedang, T: tinggi,

Masing masing kelompok areal di lahan aplikasi dan di lahan kontrol memiliki nilai N-total yang berbeda signifikan. Dari uji Duncan terdapat variasi kategori nilai kandungan N mulai dari kategori sangat rendah sampai dengan kategori sedang di lahan aplikasi, sedangkan lahan kontrol memiliki nilai N-total pada kategori rendah. Kriteria sangat rendah menduduki areal yang berada pada kelompok areal 1 (satu) di lahan aplikasi blok 18CC yaitu areal dengan pola distribusi POME langsung dari IPAL PKS ke rorak pada radius 10-50meter dari kran distribusi. Nilai tertinggi kandungan N dengan kategori sedang terdapat pada kelompok areal di lahan aplikasi blok 19CC dengan pola distribusi POME langsung ke rorak pada radius 10-50meter dari kran distribusi.

Sebaran rata-rata nilai N-total tanah masing-masing kelompok areal di lahan aplikasi dan lahan kontrol ditunjukkan oleh grafik pada gambar 2.



Gambar 2. Sebaran rata-rata nilai N-total pada lahan aplikasi dan pada lahan kontrol

Nilai kandungan nitrogen (N-total) tanah yang variatif dan adanya nilai yang menunjukkan sama antara lahan kontrol dan lahan aplikasi serta adanya nilai N yang tinggi dari kelompok areal di lahan aplikasi menunjukkan bahwa sumber N pada tanah bukan sepenuhnya dari material organik dari aliran POME yang pernah diaplikasi. Adanya efek residu bahan organik yang pernah teraliri kerorak dilahan merupakan pengaruh tidak langsung dari sisa organik yang ada sebagai tempat mikroorganisme berkembang untuk membantu proses nitrifikasi nitrogen dari sumber lain seperti air hujan. Hal ini sebagaimana yang dinyatakan oleh Bhattacharyya. *et al.* (2008) bahwa nitrogen tidak tersedia dalam bentuk mineral, sumber terbesar berasal dari atmosfer dan dapat masuk ke tanah melalui air hujan atau udara yang diikat oleh bakteri pengikat nitrogen seperti *Rhizobium* sp. Bakteri memiliki kemampuan menyediakan 50-70% kebutuhan dari nitrogen yang dibutuhkan oleh tanaman.

5 Dijelaskan lebih lanjut bahwa kehadiran bahan organik akan meningkatkan kemampuan tanah dalam menyerap dan mempertukarkan kation, serta melarutkan sejumlah unsur hara dari mineral oleh asam humus, sehingga meningkatkan ketersediaan unsur hara baik makro dan mikro. Adanya bahan organik juga akan meningkatkan jumlah dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah (Sathya, *et al.*, 2016).

28 Analisis statistik uji sidik ragam (Anova) yang dilanjutkan dengan uji duncan (lampiran 9) diperoleh nilai rata-rata K-total tanah dengan kategori dari masing-masing kelompok areal di lahan aplikasi dan pada lahan kontrol ditunjukkan sebagaimana tabel 15.

Tabel 15. Status K-total tanah dengan kategori masing-masing kelompok areal berdasarkan pola distribusi POME di LA dan pada lahan kontrol

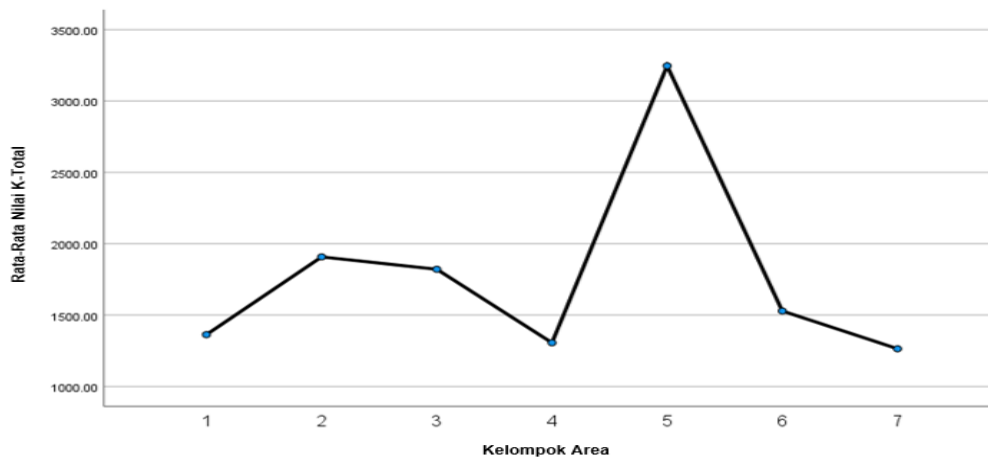
Kelompok areal	Kode sampel	blok	Paramater K-total (ppm)	
			Rata-rata	Kategori
1	T/LA18CCR10	18	1363,27 ^a	ST
2	T/LA19CCR10	19	1907,83 ^c	ST
3	T/LA18CCR50	18	1821,30 ^c	ST
4	T/LA19CCR50	19	1306,36 ^a	ST
5	T/LA18CCBRF10	18	3246,00 ^d	ST
6	T/LA18CCBRF50	18	1528,90 ^b	ST
7	T/K17CC	17	1264,50 ^a	ST

15
27 *Keterangan:* Rata-rata yang diikuti dengan notasi huruf yang sama menunjukkan kisaran nilai yang sama atau tidak berbeda signifikan pada uji Duncan. urutan alfabet menunjukkan besaran nilai rata-rata dari nilai terkecil Kategori SR: sangat rendah, R: rendah S: sedang, T: tinggi,

Nilai K-total tanah dari analisis statistik uji Anova bahwa masing-masing kelompok areal berdasarkan pola distribusi limbah pada lahan aplikasi dan pada lahan kontrol memiliki nilai berbeda signifikan namun semua kelompok memiliki kategori

status K-total sangat tinggi. Dari uji Duncan terdapat variasi rata-rata nilai kandungan kalium (K-total) pada lahan aplikasi dan terdapat pula nilai rata-rata dalam kisaran yang sama antara kelompok pada lahan kontrol dengan lahan aplikasi. Kategori sangat tinggi dengan nilai tertinggi terdapat pada kelompok areal di lahan aplikasi blok 18CC dengan pola distribusi POME dari IPAL PKS ke rorak melalui kolam penampungan di lahan (*buffer pond*) pada radius rorak 10-50m dari kran distribusinya.

Grafik yang menunjukkan sebaran kandungan kalium (K-total) pada tanah masing-masing kelompok areal ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Sebaran nilai rata-rata K-total pada lahan aplikasi dan pada lahan kontrol

K-total yang tinggi pada semua sebaran kelompok areal baik di lahan aplikasi maupun di lahan kontrol menunjukkan bahwa **besar kecilnya kandungan kalium di dalam tanah dikarenakan unsur hara kalium di tanah terbentuk lebih stabil dari unsur hara nitrogen, dan lebih cepat mobile dari unsur hara fosfor sehingga mudah berpindah terbawa air hujan dan temperatur dapat mempercepat pelepasan dan pelapukan mineral dalam pencucian kalium. Kadar kalium yang tersedia di dalam tanah dapat berkurang dikarenakan diserap oleh tanaman (Yuwono *et al.*, 2012).**

Analisis statistic uji sidik ragam (Anova) yang dilanjutkan dengan uji Duncan (lampiran 10) diperoleh nilai rata-rata K-dd tanah dengan kategorinya dari masing-masing kelompok areal di lahan aplikasi dan kelompok areal pada lahan kontrol ditunjukkan sebagaimana tabel 16.

