

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ultisol merupakan jenis tanah yang mempunyai potensi besar untuk digunakan dalam pengembangan lahan pertanian. Di Indonesia Ultisol menempati areal yang sangat luas yaitu sekitar 45,8 juta hektar yang meliputi 25 persen dari luas daratan Indonesia (Subagyo *et al.* 2004). Namun demikian potensi yang besar ini tidak diikuti oleh produktivitas yang tinggi karena adanya beberapa kendala dalam usaha pemanfaatannya untuk meningkatkan produksi pangan. Permasalahan dari Ultisol diantaranya adalah rendahnya kandungan bahan organik (1,65%), pH (3,10-5,00), kapasitas tukar kation (KTK) (2,9-7,5 cmol kg⁻¹) dan unsur hara serta mempunyai potensi yang tinggi akan keracunan aluminium (Al) (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006; Yuan *et al.*, 2011). Hasil penelitian Kasno dan Sutriadi (2012) di Lampung Tengah dan Lampung Timur menunjukkan kandungan Al yang dapat ditukar (dd) pada Ultisol adalah 0,86-1,76 cmol kg⁻¹, pH 4,6-4,7, 0,90-1,18% C organik, 0,07% N total, 8,8-9,0 mg kg⁻¹ P tersedia dan 0,12-0,16 cmol kg⁻¹ K-dd. Kemudian, Budianta *et al.*, (2010) mendapatkan kandungan Al-dd pada Ultisol adalah 2,48 cmol kg⁻¹, pH 4,04, 1,47% C organik, 0,13% N total dan 3,1 mg kg⁻¹ P tersedia. Beberapa peneliti mendapatkan kejenuhan Al pada Ultisol umumnya tergolong tinggi yaitu 27,13 - 55,22% (Kuswanto *et al.*, 2011; Kuswanto, 2014; Kasno dan Effendi, 2013).

Penurunan kandungan bahan organik tanah umumnya disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan dari hutan alami menjadi lahan-lahan pertanian, rendahnya masukan bahan organik pada lahan-lahan pertanian (Dechert *et al.*, 2004) dan meningkatnya dekomposisi karena pengolahan tanah (Luo *et al.*, 2010; Poeplau *et al.*, 2011). Pada sebagian besar lahan pertanian, 50% kehilangan kandungan C organik tanah terjadi sekitar 25 sampai 50 tahun setelah konversi dari ekosistem alami pada daerah-daerah iklim sedang dan sekitar 5-10 tahun pada daerah-daerah iklim tropis (Lal, 2004b). Yonekura *et al.*, (2013) melaporkan bahwa perubahan hutan alami menjadi lahan alang-alang (*Imperata cylindrica*) selama 12 tahun menyebabkan terjadinya penurunan kandungan karbon (C) organik tanah dari 2,03% (hutan alami) menjadi 1,93% dan 1,77% pada lahan alang-alang.

Penghilangan biomassa tanaman setelah panen pada rotasi tanaman tanpa pemupukan menyebabkan penurunan rata-rata C organik tanah sebesar 46% setelah 12 tahun karena tidak adanya pengembalian biomassa dan sisa tanaman ke dalam tanah (Soler *et al.*, 2011). Widjanarko *et al.* (2012) menemukan bahwa kandungan C organik Ultisol dengan monokultur ubi kayu selama kurang dari 10 tahun adalah 2,06 %, sedangkan monokultur ubi kayu selama lebih dari 30 tahun mempunyai kandungan C organik tanah sebesar 0,7 %. Dengan waktu penggunaan tanah selama lebih dari 20 tahun telah menyebabkan kehilangan C organik tanah sebesar 66%.

Dalam ekosistem pertanian, mempertahankan jumlah karbon organik memiliki peranan penting dalam mengurangi degradasi tanah (Bhattacharyya *et al.* 2009). Hal ini disebabkan karena salah satu penyebab terjadinya degradasi tanah adalah kehilangan yang besar bahan organik tanah (Mandal *et al.*, 2011). Konsentrasi C organik tanah yang kurang dari 2% dianggap suatu nilai ambang batas atau titik kritis dimana bila C organik tanah berada di bawah nilai tersebut maka fungsi tanah terganggu (Greenland *et al.*, 1975; Lal, 2004a, Lal, 2016). Upaya perbaikan produktivitas tanah dapat dilakukan dengan penambahan berbagai macam bahan organik ke dalam tanah, terutama tanah-tanah dengan kandungan bahan organik yang rendah.

Pada umumnya penelitian-penelitian tentang pemberian bahan organik ke tanah menggunakan indikator kandungan C organik tanah total untuk mengevaluasi pengaruh masukan bahan organik ke tanah. Namun demikian, C organik total seringkali tidak memberikan respon yang cepat terhadap tindakan pengelolaan (Lucas dan Weil, 2012) dan tidak cukup untuk dapat menggambarkan perubahan-perubahan C organik tanah akibat aplikasi bahan-bahan organik (Banger *et al.*, 2010). Fraksi C organik labil dalam tanah seperti biomassa mikrobia, C organik larut air, C organik fraksi ringan dan bahan organik partikulat dapat memberikan respon yang cepat terhadap perubahan masukan C organik ke dalam tanah (Bolinder *et al.*, 1999). Banger *et al.*, (2010) menemukan bahwa sensitivitas C biomassa mikrobia dan C organik partikulat lebih besar dari C organik total dan perbedaan indeks sensitivitas lebih besar pada perlakuan pupuk kandang sapi dari pada pupuk kimia. Hasil penelitian Widjanarko *et al.*, (2012) menunjukkan bahwa C bahan organik

partikulat dan C mikrobiomassa berkorelasi positif dengan berat kering tanaman dan serapan N tanaman.

Dari hasil penelitiannya, Culman *et al.*, (2012) mendapatkan bahwa fraksi C organik labil yang dioksidasi permanganat sangat sesuai digunakan untuk mengevaluasi perubahan kualitas tanah karena adanya perbedaan dalam pengelolaan dan faktor-faktor lingkungan. Fraksi C organik labil ini berkorelasi positif dan menunjukkan sensitivitas yang lebih besar dibandingkan dengan C organik partikulat, C biomassa mikrobia dan C organik total tanah (Weil *et al.*, 2005; Culman *et al.*, 2012). Perubahan dari fraksi labil C organik tanah dapat memberikan petunjuk awal dari degradasi tanah atau perbaikan sebagai akibat dari praktek pengelolaan yang tepat (Weil *et al.*, 2003). Fraksi labil ini penting dalam hubungannya dengan produksi tanaman karena merupakan sumber energi untuk jaringan makanan dalam tanah sehingga mempengaruhi siklus unsur hara untuk mempertahankan produktivitas tanah (Majumder *et al.*, 2008; Lucas dan Weil, 2012). Di Indonesia penelitian tentang fraksi C organik labil masih sangat terbatas pada fraksi C organik partikulat dan C biomassa mikrobia (Widjanarko *et al.*, 2012; Handayani *et al.* 2012).

Bahan organik di dalam tanah mengalami stabilisasi dengan berbagai mekanisme seperti perlindungan fisik dalam agregat tanah, stabilisasi kimia melalui pembentukan ikatan kation, pengikatan psikokimia pada permukaan mineral dan stabilisasi biokimia melalui pembentukan senyawa-senyawa yang stabil (De Nobili *et al.*, 2008). Fraksi stabil dari bahan organik adalah senyawa humat yang merupakan hasil akhir dari transformasi mikrobiologi, fisika dan kimia dari bahan organik (Yakimenko dan Terekhova. 2011). Fraksi humat merupakan fraksi bahan organik tanah yang stabil bersifat dinamis dalam tanah dan menunjukkan respon yang cepat dan jelas terhadap masukan (input) dan kondisi eksternal (Doane *et al.*, 2003). Asam humat merupakan koloid yang bermuatan negatif, resisten terhadap degradasi dan dapat tersimpan dalam tanah untuk waktu yang lama (Qualls, 2004). Kandungan asam humat dalam tanah dapat menjadi suatu ukuran dari jumlah C yang disekuestrasi dalam tanah, mempermudah penilaian tanah secara cepat dan menggambarkan dinamika C tanah (Ghabbour *et al.*, 2012). Asam humat dapat berperan dalam menurunkan konsentrasi Al dalam