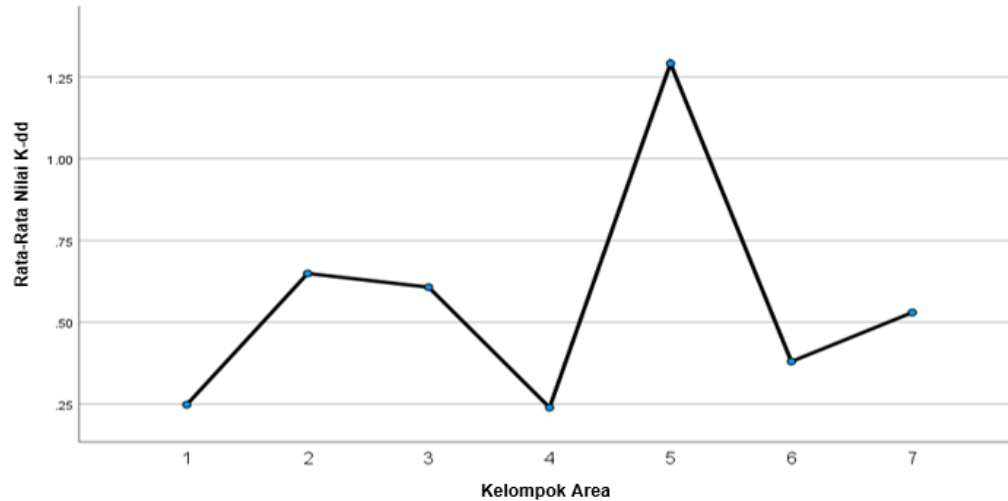
Tabel 16. Status K-dd tanah berdasarkan kategori masing-masing sebaran sample berdasarkan pola distribusi limbah aplikasi LCPKS dan pada lahan kontrol

Kelompok areal	Kode sampel	blok	Paramater K-dd (m.e/100g)	
			Rata-rata	Kategori
1	T/LA18CCR10	18	0,2477a	R
2	T/LA19CCR10	19	0,6490e	T
3	T/LA18CCR50	18	0,6070d	T
4	T/LA19CCR50	19	0,2390a	R
5	T/LA18CCBRF10	18	1,2913f	ST
6	T/LA18CCBRF50	18	0,3797b	R
7	T/K17CC	17	0,5297c	S

Keterangan: Rata-rata yang diikuti dengan notasi huruf yang sama menunjukkan kisaran nilai yang sama atau tidak berbeda signifikan pada uji Duncan. urutan alfabet menunjukkan besaran nilai rata-rata dari nilai terkecil Kategori SR: sangat rendah, R: rendah S: sedang, T: tinggi,

Nilai K-dd tanah dari analisis statistic uji Anova dan uji Duncan bahwa masing masing kelompok areal berdasarkan pola distribusi limbah pada lahan aplikasi dan pada lahan kontrol memiliki nilai berbeda signifikan. Masing-masing kelompok areal memiliki kategori status K-dd bervariasi mulai dari kategori rendah sampai sangat tinggi. Kategori sedang menempati pada kelompok areal pada lahan kontrol. Kategori sangat tinggi dengan nilai tertinggi terdapat pada kelompok areal di lahan aplikasi blok 18CC dengan pola distribusi POME dari IPAL PKS ke rorak melalui kolam penampungan di lahan aplikasi (*buffer pond*) pada radius rorak 10-50m dari kran

64 distribusinya. Grafik sebaran nilai K-dd masing-masing kelompok di tunjukan pada gambar 4.



26 Gambar 4. Sebara nilai rata-rata K-dd pada lahan aplikasi dan pada lahan kontrol

21 Kalium merupakan unsur yang jumlahnya paling melimpah di permukaan bumi. Tanah mengandung 400-650 kg kalium untuk 93 m² (pada kedalaman 15,24 cm).
21 Sekitar 90-98 % berbentuk mineral primer yang tidak dapat terserap oleh tanaman, 1-10 % terjebak dalam koloid tanah karena bermuatan positif, sisanya hanya 1-2 % terdapat dalam larutan tanah dan tersedia bagi tanaman (Ispandi A, 2000).

Uji korelasi dimana output untuk mengetahui apakah terjadi hubungan mempengaruhi masing-masing parameter kimia tanah dimana output yang diperoleh (lampiran 11) ditunjukan sebagaimana tabel 17.

Tabel 17. Hubungan Masing- Masing Parameter Kimia Tanah

Parameter	Nilai Korelasi terhadap					
	N-total		K-total		K-dd	
	r ²	sig	r ²	sig	r ²	sig
pH	0,300	0,187	0,300	0,187	0,447	0,042
N-total	-	-	0,219	0,338	0,293	0,198
K-total	-	-	-	-	0,946	<0,001
pH dan N-total	-	-	-	-	0,438	0,053
pH dan K-total	-	-	-	-	0,951	<0,001

Keterangan: r² adalah koefisien korelasi, Sig adalah Probabilitas taraf 5%

Korelasi Person antara pH dengan N-total pada tanah tidak signifikan. Demikian pula korelasi Person pH terhadap K-total memiliki hubungan tidak signifikan. Korelasi Person pH terhadap K-dd terdapat hubungan yang signifikan. Korelasi Person N-total dengan K-total tidak terdapat hubungan signifikan, begitu juga korelasi Person antara N-total dan K-dd dimana tidak terdapat korelasi yang signifikan. Sementara korelasi Person antara K-total dengan K-dd menunjukkan adanya korelasi yang kuat dan terdapat hubungan signifikan.

Pada korelasi Parsial pH dan N-total terhadap K-dd, nilai koefisien korelasi meningkat menjadi 0,438 dengan nilai probability 0,053 > 0,05 bahwa korelasinya tidak signifikan. Sementara korelasi Parsial pH dan K-total terhadap nilai K-dd menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat (sig < 0,001 > 0,05) dan koefisien korelasi bertambah menjadi 0,951.

Arah hubungan dimana parameter reaksi kimia tanah yaitu pH berkorelasi signifikan dengan K-dd, K-total berkorelasi signifikan dengan K-dd serta adanya korelasi bersama yang signifikan pH dan K-total terhadap K-dd maka analisis Regresi linier dan Regresi Linier Berganda yang dilakukan, diperoleh output (lampiran 12) sebagai mana tabel 18.

Tabel 18. Arah hubungan parameter kimia tanah dari uji regresi linier

Variable independen	Variable dependent (K-dd)		
	R ²	sig	Koofisien Regresi
pH	0,200	0,042	1,2220
K-total	0,889	0,001	0,005*
pH dan K-total	0,924	0,001	0,005

Keterangan: R² adalah kofisien determinasi, Sig adalah Probabilitas, *) konversi nilai K-dd ke dalam satuan ppm

Adanya korelasi antara K total dengan k-dd menunjukkan bahwa ketersediaan kalium pada tanah di lokasi penelitian lebih dominan ditentukan oleh besarnya kandungan kalium (K-total) yang ada pada tanah dilokasi penelitian yang secara dasar merupakan mineral tanah yang dikandungnya dengan kondisi tertentu menyebabkan ketersediannya bagi tanaman.

Analisis regresi pH sebagai variabel independent dengan K-dd sebagai variabel dependent memiliki hubungan dengan nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0.200 berarti bahwa 20 % nilai K-dd dipengaruhi oleh pH sementara sebesar 80% dipengaruhi oleh sebab lainnya. Dengan nilai probabilitas (sig) sebesar 0,042 < 0,05 menunjukkan bahwa model regresi dapat digunakan untuk memprediksi nilai K-dd. Grafik normalitas menunjukkan penyebaran nilai variable disekitar garis regresi. Model regresi antara reaksi kimia tanah (pH) dan K-dd digambarkan sebagai persamaan:

$y = -4,462 + 1,2220x$ (jika pH nol maka K-dd memiliki nilai sebesar -4,462, koefisien regresinya sebesar 1,2220 artinya jika pH ditambah sebesar x maka K-dd akan meningkat sebesar 1,2220x).