larutan tanah melalui pembentukan senyawa kompleks Al-asam humat dan pembentukan endapan dari Al-asam humat (Yamaguchi *et al.*, 2004). Gugus fungsional karboksilat pada senyawa humat sangat penting perannya dalam menentukan kemasaman, KTK dan perpindahan logam-logam dalam tanah (Qualls *et al.*, 2003).

Penelitian tentang pengaruh penambahan bahan organik terhadap C organik tanah, ketersediaan hara dan hasil tanaman sudah banyak dilakukan dengan hasil yang bervariasi. Dari penelitian kombinasi aplikasi pupuk kandang dan pupuk kimia, Ding *et al.* (2012) menemukan bahwa aplikasi pupuk kandang dengan berbagai taraf ($7,5 - 22,5 \text{ t ha}^{-1}$) dan pupuk kimia (30 kg N ha^{-1} dan 36 kg P ha^{-1}) meningkatkan C organik total ($28,83-30,25 \text{ g kg}^{-1}$), fraksi labil ($6,91- 7,39 \text{ g kg}^{-1}$) dan fraksi stabil ($15,40-17,94 \text{ g kg}^{-1}$), sedangkan penggunaan pupuk kimia mempunyai pengaruh yang kecil terhadap C organik tanah total ($26,45 \text{ g kg}^{-1}$), labil ($6,56 \text{ g kg}^{-1}$) dan rekalsitran ($15,13 \text{ g kg}^{-1}$) dimana C organik total, C organik labil dan C organik stabil pada kontrol (tanpa pupuk) adalah $25,63 \text{ g kg}^{-1}$, $6,35 \text{ g kg}^{-1}$ dan $13,84 \text{ g kg}^{-1}$. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa kombinasi pupuk kandang dan pupuk kimia mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap peningkatan C organik lapisan tanah atas dan hasil tanaman kedelai ($2,3-2,4 \text{ ton ha}^{-1}$) dibandingkan dengan aplikasi pupuk kimia sendiri ($1,97 \text{ ton ha}^{-1}$). Dari hasil penelitiannya Mucheru-Muna *et al.*, 2007 melaporkan bahwa pemberian pupuk hijau tithonia dengan atau tanpa setengah rekomendasi pupuk mineral memberikan hasil rata-rata jagung tertinggi relatif sama yaitu $5,5$ dan $5,4 \text{ ton ha}^{-1}$, sedangkan kontrol memberikan hasil terendah yaitu $1,5 \text{ ton ha}^{-1}$. Hanc *et al.*, (2008) melaporkan bahwa ketersediaan unsur hara P dan K meningkat dengan aplikasi pupuk organik dan pupuk organik dapat menggantikan pupuk mineral karena pupuk organik meningkatkan hasil tanaman oat lebih tinggi dari pada pupuk mineral.

Meningkatkan C organik tanah melalui pemanfaatan limbah organik seperti proses daur ulang (*recycling*) memberikan manfaat pada jasa ekosistem dan memperbaiki kualitas tanah (Schroder, 2005). Salah satu sumber bahan organik yang cukup banyak tersedia adalah limbah cair dari industri pabrik kelapa sawit (PKS). Limbah cair merupakan limbah terbanyak yang dihasilkan dari suatu PKS. Setiap ton tandan buah segar (TBS) yang diolah dapat menghasilkan 0.50 ton

hingga 0.75 ton limbah cair (Yacob *et al.*, 2005). Limbah cair merupakan limbah yang sangat berbahaya bila mencemari perairan karena limbah cair ini merupakan cairan kental yang berwarna coklat dengan pH 4,7 dan mengandung bahan padatan (*total solid*) (40.500 mg L^{-1}), minyak dan lemak (4000 mg L^{-1}), *chemical oxygen demand* (COD) (50.000 mg L^{-1}) dan *biological oxygen demand* (BOD) (25.000 mg L^{-1}) yang tinggi (Ahmad *et al.*, 2003). Limbah cair ini dapat menjadi masalah lingkungan yang besar karena mencemari tanah, air dan merusak biota perairan (Singh *et al.*, 2011). Namun demikian limbah cair ini juga mengandung unsur-unsur hara yaitu N ($450-590 \text{ mg L}^{-1}$), P ($92-104 \text{ mg L}^{-1}$), K ($1246-1262 \text{ mg L}^{-1}$) dan Mg ($249-271 \text{ mg L}^{-1}$) (Ideriah *et al.*, 2007). Karakteristik limbah cair ini menunjukkan potensi yang besar sebagai sumber bahan organik dan unsur-unsur hara untuk perbaikan produktivitas tanah.

Limbah cair segar dari pabrik kelapa sawit tidak dapat diaplikasikan secara langsung ke tanah karena pH-nya yang rendah dan dapat menyebabkan imobilisasi nitrogen (N) serta keracunan bagi tanaman (Darby *et al.*, 2006; De Araujo *et al.* 2009). Kondisi pH yang rendah menghambat mineralisasi bahan organik oleh mikroorganisme (Rousk *et al.*, 2009; Ye, *et al.*, 2012). Selain itu, limbah cair ini mengandung senyawa fenol (Said *et al.* 2013; Saifuddin *et al.*, 2014) yang bersifat racun yang menghambat aktivitas enzim-enzim yang terlibat dalam siklus dan mobilisasi unsur-unsur hara serta dekomposisi bahan organik dalam tanah (Okolo *et al.*, 2007; Baldrian 2009). Immobilisasi N tanah akan terjadi dengan penambahan bahan organik segar langsung ke tanah (Wang *et al.*, 2011).

Penambahan bahan yang dapat meningkatkan pH limbah cair sangat diperlukan agar limbah cair dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik. Nwoko dan Ogunyemi (2010) menambahkan NaOH untuk menaikkan pH dan Urea sebagai sumber N untuk proses dekomposisi. Namun demikian, penggunaan bahan yang mengandung Na dalam jumlah besar ke dalam tanah dapat menyebabkan terjadi salinisasi dan menghambat pertumbuhan tanaman (Ndakidemi dan Makoi, 2009). Salinitas dapat menghambat mineralisasi bahan organik tanah (Tripathi *et al.* 2006). Salinitas juga menyebabkan penyerapan N dan produksi kedelai dan tanaman legum lainnya menurun (van Hoorn *et al.*, 2001). Konsentrasi natrium yang tinggi menyebabkan terjadinya dispersi dan melemahnya agregat tanah

(Ghadiri *et al.*, 2004). Dengan demikian diperlukan bahan alternatif lain sebagai pengganti NaOH untuk menaikkan pH limbah cair.

Dalam pengelolaan limbah cair pabrik kelapa sawit diperlukan bahan-bahan untuk menaikkan pH dan sumber N untuk dekomposisi. Bahan-bahan yang dapat digunakan untuk meningkatkan pH diantaranya adalah kalsit (CaCO_3), dolomit ($\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)_2$) dan zeolit dimana bahan-bahan ini telah digunakan untuk memperbaiki pH tanah yang rendah, sedangkan sebagai sumber N lain untuk proses dekomposisi limbah cair dalam bentuk organik adalah pupuk kandang ayam. Kolade *et al.*, (2006) melaporkan bahwa pengomposan limbah padat dari hasil pengolahan biji sawit (*palm kernel oil*) dengan pupuk kandang ayam memberikan hasil kompos yang baik dengan rasio limbah padat dan pupuk kandang ayam 3:1. Demikian juga Babalola *et al.*, (2012) mendapatkan bahwa kompos dari sisa tanaman (jagung, kedelai dan rumput siam) dan pupuk kandang ayam dengan perbandingan 3:1 menghasilkan kompos dengan rasio C:N sebesar 10,1.