Analisis regresi K-dd sebagai variabel dependent (y) dengan variabel independent (x) yaitu K-total tanah, memiliki model regresi linier dimana nilai

probabilitasnya $<0,001^b$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,889 berarti bahwa 88,9 % K-dd dipengaruhi oleh K-total sementara 11,1% dipengaruhi oleh factor lain. Grafik normalitas menunjukkan sebaran data variabel disekitar garis normalitas. Bentuk hubungan antara K-total dengan K-dd pada tanah dilokasi penelitian tergambar sebagai persamaan $y = -3,038 + 0,005x$ artinya bahwa jika nilai K-total nol maka K-dd memiliki nilai sebesar -3,038, koefisien regresinya sebesar 0,005 artinya jika nilai K-total ditambah sebesar x maka K-dd akan meningkat sebesar $0,005x$.

Regresi Linier Berganda variable independent pH (x_1) dan K-total (x_2) terhadap variabel dependent (y) yaitu K-dd, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,924 artinya 92.4% nilai K-dd dipengaruhi bersama oleh pH dan kandungan kalium (K-total) tanah sedangkan 7,6% ditentukan oleh factor lainnya. Probabilitas (sig) $<0,001$ bahwa model regresi dapat digunakan untuk memprediksi ketersediaan kalium (K-dd) dari pengaruh bersama pH dan K-total. Bentuk persamaan yang menggambarkan hubungan tersebut adalah $y = -22,747 + 4,905x_1 + 0,005x_2$, bahwa jika nilai pH bertambah sebesar x_1 dan K-total bertambah sebesar x_2 maka K-dd akan meningkat sebesar: $-22,747 + 4,905x_1 + 0,005x_2$.

4.2.2 Status serapan N dan K pada tanaman kelapa sawit pokok tinggi pasca penghentian POME

Data Primer Status hara pada tanaman diperoleh dari hasil analisis laboratorium terhadap sampel daun (lampiran 13) merupakan gambaran dari nilai serapan hara N dan K yang terdapat dalam jaringan tanaman kelapa sawit dilokasi penelitian.

Untuk melihat sebaran nilai serapan hara di lakukan analisis statistic sidik ragam (Anova) dilanjutkan dengan uji Duncan. Nilai rata-rata serapan disandingkan dengan nilai kritical kecukupan hara sebagaimana di kemukakan oleh H.R. Von Uexkull and T. H. Fairhurst (1991) terhadap status nutrisi daun kelapa sawit pelepah ke 17 dengan umur tanam kelapa sawit lebih dari enam tahun setelah penanaman sebagaimana ditunjukkan pada tabel 19.

Tabel 19. Status nutrisi daun kelapa sawit pelepah ke 17 dengan umur tanam lebih dari enam tahun setelah penanaman

Nutrient	Units	Deficiency		Optimum	Excess
N	% DM	< 2,30	2,40	2,80	> 3,00
P	% DM	< 0,14	0,15	0,18	> 0,25
K	% DM	< 0,75	0,90	1,20	> 1,60
Mg	% DM	< 0,20	0,25	0,40	> 0,70
Ca	% DM	< 0,25	0,50	0,75	> 1,00

Sumber: H.R. von Uexkull and T. H. Fairhurst (1991).

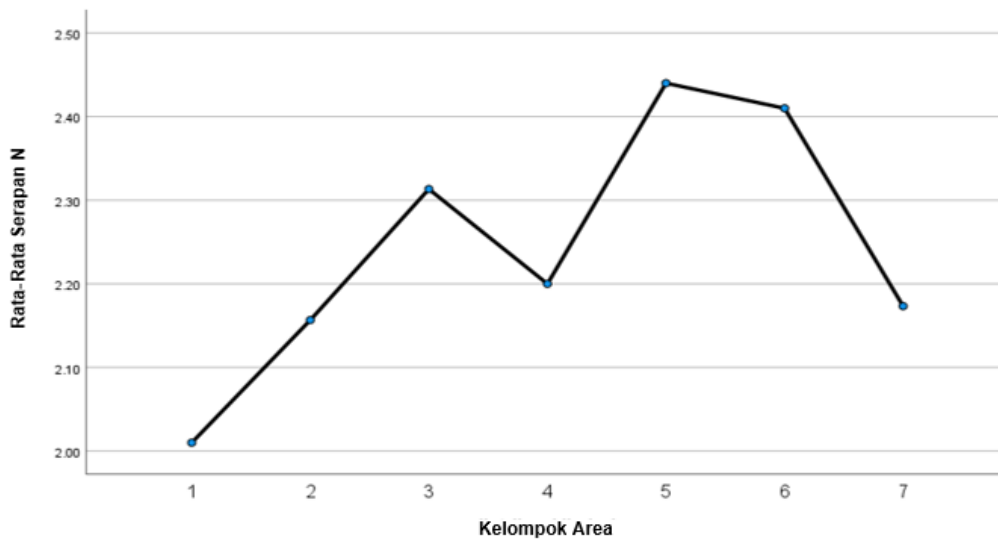
Nilai rata-rata serapan N pada tanaman di lahan aplikasi dan lahan kontrol dengan kategori status serapan hara pada tanaman di masing-masing kelompok areal berdasarkan pola distribusi POME di lahan aplikasi dan di lahan kontrol ditunjukkan pada tabel 20.

Tabel 20. Status serapan hara N berdasarkan kategori nilai kritical parameter kimia di jaringan tanaman kelapa sawit

Kelompok Areal	Kode sampel	Blok	Serapan hara N (% dari bahan kering)	
			Rata-rata	Status
1	D/LA18CCR10	18	2,010 ^a	D
2	D/LA19CCR10	19	2,156 ^b	D
3	D/LA18CCR50	18	2,313 ^d	D
4	D/LA19CCR50	19	2,200 ^c	D
5	D/LA18CCBRF10	18	2,440 ^f	D
6	D/LA18CCBRF50	18	2,410 ^e	D
7	D/K17CC	17	2,173 ^b	D

Keterangan: Rata-rata yang diikuti dengan notasi huruf yang sama menunjukkan kisaran nilai yang sama atau tidak berbeda signifikan pada uji Duncan. urutan alfabet menunjukkan besaran nilai rata-rata dari nilai terkecil Kategori D: Dificiency, O: optimum, EX: Excess (berlebih)

Nilai serapan N dari analisis statistic uji Anova dan uji Duncan (lampiran 14) bahwa masing masing kelompok tanaman yang berada pada areal berdasarkan pola distribusi POME pada lahan aplikasi dan tanaman pada lahan kontrol memiliki nilai berbeda signifikan, namun status serapan N pada tanaman di lahan aplikasi dan lahan kontrol semuanya termasuk kategori kurang (*Difeciency*). Kategori *difesiency* dengan rata-rata nilai terendah pada kelompok tanaman pada areal di lahan aplikasi blok 18CC dari pola distribusi POME dari IPAL PKS ke rorak secara langsung pada radius rorak 10-50m dari kran distribusinya sementara rata-rata tertinggi terdapat pada kelompok tanaman pada areal di lahan aplikasi blok 18CC dengan pola distribusi POME dari IPAL PKS ke rorak melalui kolam penampungan (*buffer pond*) terlebih dahulu pada radius rorak 10-50m dari kran distribusinya. Sebaran serapan nitrogen (N) pada tanaman ditunjukkan oleh grafik sebagaimana gambar 7.



Gambar 5. Sebaran rata-rata nilai serapan N pada tanaman di lahan aplikasi dan di lahan kontrol

Adanya nilai N total yang tinggi di beberapa kelompok tanaman di areal lahan aplikasi POME dikarenakan adanya suplay nitogen dari atmosfer yang berasal dari hujan secara tidak langsung dimanfaatkan oleh mikroorganismenya pada sisa bahan organik yang terdapat pada material POME.