Penelitian-penelitian lain tentang fraksi-fraksi karbon organik tanah umumnya dilakukan pada tanah-tanah hutan (Serramia *et al.*, 2013), tanah-tanah pertanian yang telah diberi biomassa tanaman (Lafond *et al.*, 2009; Widjanarko *et al.*, 2012), tanah-tanah pada ekosistem pertanian dan sistem pertanaman yang berbeda (Handayani *et. al.* 2012; Angela *et al.*, 2005) serta tanah-tanah yang telah diberi pupuk kompos dan pupuk kandang (Erich *et al.*, 2012). Penelitian limbah cair yang ditambahkan kapur (kalsit dan dolomit) dan zeolit untuk perbaikan pH dan penambahan pupuk kandang sebagai sumber N untuk proses dekomposisi serta pengaruhnya terhadap dinamika fraksi C organik tanah baik fraksi labil dan stabil belum pernah dilakukan. Selain itu, penggunaan pupuk organik yang berasal dari limbah cair dapat berperan penting dalam memperbaiki kesuburan tanah untuk produksi tanaman, khususnya kedelai.

Kedelai merupakan tanaman pangan yang sangat penting sebagai sumber protein dan minyak untuk memenuhi kebutuhan manusia. Biji kedelai mengandung 37-43% protein dan 19 % minyak (Devi *et al.*, 2013; Pande *et al.*, 2014; Krinawati dan Adie, 2017). Namun demikian produksi kedelai di Indonesia masih rendah sehingga pemerintah Indonesia menetapkan prioritas peningkatan produksi dan swasembada kedelai, selain beras dan jagung selama tiga tahun (2014-2017)

(Kompas, 18 Januari 2015). Produksi kedelai dalam negeri yang rendah dan kebutuhan yang tinggi menyebabkan tingginya impor kedelai. Selama tiga dekade (1987-2015) jumlah kedelai yang diimpor berfluktuasi pada kisaran 1 sampai dengan 2 juta ton per tahun (Nuryati, 2015). Upaya untuk meningkatkan produksi kedelai domestik sangat diperlukan untuk mengurangi ketergantungan pada pasokan impor. Produksi kedelai di Indonesia pada umumnya masih rendah yaitu pada kisaran 1,2–1,3 ton ha⁻¹ (Kuntyastuty dan Muzaiyanah, 2017). Hal ini diduga karena di Indonesia, pada umumnya kedelai ditanam pada tanah-tanah yang bereaksi masam (pH rendah) dengan kandungan bahan organik dan unsur hara yang rendah sehingga hasil panen yang diperoleh tidak optimal. Penurunan hasil kedelai hingga 30-50% dapat terjadi pada tanah dengan pH kurang dari 5 dimana pada tanah-tanah masam tanaman dapat mengalami keracunan aluminium (Al) dan mangan (Mn) serta kekurangan unsur-unsur hara (Slaton *et al.*, 2013). Aluminium pada umumnya merupakan komponen racun utama pada tanah-tanah masam dimana ambang batas kejenuhan Al untuk kedelai adalah > 20% (Fageria *et al.*, 1988).

B. Perumusan Masalah

Konversi lahan dari hutan alami menjadi lahan pertanian atau lahan lainnya serta penggunaan lahan pertanian dalam jangka waktu yang lama menyebabkan terjadinya kehilangan bahan organik tanah karena pengolahan tanah, erosi dan dekomposisi. Bahan organik tanah sebagai sumber C tanah merupakan komponen penting yang menentukan kesuburan tanah karena berperan sebagai sumber hara seperti N, P dan K serta menentukan pH dan KTK tanah. Selain itu, Al yang dapat meracuni tanaman dapat ditekankan konsentrasinya oleh keberadaan bahan organik dalam tanah. Ultisol merupakan tanah dengan kandungan bahan organik, pH dan unsur hara yang rendah sehingga mempunyai produktivitas yang rendah. Dinamika bahan organik tanah dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan dan praktek-praktek pengelolaan tanah.

Pada umumnya penentuan kandungan bahan organik tanah hanya berdasarkan kandungan C organik total. Namun demikian pengukuran C organik total sendiri sering kali tidak sensitif atau tidak cukup menunjukkan perubahan dari

kualitas tanah akibat aplikasi bahan-bahan organik. Fraksi C organik labil merupakan fraksi yang relatif mudah hilang akibat proses dekomposisi dan berperan dalam menentukan ketersediaan hara serta mempunyai sensitivitas yang lebih tinggi terhadap perubahan praktek-praktek pengelolaan tanah dibandingkan dengan C organik total tanah. Fraksi C organik yang stabil merupakan sumber cadangan C dalam tanah dan berperan dalam menentukan sifat-sifat kimia tanah seperti KTK dan reaksi kompleks dengan logam-logam seperti Al.

Penelitian-penelitian tentang penggunaan pupuk organik serta kombinasinya dengan pupuk buatan menunjukkan hasil yang bervariasi terhadap ketersediaan hara tanah dan hasil tanaman. Salah satu sumber bahan organik tanah yang dapat digunakan untuk perbaikan produktivitas tanah adalah limbah cair yang berasal dari pabrik kelapa sawit karena limbah cair ini mengandung bahan organik dalam jumlah yang relatif tinggi yang ditandai dengan nilai BOD dan COD yang tinggi. Selain itu limbah cair juga mengandung unsur-unsur hara seperti N, P, K dan lain-lain. Rendahnya nilai pH dan tingginya nilai BOD dan COD dari limbah cair dapat mencemari tanah, air dan merusak biota perairan sehingga perlu dikelola melalui proses tertentu sebelum dapat diaplikasikan sebagai sumber pupuk organik.

Pemanfaatan limbah cair sebagai sumber bahan organik telah dilakukan oleh peneliti lain dengan menambahkan NaOH untuk menaikkan pH dan Urea sebagai sumber N untuk dekomposisi bahan organik limbah cair. Namun demikian aplikasi limbah cair yang mengandung Na secara terus menerus dan dalam dosis yang tinggi dapat meningkatkan kandungan Na dalam tanah yang dapat menyebabkan terhambatnya mineralisasi bahan organik tanah, dispersi dan penurunan penyerapan N oleh kedelai. Kondisi yang demikian menyebabkan terganggunya pertumbuhan dan produksi tanaman, khususnya tanaman kedelai. Selain itu, penggunaan Urea sebagai sumber N untuk mikrobial dekomposer juga meningkatkan penggunaan pupuk buatan Urea. Berdasarkan kondisi tersebut maka perlu dicari bahan-bahan alternatif sebagai pengganti NaOH untuk menaikkan pH serta Urea sebagai sumber N mikrobial dekomposer. Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai pengganti NaOH adalah kalsit, dolomit dan zeolit. Bahan-bahan ini telah sering digunakan untuk memperbaiki pH pada tanah-tanah masam, sedangkan sebagai pengganti Urea sebagai sumber N adalah pupuk kandang ayam.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat ditetapkan rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Apakah melalui aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai pupuk organik alternatif dan pupuk buatan pada Ultisol dapat meningkatkan fraksi C organik, unsur hara, dan hasil kedelai
2. Bagaimana hubungan fraksi-fraksi C organik tanah dengan ketersediaan hara dan hasil kedelai akibat aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit pada Ultisol
3. Bagaimana dinamika fraksi C organik tanah dan unsur hara pada Ultisol akibat aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit
4. Bagaimana perbedaan sensitivitas parameter C organik total dengan C organik labil dan C organik stabil sebagai akibat aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit dan/atau pupuk buatan
5. Bagaimana potensi sequestrasi C tanah sebagai akibat aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit dan/atau pupuk buatan.