7 Hal sebagaimana dinyatakan oleh Bhattacharyya, *et al.* (2008) bahwa Nitrogen diserap dalam bentuk ion nitrat bermuatan negatif yang selalu berada di dalam larutan dan mudah terserap oleh akar. Ion nitrat lebih mudah tercuci oleh aliran air sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Ion ammonium yang bermuatan positif akan terikat oleh koloid tanah, tidak mudah hilang oleh proses pencucian dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman setelah melalui proses pertukaran kation.

Nilai rata-rata serapan K pada tanaman di lahan aplikasi dan lahan kontrol dengan kategori status serapan hara pada tanaman di masing-masing kelompok areal

berdasarkan pola distribusi POME di lahan aplikasi dan kondisi areal datar pada lahan kontrol ditunjukkan sebagai mana tabel 21.

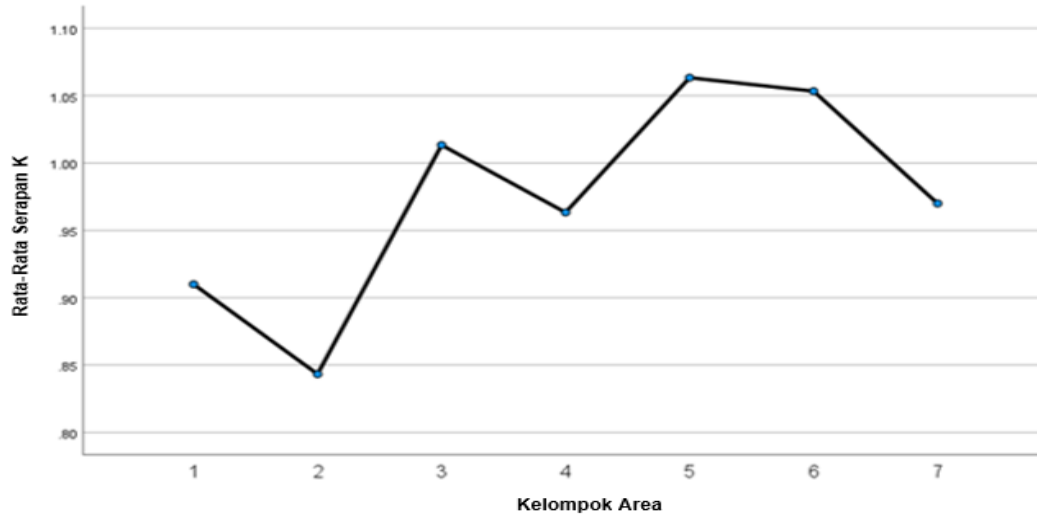
Tabel 21. Status serapan hara K berdasarkan kategori nilai kritikal parameter kimia di jaringan tanaman kelapa sawit

Kelompok areal	Kode sampel	Blok	Serapan hara K (% dari bahan kering)	
			Rata-rata	status
1	D/LA18CCR10	18	0,910 b	D
2	D/LA19CCR10	19	0,843 a	D
3	D/LA18CCR50	18	1,013 d	O
4	D/LA19CCR50	19	0,963 c	O
5	D/LA18CCBRF10	18	1,063 e	O
6	D/LA18CCBRF50	18	1,053 e	O
7	D/K17CC	17	0,970 c	O

Keterangan: Rata-rata yang diikuti dengan notasi huruf yang sama menunjukkan kisaran nilai yang sama atau tidak berbeda signifikan pada uji Duncan. Urutan alfabet menunjukkan besaran nilai rata-rata dari nilai terkecil Kategori D: Dificiency, O: optimum, EX: Excess (berlebih)

Nilai serapan K dari analisis statistic uji Anova dan uji Duncan (lampiran 15) bahwa masing masing kelompok tanaman yang berada pada areal berdasarkan pola distribusi POME pada lahan aplikasi dan tanaman pada lahan kontrol memiliki nilai berbeda signifikan. Status serapan N pada tanaman di lahan aplikasi berada pada kategori difesiency sampai optimum dan pada lahan kontrol serapan K termasuk kategori optimum. Serapan K Kategori difesiency dengan rata-rata nilai terendah terdapat pada kelompok tanaman pada areal di lahan aplikasi blok 18CC dari pola distribusi POME dari IPAL PKS ke rorak secara langsung pada radius rorak 10-50m dari kran distribusinya. Status serapan K kategori optimum dengan rata-rata nilai tertinggi terdapat pada kelompok tanaman pada areal di lahan aplikasi blok 18CC dengan pola distribusi POME dari IPAL PKS ke rorak melalui kolam penampungan

(*buffer pond*) terlebih dahulu pada radius rorak 10-50m dari kran distribusinya. Sebaran serapan kalium pada tanaman ditunjukkan sebagaimana gambar 8.



Gambar 6. Sebaran nilai rata-rata serapan K pada tanaman di lahan aplikasi dan di lahan kontrol

2 K-total yang tinggi pada semua sebaran kelompok areal baik dilahan aplikasi maupun di lahan kontrol menunjukkan bahwa besar kecilnya kandungan kalium di dalam tanah dikarenakan unsur hara kalium di tanah terbentuk lebih stabil dari unsur hara nitrogen, dan lebih cepat mobile dari unsur hara fosfor sehingga mudah berpindah terbawa air hujan dan temperatur dapat mempercepat pelepasan dan pelapukan mineral dalam pencucian kalium. Kadar kalium yang tersedia di dalam tanah dapat berkurang dikarenakan diserap oleh tanaman (Yuwono *et al.*, 2012).

13 Data ketersediaan hara N dan K di dalam tanah dengan serapannya oleh tanaman kelapa sawit dilokasi penelitian disandingkan sebagaimana terlihat pada tabel 22.

Tabel 22. Ketersediaan hara N dan K tanah dengan nilai serapannya pada jaringan tanaman

Kelompok sampel	Kode sampel	Blok	Nilai rata-rata kandungan hara			
			Nitrogen		Kalium	
			Tersedia	serapan	Tersedia	Serapan
1	D/LA18CCR10	18	0,0903a	2,010a	0,2477a	0,910b
2	D/LA19CCR10	19	0,2330d	2,156b	0,6490e	0,843a
3	D/LA18CCR50	18	0,0950a	2,313d	0,6070d	1,013d
4	D/LA19CCR50	19	0,1363bc	2,200c	0,2390a	0,963c
5	D/LA18CCBRF10	18	0,1460c	2,440f	1,2913f	1,063e
6	D/LA18CCBRF50	18	0,1230d	2,410e	0,3797b	1,053e
7	D/K17CC	17	0,1397c	2,173b	0,5297c	0,970c

Keterangan: Rata-rata yang diikuti dengan notasi huruf yang sama menunjukkan kisaran nilai yang sama atau tidak berbeda signifikan pada uji Duncan. Urutan alfabet menunjukkan besaran nilai rata-rata dari nilai terkecil

Untuk mengetahui hubungan ketersediaan hara pada tanah dengan serapan hara khususnya N dan K pada tanaman maka dilakukan analisa korelasi. output dari analisis korelasi (lampiran 16) tersebut ditunjukkan sebagaimana tabel 23.

Tabel 23. Korelasi Ketersediaan Hara N Dan K Pada Tanah Terhadap Serapannya Pada Tanaman

No	Ketersediaan Hara pada tanah	Serapan			
		Nitrogen		Kalium	
		r ²	sig	r ²	sig
1	N-total	-0,31	0,895	-	-
2	K-dd	-	-	0,373	0,096

Keterangan: r² koefisien korelasi, sig: probabilitas taraf kepercayaan 0,05%

Koefisien korelasi antara ketersediaan hara N dalam tanah dengan serapan hara N pada tanaman sebesar -0,31 (ada hubungan lemah). Nilai probabilitas sebesar (0,895>0,05) bahwa hubungan tidak signifikan antara kandungan N-total pada tanah dengan serapan N pada jaringan tanaman. Koefisien korelasi antara ketersediaan kalium (K-dd) dalam tanah dengan kandungan kalium pada jaringan tanaman sebesar

0,373 berarti ada hubungan yang lemah. Nilai probabilitas (sig) 0,096 >0,05 menunjukkan bahwa hubungan tidak signifikan antara K-dd pada tanah dengan serapan K pada jaringan tanaman kelapa sawit dilokasi penelitian.