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi peningkatan fraksi C organik, ketersediaan unsur hara dan hasil tanaman kedelai akibat aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit dan pupuk buatan pada Ultisol,
2. Menentukan hubungan fraksi C organik dengan ketersediaan unsur hara dan hasil kedelai
3. Mengevaluasi dinamika fraksi C organik dan ketersediaan unsur hara akibat aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit
4. Menilai indeks sensitivitas fraksi C organik terhadap aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit dan/atau pupuk buatan
5. Mengevaluasi potensi sequestrasi C tanah akibat aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit dan/atau pupuk buatan.

D. Manfaat Penelitian

1. Mendapatkan sumber pupuk organik alternatif melalui pengelolaan limbah cair pabrik kelapa sawit

2. Aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit pada tanah merupakan suatu upaya daur ulang (*recycle*) limbah industri pertanian dalam upaya mengatasi pencemaran lingkungan dan meningkatkan sequestrasi C organik tanah.
3. Kemampuan limbah cair pabrik kelapa sawit dalam memperbaiki produktivitas Ultisol mempunyai potensi untuk mengurangi dan/atau menggantikan pemakaian pupuk buatan.
4. Peningkatan fraksi C organik, kandungan unsur hara dan perbedaan sensitivitas antara fraksi C organik serta dinamikanya akibat aplikasi limbah cair memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan mengenai pengaruh pemanfaatan limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai salah satu sumber pupuk organik alternatif terhadap perbaikan sifat kimia Ultisol dan hasil tanaman kedelai.

E. Kebaruan (*Novelty*)

1. Limbah cair segar pabrik kelapa sawit yang ditambah dengan kalsit atau dolomit atau zeolit dan pupuk kandang ayam dapat menjadi pupuk organik alternatif yang efektif dalam memperbaiki kualitas tanah dan hasil kedelai pada Ultisol
2. Fraksi C organik labil yang dioksidasi permanganat dengan indeks sensitivitas yang tinggi dan tingkat korelasi yang tinggi dengan unsur-unsur hara dan hasil tanaman kedelai dapat menjadi sebagai indikator yang sesuai untuk mengevaluasi perbaikan kandungan bahan organik tanah dan peningkatan hasil kedelai sebagai akibat aplikasi limbah cair pada Ultisol Indonesia.
3. Peningkatan fraksi C asam humat dapat menjadi indikator peningkatan sequestrasi C pada Ultisol yang mendapat aplikasi limbah cair.

F. Luaran

Luaran hasil penelitian ini adalah: Publikasi pada jurnal ilmiah internasional yang bereputasi dan Jurnal Nasional serta presentasi pada seminar nasional dan internasional.

Publikasi pada jurnal ilmiah internasional yang bereputasi dan Jurnal Nasional:

1. Optimizing utilization of palm mill oil effluent and its influences on nutrient availability and soil organic matter on Ultisol (International Journal on Advances Science, Engineering, Information Technology, Volume 7 No. 1 Januari 2017)
2. Dynamics of organic carbon and nutrients after organic waste addition in an acid soil (International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology, Volume 11 No. 1 Februari 2018)
3. Use of organic waste as an alternative organic fertilizer and synthetic fertilizer to ameliorate acid soil productivity (International Journal on Advances Science Engineering Information Technology, Letter of Acceptance, Volume 8 No.3 Juni 2018).
4. Dynamics of soil organic carbon fractions under different land management in wet tropical areas (Journal of Soil and Land Utilization Management (Solum) Volume 15 No. 1 Januari 2018).

Presentasi pada seminar nasional dan internasional:

1. Effect of effluent and synthetic fertilizers on soil organic carbon fractions, nutrient availability and soybean yield (International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies 18-21 September 2015, Nanjing Cina).
2. Pemanfaatan limbah cair untuk memperbaiki kandungan bahan organik dan produktivitas Ultisol (Kongres dan Seminar Nasional XI Himpunan Ilmu Tanah Indonesia Universitas Brawijaya, Malang pada 28-31 Oktober 2015).
3. The use of palm oil mill effluent as an alternative organic fertilizer and artificial fertilizer in improving the productivity of an acid mineral soil (International Conference – Sustainable Agriculture, Food and Energy, Shah Alam Selangor Malaysia 22-24 Agustus 2017).