Adanya nilai serapan N yang tinggi di kelompok tanaman di lahan aplikasi namun ketersediaannya di tanah lebih kecil dibandingkan kelompok areal yang lain menunjukkan bahwa efektifitas ketersediaan N pada tanah kelompok areal tersebut cukup baik dengan rendahnya kehilangan N tanah karena proses pencucian oleh aliran permukaan.

Terdapat nilai berbanding lurus antara serapan kalium pada tanaman dengan ketersediaan kalium pada tanah menunjukkan ada kondisi pada tanah yang menyebabkan efektifitas serapan K ke tanaman lebih baik. Adanya nilai serapan K tanaman yang lebih tinggi di lahan aplikasi menunjukkan bahwa adanya residu dari bahan organik dari pola tertentu dari distribusi POME ke rorak yang memberikan kondisi yang baik terhadap efek residu bahan organik yang pernah diaplikasi ke lahan. Terbentuknya kondisi yang baik pada areal tertentu dari pola distribusi POME ke rorak di lahan aplikasi sehingga serapan kalium lebih efektif oleh intersepsi akar tanaman kelapa sawit yaitu dengan adanya aerasi yang baik pasca penghentian aliran POME.

23 Intersepsi dipengaruhi oleh semua yang mempengaruhi pertumbuhan akar: tanah yang kering, tanah mampat, pH tanah yang rendah, keracunan Al dan Mn, kekahatan hara, kegaraman, aerasi buruk, penyakit akar, serangga, nematoda, temperatur sangat tinggi atau sangat rendah. Pertumbuhan tanaman berpengaruh paling besar terhadap proses intersepsi, meskipun juga berpengaruh terhadap dua mekanisme lainnya (Sutarman dan Agus, M., 2019).

Analisis korelasi serapan N dan serapan K (lampiran 17) ditunjukkan sebagai hubungan yang kuat dengan nilai koefisien korelasi sebesar $0,823 > 0,5$ dan nilai probabilitas $< 0,001 < 0,05$. Uji statistic Regresi Linier (lampiran 18) guna mengetahui bagaimana arah hubungannya ditunjukan pada tabel 24.

Tabel 24. Output analisis regresi serapan hara N dengan serapan K

Serapan N	Serapan K		
	R ²	sig	Koefisien Regresi
	0,687	<0,01	0,430

Keterangan: R² adalah koefisien determinasi

Variable dependent (y) yaitu serapan K pada tanaman dengan variabel independent (x) yaitu serapan N memiliki model regresi linier dimana nilai probabilitas diperoleh $< 0,01 < 0,05$. Koefisien determinasi 0,678 bahwa 67,8% serapan K dipengaruhi oleh serapan N pada tanaman sedangkan 32,2% disebabkan karena factor yang lain.

Persamaan yang menggambarkan bentuk hubungan keseimbangan serapan hara kalium dengan serapan hara nitrogen pada jaringan tanaman kelapa sawit dilokasi penelitian adalah: $y = 0,010 + 0,430x$, bahwa jika tidak ada nilai N (nol) maka K memiliki nilai sebesar 0,010. Sedangkan koefisien regresinya sebesar 0,430 artinya jika terjadi pertambahan serapan N sebesar x maka untuk mendapatkan keseimbangan nilai serapan K harus ditambah sebesar 0,430x.

4.2.3. Fisualisasi tanaman kelapa sawit pasca terhentian aplikasi POME di PT GMR

Pengamatan langsung terhadap perkembangan tanaman dilokasi penelitian dengan dokumentasi langsung di lapangan terhadap pokok sampel tanaman kelapa sawit dan tanaman disekelilingnya khususnya kondisi fisualisasi pada daun tanaman kelapa sawit dimaksudkan untuk mengetahui atau mengidentifikasi ketersediaan dan serapan haranya. Fisualisasi daun biasanya memberikan ciri yang lebih jelas dan lebih respon terhadap keterbatasan serapan hara pada jaringan tanaman. Saat dilakukan penelitian kondisi fisiologis tanaman kelapa sawit menunjukkan bahwa sebagian pelepah pada tanaman mengalami sengkleh atau patah dibagian bawah (pelepah tua) hingga beberapa spiral pelepah yang mengarah ke atas yaitu bagian pelepah yang lebih muda. Keadaan ini menggambarkan terjadinya proses krontdisis daun dan pelepah yang relatif cepat kering serta tidak produktif.

34 Pengamatan terhadap kondisi daun tanaman kelapa sawit diareal penelitian bahwa beberapa titik tanam yang menunjukkan adanya ciri retensi hara pada tanaman kelapa sawit yang berada pada posisi di dekat buffer pond dengan kondisi dimana daun tanaman kelapa sawit berwarna kuning secara merata mulai bagian pucuk merata ke bawah pada pagian daun yang lebih tua, beberapa tanaman menunjukkan ciri yang sama pada posisi tanaman yang berada disekitar rorak yang berada pada radius aliran limbah 1-10 meter dari pipa buang aliran limbah.

14 Tanaman yang memiliki gejala defesiensi unsur hara Nitrogen dapat dilihat dari bagian bawah daun tanaman. Daun tanaman akan mengalami perubahan warna menjadi kekuningan, hal ini dikarenakan daun tanaman mengalami kekurangan klorofil. Tanaman yang mengalami defisiensi unsur hara nitrogen apabila serangan yang lebih parah, daun tanaman akan mengalami kekeringan dan rontok. Pada daun muda yang

mengalami defisiensi nitrogen akan mengalami pertumbuhan yang lambat, kerdil dan lemah. Daun muda akan berwarna pucat pada bagian tulang daunnya. Apabila daun tanaman terganggu maka tanaman akan mengalami kekurangan klorofil dan fotosintesis juga menjadi masalah sehingga pembentukan bunga dan buah terganggu. Klorofil tanaman yang terdapat di daun sangat terganggu oleh keberadaan nitrogen pada tanaman tersebut (Jones Jr., 2012).

Sebagian besar daun tanaman di setiap titik sample dengan pengamatan terhadap gejala fisualisasi yang tampak pada daun sampel saat diturunkan dan fisualisasi menyeluruh pada daun tanaman yang masih berada dipokok kelapa sawit dan pengamatan terhadap lima pokok tanaman disekeliling titik sample, memperlihatkan fisualisasi pada daun yang menunjukkan tanda berupa adanya bercak-bercak sporadik berwarna orange seperti tembus cahaya tembus seperti warna karat pada sebagian tanaman di areal penelitian. Kondisi ini menunjukkan masih terdapatnya gejala kekurangan kalium pada tanaman kelapa sawit dilokasi penelitian.

13 Kurangnya unsur K yang tersedia dalam tanah berdampak pada kurangnya unsur K pada tanaman. Bila tanaman kekurangan K maka banyak proses yang tidak berjalan dengan baik, misalnya terjadinya akumulasi karbohidrat, menurunnya kadar pati dan akumulasi senyawa nitrogen dalam tanaman. Setiap tanaman keras sangat membutuhkan hara K, Karena di dalam tanaman K berfungsi untuk membantu pembentukan protein dan karbohidrat, berperan memperkuat tubuh tanaman, mengeraskan bagian kayu tanaman, daun, bunga dan buah tidak mudah gugur, meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan dan penyakit, serta meningkatkan mutu dari biji/buah (Von Uexkull and Fairhust,1991).

4.3. Pengaruh Aplikasi POME dan Terhentinya Aplikasi POME Terhadap Produksi Tanaman Kelapa Sawit di PT GMR

Proses panen TBS masing-masing blok di lokasi penelitian yang ditetapkan oleh manajemen kebun PT GMR adalah panen dengan putaran/rotasi minimal tiga kali dalam satu bulan. Kegiatan panen pada blok aplikasi POME dan blok kontrol dilakukan oleh kelompok pemanen yang sama karena panen yang diterapkan menggunakan sistem ancah tetap. Kriteria matang ditentukan dengan fisualisasi terhadap TBS yang berwarna merah namun sudah ada tanda berupa berondolan yang jatuh ke tanah disekitar piringan tanaman. Data produksi yang diperoleh dari PT GMR bahwa secara actual pencapaian rotasi panen rata-rata hanya pada kisaran 2-2,7 rotasi perbulan. Hasil TBS yang diperoleh dari kebun delapan tahun tercatat rata-rata adalah sebesar 15,16 ton/hektar/tahun.

1 Faktor yang mempengaruhi terjadinya perbedaan hasil aktual dan potensi produksi hasil kelapa sawit adalah kegiatan kulturteknis seperti pemeliharaan piringan pohon dari gulma, pengendalian aliran permukaan, pemangkasan pelepah tanaman, dan pemupukan (Lubis,.2008).

Data pencapaian produksi kelapa sawit di blok penelitian yaitu blok yang diaplikasi POME (18CC dan 19CC) dengan blok yang tidak diaplikasi (17CC) terlihat pada monitoring produksi TBS kelapa sawit kebun Angsana PT GMR (lampiran 19).

Analisis pengaruh aplikasi limbah cair terhadap produktivitas tanaman dengan membandingkan variabel nilai produksi antara blok dilahan yang diaplikasi POME dan areal yang tidak dialiri POME. Perbandingan data produksi selama empat tahun aplikasi POME berjalan dan selama empat tahun lahan aplikasi POME terhenti

alirannya. Produktifitas parameter nilai BJR dan parameter jumlah janjang akan dianalisa secara stat uji Independent T-test. Output analisis statistik (lampiran 20) yang diperoleh terlihat sebagaimana tabel 25.

Tabel 25. Analisis perbandingan produksi kelapa sawit lahan aplikasi POME dengan lahan kontrol sebelum dan setelah terhentinya aplikasi POME

Parameter	Probablitas (sig)	
	Sebelum	Setelah
Berat janjang rata-rata (BJR)/Tahun	0,656	0,404
Jumlah janjang/tahun	0,903	0,314

Keterangan: Probabilitas taraf 5%

Produktivitas kelapa sawit berdasarkan nilai BJR dalam masa empat tahun pada areal yang diaplikasi POME (tahun 2015-2018) tidak berbeda nyata/signifikan dibandingkan dengan produksi tanaman di blok yang tidak diaplikasi limbah cair (lahan kontrol). Hal yang sama juga pada produktivitas tanaman kelapa sawit dalam ukuran nilai jumlah janjang/tahun dimana aplikasi POME di PT GMR selama empat tahun tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah janjang TBS dari tanaman kelapa sawit.

Penelitian Manik (2000) menunjukkan bahwa aplikasi POME dapat meningkatkan produksi TBS sebesar 35.2% dan memperbaiki sifat kimia tanah seperti peningkatan pH, C-organik, N total, P, K, dan Mg. Hal berbeda bahwa aplikasi POME di lahan aplikasi PT GMR selama empat tahun tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap produktivitas tanaman dan demikian sebaliknya penghentian aplikasi selama empat tahun juga tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap produksi kelapa sawit pokok tinggi menunjukkan adanya factor lain yang lebih besar.

Mengacu pada kegiatan/teknis panen dengan rotasi yang tidak sama dan kondisi curah hujan pertahun yang tidak merata dalam kurun waktu delapan tahun (tahun 2015 sampai tahun 2022), terhadap factor tersebut tersebut dilakukan analisis korelasi antara rotasi panen dan curah hujan terhadap parameter produksi yaitu jumlah janjang TBS/tahun dan Berat Janjang Rata-rata (BJR). Korelasi antara curah hujan dan rotasi panen terhadap produktivitas (lampiran 21) diperoleh output sebagaimana tabel 26.

Tabel 26. Korelasi Curah Hujan Dan Rotasi Terhadap Prodduksi TBS

Parameter	Produktifitas berdasarkan			
	Jumlah janjang		BJR	
	r ²	sig	r ²	sig
Curah hujan	0,396	0,55	-0,125	0,562
Rotasi panen	0,682	<0,001	-0,509	0,011
Rotasi dan Curah hujan	0,517	0,012	0.502	0,015

Keterangan: r² kofisien korelasi.

Korelasi curah hujan terhadap produktifitas tanaman kelapa sawit terhadap parameter jumlah janjang/tahun terdapat hubungan yang tidak signifikan. Korelasi Curah hujan dan rotasi panen memiliki koefisien korelasi 0,092 dengan probabilitas (sig) 0,669>0,05 antara curah hujan dengan rotasi panen dan tidak signifikan. Rotasi panen dengan produksi dalam ukuran jumlah janjang memiliki korelasi signifikan. Pada parsial korelasi setelah variable curah hujan di masukan dan dilakukan korelasi antara varabel curah hujan dan rotasi panen terhadap nilai produksi jumlah janjang maka nilai koefisien korelasi menjadi -0,668 dan terdapat hubungan yang signifikan.

Nilai produksi dalam ukuran BJR menunjukkan tidak ada korelasi signifikan dengan curah. hujan dengan BJR menunjukkan hubungan lemah (koefisien korelasi 0,396). Rotasi panen terhadap parameter BJR memiliki korelasi signifikan. Variable

curah hujan digabungkan dengan rotasi dikorelasikan terhadap produksi maka nilai koefisien korelasi bertambah dan terdapat korelasi signifikan.

2

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pasca penghentian POME di LA PT GMR, ketersediaan hara N dan K beberapa areal berdasarkan pola distribusi POME memiliki nilai keragaman yang signifikan meskipun ada yang memiliki sebaran nilai yang berbeda tidak signifikan (uji Duncan) baik antar kelompok di LA maupun dilahan kontrol. Nilai N tertinggi dengan kategori sedang menempati areal yang pernah dialiri POME pola distribusi langsung pada radius rorak 10-50m dari kran distribusi (kelompok areal dua). Ketersediaan kalium (K-dd) dengan nilai tertinggi dengan kategori sangat tinggi berada pada kelompok areal di lahan aplikasi dengan pola distribusi POME melalui *bufferpond* pada radius aliran ke rorak 10-50m dari kran distribusi (kelompok areal lima).
2. Serapan hara N dan K pada tanaman kelapa sawit pokok tinggi pasca penghentian aplikasi POME menunjukkan sebaran nilai yang beragam meskipun pada uji Duncan menunjukkan adanya sebaran nilai yang sama. Nilai tertinggi Serapan N pada tanaman kelapa sawit pokok tinggi berada pada kelompok tanaman di lahan aplikasi dengan pola distribusi POME yang pernah dialirkan ke lahan melalui *bufferpond* pada radius rorak 10-50 pada kran distribusinya. Hal yang sama juga terhadap nilai serapan hara K pada tanaman dimana nilai tertinggi serapan pada kategori optimum berada pada tanaman yang berada pada kelompok tersebut (kelompok lima).

39

2

3. Aplikasi POME ke lahan selama empat tahun di PT GMR tidak berpengaruh signifikan terhadap produktivitas tanaman kelapa sawit pokok tinggi terhadap nilai produktivitasnya, demikian juga dengan dilakukannya penghentian aplikasi POME selama empat tahun yang tidak berbeda signifikan dibandingkan dengan lahan kontrol. hal yang menggambarkan adanya factor lain yang lebih besar yaitu teknis panen (rotasi panen) dan factor iklim yaitu curah hujan sehingga pengaruh aplikasi POME tidak signifikan.

5.2. Saran

Diperlukan kajian mendalam agar berdampak efektif dalam rangka perbaikan kesuburan tanah dan keseimbangan serapan hara oleh tanaman di lahan aplikasi PT GMR yang bertujuan mendapatkan produksi optimal dari tanaman kelapa sawit pokok tinggi. Peningkatan kesuburan tanaman dengan pemberian pupuk dolomit ke lahan aplikasi patut menjadi pertimbangan penting karena karakteristik tanah dengan tingkat kemasaman potensial tanah yang tinggi menjadikan factor pembatas besar bagi kesuburan tanaman.

22

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2005. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. Kep – 51 / MENLH/ 10/ 1995. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

Anonim 2007. Budidaya Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI). Medan.

Anonim 2009. Departemen Pertanian. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 28/Permentan/SR.130/5/2009, tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah. Berita Negara Republik Indonesia.

Anonim, 2009. Laporan Market Intelligence Industri Palm Oil di Indonesia November 2009. <http://www.datacon.co.id/CPO1-2009Sawit.html>. Akses 24 Februari 2009.

Anonim, 2015. Team study kelayakan PLTBG, Studi Kelayakan Potensi Detail Engginery Desaign Dan Penyiapan Kelembagaan Untuk Pembangunan PLTBiogas POME Di Wilayah Perkebunan Sawit Untuk Melistriki Masyarakat Desa, Laporan Akhir (kabupaten Lamandau- Profinsi Kalimantan Tengah), Dirjen Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Anonim 2017, Pemberian Perpanjangan Izin Pemanfaatan Air Limbah Pada Tanah Kepada PT Gemareksa Mekarsari, Keputusan Bupati Lamandau Nomor: 188.45/310/VIII/HUK/2017. Lamandau Kalimantan Tengah.

Anonim 2021, Badan Pusat Statistik, Statistisk sawit Indonesia Direktorat Statistik Tanaman Pangan Hortikultura, dan Perkebunan ISSN: 1978-9947 No. Publikasi: 05100.2209 Katalog BPS/BPS: 5504003

Anwar, S. dan Sudadi, U. 2013. Kimia Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Ardhi qurby,2020, Agronomist Socfin Indonesia webinar seri 5 (terakhir) Socfindo Menyapa Petani Sawit tajuk: Pemupukan Efisien Kelapa Sawit Saat Pupuk Mahal, Media Perkebunan 12 Desember 2020 bekerjasama dengan PT Socfin Indonesia, Medan

Arsyad, A.R., Junedi, H., Yulfita, F., 2012. Pemupukan kelapa sawit berdasarkan potensi produksi untuk meningkatkan hasil tandan buah segar (TBS) pada lahan marginal Kumpeh. Jurnal Penelitian Universitas Jambi Seri Sains. 14(1): 29-36.

Bala, MG & Fagbayide, JA., 2009, 'Effect of nitrogen on the growth and calyx yield of two cultivars of roselle in Northern Guinea Savanna, Middle East, Journal of Scientific Research, vol. 4, no. 2, pp. 66-71.

Bhattacharyya R., Kundu, S., Ved Prakash, H.S. Gupta, 2008 Sustainability Under Combined Application of Mineral and Organic Fertilizers in a Rainfed Soybean-Wheat Systems of the Indian Himalayas. Europe. J. Agronomy, 28: 33-46 dalam B siswanto 2018. Sebaran unsur hara N, P K dan Ph dalam tanah, jurnal Buana sains vol 8 no 2 109-124.

Darmosarkoro W, Sutarta, S.E. dan Winarna. 2007. Lahan dan Pemupukan Kelapa Sawit. Pusat penelitian Kelapa Sawit. Medan

Demson S. Tambunan, Nelvia, al Ichsan Amri, 2019. Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Metoda Biopori Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis jacq*) Belum Menghasilkan, J solum volume XVI No 1 Januari 2019, 19-28. p-ISSN 1829-7994, e-ISSN 2356-0838.

Deublein, D. dan Steinhauser, A., (2008). "Biogas from Waste and Renewabe Resources. An Introduction. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

Ermadani dan Arsyad, A.R., 2007. Perbaikan Beberapa Sifat Kimia Tanah Mineral Masam Dengan Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. Jurnal Penelitian Universitas Jambi. Vol. 09 No. 2: 99 -105. Juli-Desember 2007.

Foth, H.D.,1982. Dasar-dasar Ilmu tanah. Gadjahmada University Press, Yogyakarta.

Ginting, P., 2007. Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri. Yrama Widya, Bandung.

Goh, J.K., Hardter, R., 2010. General Oil Palm Nutrition. International Potash Institute Kassel. Germany.

Gusta, A.R., Kusumastuti, A., Parapasan, Y., 2015. Pemanfaatan Kompos Kiambang dan Sabut Kelapa Sawit sebagai Media Tanam Alternatif pada Prenursery Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*), Jurnal Penelitian Pertanian Terapan Vol 15 (2): 151-155 ISSN 1410-5020 <http://www.jptonline.or.id> eISSN Online 2047-1781.

Hakim, N., Nyakpa, N.Y., Lubis, S., Nugroho, G., Saul, R., Diha, M.H., M.M Go Ban Hong, M.M., dan Baley, H.H., 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Lampung University Press, Lampung

Halim, Sudradjat dan Hariyadi. 2014. Optimasi Dosis Nitrogen dan Kalium pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) di Pembibitan Utama. B. PALMA (15):86-92.

Hanafiah, K.A., 2013. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Raja Grafindo Persada, Jakarta.

- Hardjowigeno, S., 1987. Ilmu Tanah. 1st ed. Bogor: Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta
- Hardjowigeno, S., 1993. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Akademika pressindo. Jakarta. 273 Halaman.
- Hardjowigeno, S., 2003. Ilmu Tanah. Akademika Presindo. Jakarta
- Hardjowigeno, S., Widiatmaka., 2007. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hartley C.W.S., 2004. Environmental impact of oil palm plantations in Malaysia. Palm Oil Research Institute of Malaysia (PORIM). Occasional Paper. 33:1-27.
- H.R. von Uexkull and T.H. Fairhurst., 1991. Fertilizing for High Yield and Quality the Oil palm. Bulletin No.12, International potash Institute Bern/Switzerland.
- Hue. N.Y., 1992. Correcting Soil Acidity of Highly weathered Ultisol with Chicken Manure and Swage Sludge Commun Soil Sci Plant anal 23: 241-264
- Ideriah, T.J.K., P.U Adiukwu, H.O. Stainley, A.O. Briggs., 2007. Impact of palm oil (*Elaeis guineensis* Jacq; Banga) mill effluent on water quality of receiving Oloya Lake in Niger Delta, Nigeria. Res. J. Appl. Sci. 2:842-845.
- Ilmannafian, A. G., Lestari, E., & Khairunisa, F., 2020. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Metode Filtrasi dan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). Jurnal Teknologi Lingkungan, 21(2), 244–253. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i2.4012>
- Ispandi, A. 2000. Peningkatan Efisiensi Pupuk P dan Produktifitas Ubi Kayu Melalui pemupukan Za di Lahan Kering Alfisols. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan Vol 19 No.3.
- Jones Jr., J. B., 2012. Plant Nutrition and Soil Fertility Manual, Plant Nutrition and Soil Fertility Manual. doi: 10.1201/b11577.
- Kauffman, S., Sombroek, W. and Mantell, S., 1998. 'Soils of rainforests Characterization and major constraints of dominant forest soils in the humid tropics' in Schulte, A. and Ruhiyat, D. (eds) Soils of Tropical Forest Ecosystems: Characteristics, Ecology and Management, pp. 9–20. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-03649-5>.

Koedadiri, A. D., Darmosarkoro, W., Sutarta, E. S., 2003. Potensi dan pengelolaan tanah ultisol pada beberapa wilayah perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Hal. 1-13. Kultur teknis pada tanaman kelapa sawit pada kondisi kekeringan dan upaya penanggulangannya. Hal. 228-243. Dalam W. Darmosarkoro, E. S. Sutarta, dan Winarna (Eds). Lahan dan Pemupukan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.

Lal, R. (1997), Degradation and resilience of soils, Philosophical Transactions of The Royal Society Biological Sciences *dalam* Barior Hafif. 2020 Kerusakan Tanah Pada Lahan Perkebunan dan Strategi Pencegahan serta Penanggulangannya (*Soil Deterioration of Plantation Land and Strategies for Its Prevention and Handling*). Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute. Sukabumi, Indonesia Perspektif, Rev.Pen. Tan. Industri Vol. 19 No. 2 /Des. 2020. Hlm 105-121 ISSN: 1412-8004 e-ISSN: 2540-8240

Lakitan, B., 2002. Dasar-Dasar Klimatologi cetakan ke-dua. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Leiwakabessy, F.M., Wahjudin U.M., dan Suwarno. 2003. Kesuburan Tanah. Diktat Kuliah Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. IPB, Bogor

Loebis, B. dan P. L. Tobing., 1989. Potensi Pemanfaatan Limbah Pabrik Kelapa Sawit. Buletin Perkebunan. Pusat Penelitian Perkebunan Kelapa Sawit. Medan. 20 (1): 49–56.

Lubis, U.A., 2008. Kelapa Sawit di Indonesia, Edisi 2. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan

Manik, K.E.S., 2000. Pemanfaatan Limbah Cair Pengolahan Minyak Sawit pada Areal Tanaman Kelapa Sawit. Jurnal.Tanah Trop. 10:147-152.

Makinde, E.A., Ayoola. O.T., 2008. Residual influence of early season crop fertilization and cropping system on growth and yield of Cassava. Am. J. Agric. Biol. Sci. 3:712-715.

Mays, L.W., 1996. Water resources handbook. McGraw-Hill.New York. p: 8.27-8.28.

Metcalf & Eddy, Inc., 1991. Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse.3rd ed. (Revised by: G. Tchobanoglous and F.L. Burton). McGraw-Hill, Inc. New York, Singapore. 1334 p.

Mosaic, 2020. Soil pH-Nutrient Management, Mosaic Crop Nutrition, Nutrient Management Available at [https://www.cropnutrition.com/nutrient management/soil-ph](https://www.cropnutrition.com/nutrient-management/soil-ph).

Ningsih EP, Sudradjat dan Supijatno. 2015. Optimasi Dosis Pupuk Kalium dan Magnesium pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Pembibitan Utama. *J. Agron Indonesia* 43 (1): 79-86.

Nita, C.E., Siswanto, B. dan Utomo, W.H., 2015. Pengaruh pengolahan tanah dan pemberian bahan organik (blotong dan abu ketel) terhadap porositas tanah dan pertumbuhan tanaman tebu pada Ultisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 2(1) :119-127

Nugroho, A. (2019). *Teknologi Agroindustri Kelapa Sawit*. In Lambung Mengkurat Universitas Press (1st ed., Issue August). Lambung Mengkurat Universitas Press.

Nuryanto, E., Herawan, Tj., dan Ellen, 2015. Analisis kandungan hara makro daun kelapa sawit dengan spektrokopi Near InfraRed (NIR). *Jurnal Penelitian kelapa Sawit*. Vol.23 (2).

Pahan, I., 2011. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Pamin, K., Siahaan, M.M., dan Tobing. P.L.1996. Pemanfaatan limbah cair PKS pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia. *Makalah Lokakarya Nasional Pemanfaatan Limbah Cair cara Land Application*, 26-27 November 1996. Jakarta.

Pardamean, M., 2014., *Mengelola Kebun dan Pabrik Kelapa Sawit secara Profesional*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Prasetyo, B.H. dan Suriadikarta, D.A., 2006. Karakteristik potensi dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Libtang Pertanian* 25 (2): 39-47.

Pusat Penelitian Tanah., 1983. *Term Of Reference Survei Kapabilitas Kesuburan Tanah*. Departemen Pertanian Bogor.

Puspita Laksmi Maharani, Prijanto Pamoengkas, dan Irdika Mansur, 2017 *Pemanfaatan POME sebagai Pupuk Organik Pada Lahan Pasca tambang Batubara*, *Jurnal Silvikultur Tropika* Vol. 08 No. 3, Desember 2017, Hal 177-182 ISSN: 2086-822.

Rosmarkam, A., Yuwono, N. W. (2002). *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Jakarta

Samuel, A.L. and A. O. Ebenezer. 2014. Mineralization Rates of Soil Forms of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium as Affected by Organomineral Fertilizer in Sandy Loam. *Advances in Agriculture* Volume 2014, Article ID 149209, 5 pages.

Setyamidjaja, D., 2006. *Kelapa Sawit*. Kanisius, Yogyakarta.

Setyamidjaja, Djoehana., 1986. Pupuk dan Pemupukan. Simplex, Jakarta

Simanjuntak, H. 2009. Studi korelasi antara BOD dengan unsur hara N, P dan K dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Tesis. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara Medan.

Siregar, P., Fauzi, dan Supriandi. 2015. Pengaruh Pemberian Beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi Terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol.

Sulaeman., 2008. Zero Waste: Prinsip Menciptakan Agro-industri Ramah Lingkungan. http://203.190.36.25/layanan_informasi/pengolahan_hasil_pertanian/zero_waste_dalam_agro-industri.pdf. Akses, 20 Maret 2010.

Subardja, S., Djaja, Ritung, S., Anda, M., Sukarman, Suryani, E., Rudi E., Subandiono, 2014 Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Bogor. Edisi Pertama, 2014 ISBN 978-602-8977-85-2

Sugiyono, Edy, Sutarta, S., Darmosarkoro, W. dan Heri Santoso. 2005. Peranan Perimbangan K, Ca dan Mg Tanah dalam Rekomendasi Pemupukkan Kelapa Sawit. Pertemuan Teknis Kelapa Sawit PPKS 19-20 April 2005. Medan.

Sukarji, R., Sugiyono, dan Darmosarkoro, W., 2000. Pemupukan N, P, K, Ca, dan Mg pada kelapa sawit pada Typic Distropepts di Sumut. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit 8(1):23-37.

Sutarman, Agus Miftakhurrohmat, 2019. Kesuburan tanah. UMSIDA PRESS, sidoharjo

Sutarta, E.S., Winarna, P.L., Tobing, Sufianto. 2003. Aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit pada perkebunan kelapa sawit hal. 201-217. Dalam Darmosarkoro, E.S. Sutarta, Winarna (Eds.) Lahan dan Pemupukan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.

Sathya, A., Rajendran, V., dan Subramaniam, G. (2016) "Soil Microbes: The Invisible Managers of Soil Fertility". Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity, pp. 1–16.

Umaly, R.C. dan Ma L.A. Cuvin. 1988. Limnology: Laboratory and field guide, Physico-chemical factors, biological factors. National Book Store, Inc. Publishers. Metro Manila. 322 p.

Widhiastuti, R., Suryanto, D., Mukhlis, H., Wahyuningsih., 2006. Pengaruh pemanfaatan limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai pupuk terhadap biodiversitas tanah. Jurnal Ilmiah Pertanian Kultura.

Yacob, S., M.A. Hassan, Y. Shirai, M. Wakisaka, S. Subash. 2005. Baseline study of methane emission from open digesting tanks of palm oil mill effluent treatment. *Chemosphere* 59:1575-1581.

Yuwono, M, Basuki, N. and Agustin, L. 2012. Pertumbuhan dan Hasil Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) Pada Macam dan Dosis Pupuk Organik yang Berbeda Terhadap Pupuk Anorganik. Kanisius.yogyakarta.