KAJIAN KARAKTERISTIK FISIKA PADA TANAH YANG MENGALAMI KOMPAKSI DI PERKEBUNAN NANAS (*Ananas comosus* [L] Merr)

(Skripsi)

Oleh

VIVI LIANSARI

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019

ABSTRAK

KAJIAN KARAKTERISTIK FISIKA PADA TANAH YANG MENGALAMI KOMPAKSI DI PERKEBUNAN NANAS (*Ananas comosus* [L] Merr)

Oleh

VIVI LIANSARI

Kompaksi tanah adalah proses densifikasi atau pemadatan tanah dimana porositas dan permeabilitas tanah menurun, serta kekuatan tanah meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengkaji sifat fisik yang berkaitan dengan kompaksi tanah berupa ketahanan penetrasi, kerapatan isi, dan porositas total pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr). Penelitian dilaksanakan di PT GGP Terbanggi Besar (berproduksi rendah) dan Way Jepara (lahan belum berproduksi). Tiga lokasi bertempat di PT GGP Way Jepara, sedangkan satu lokasi bertempat di Terbanggi Besar. Jenis tanah yang dominan di Way Jepara dan Terbanggi Besar yaitu Oxic Dystrudepts, Kanhapludults, dan Dystropepts. Tanah di Terbangi Besar dan Way Jepara termasuk tanah bertekstur liat berpasir, berwarna merah kuning, dan memiliki kandungan bahan organik <2%. Ketahanan penetrasi tanah pada tiga lokasi termasuk kategori tinggi, sedangkan satu lokasi termasuk kategori sangat tinggi. Kompaksi relatif pada tiga lokasi termasuk level sangat padat, sedangkan

satu lokasi termasuk padat. Porositas total pada tiga lokasi termasuk kategori sangat rendah, sedangkan pada satu lokasi termasuk kategori rendah. Kompaksi tanah di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) dipengaruhi oleh kandungan kandungan liat.

Kata kunci : C-organik, kadar air, kerapatan isi, ketahanan penetrasi, kompaksi, liat, nanas, porositas total, dan sifat fisika tanah.

KAJIAN KARAKTERISTIK FISIKA PADA TANAH YANG MENGALAMI KOMPAKSI DI PERKEBUNAN NANAS (*Ananas comosus* [L] Merr)

Oleh

VIVI LIANSARI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019

Judul Skripsi : **KAJIAN KARAKTERISTIK FISIKA PADA TANAH YANG MENGALAMI KOMPAKSI DI PERKEBUNAN NANAS (*Ananas comosus* [L] Merr)**

Nama Mahasiswa : **VIVI LIANSARI**

NPM : 1414121240

Jurusan : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Afandi, M.P.
NIP 196611031988031003

2. Ketua Jurusan Agroteknologi

Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 196305081988112001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Afandi, M.P.** .....

Penguji
Bukan
Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.** .....

2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian: **8 Maret 2019**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**KAJIAN KARAKTERISTIK FISIKA PADA TANAH YANG MENGALAMI KOMPAKSI DI PERKEBUNAN NANAS (*Ananas comosus* [L] Merr)**" merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah-kaidah penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung. Jika pernyataan ini di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau buatan orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung,
Penulis,

METERAI TEMPEL
99076AFF801116375
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Vivi Liansari
NPM 1414121240

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Metro pada tanggal 15 September 1995, anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Sudiyanto dan Ibu Suparmi. Pendidikan yang pernah ditempuh oleh penulis yaitu TK PKK Yosomulyo pada tahun 2001 sampai 2002, SD Negeri 7 Metro Pusat pada tahun 2002 sampai 2008, SMP Negeri 1 Metro pada tahun 2008 sampai 2011, dan SMA Negeri 1 Metro pada tahun 2011 sampai 2014.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pengalaman kerja penulis di kampus antara lain sebagai asisten mata kuliah Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Biologi Pertanian, Fisiologi Tumbuhan, Teknologi Konservasi Tanah dan Air, Fisika Tanah, dan tutor Forum Ilmiah Mahasiswa.

Penulis telah melaksanakan kuliah kerja nyata dengan tema ”Pemberdayaan Kampung Berbasis Informasi dan Teknologi” di Desa Sumber Agung, Kecamatan Bandar Surabaya, Kabupaten Lampung Tengah dan praktik umum dengan judul “Penggunaan DJI Phantom 3 Professional untuk Evaluasi Hasil Pemupukan N di PT Great Giant Pineapple, Great Giant Foods, Lampung Tengah” di PT Great Giant Pineapple, Kecamatan Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah.

Sebuah karya kecil untuk Agama, Ibu, dan Keluargaku.

Untuk teman yang tak henti mengingatkan untuk tetap maju.

Semoga bernilai kebaikan disisi Allah.

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri

(QS. Ar-Ra'd: 11)

Lakukanlah pekerjaan itu pada puncak kemampuanmu

(HR. Bukhari & Muslim)

Maka apabila kamu telah selesai dari satu urusan maka kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah kamu berharap

(Q.S. Insyirah: 7-8)

Ya rabbku, lapangkanlah untukku dadaku dan mudahkanlah untukku urusanku dan lepaskanlah kekakuan dari lidahku supaya mereka mengerti perkataanku

(Q.S. Thoha: 25-28)

Ya Allah, tidak ada kemudahan melainkan yang Engkau jadikan mudah. Dan Engkau sanggup membuat yang sulit menjadi mudah jika Engkau Kehendaki

(H.R. Ibnu Hibban)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa ta'ala, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam penulis sanjungkan kepada Rasulullah Shalallahu alaihi Wa Sallam yang senantiasa menjadi tauladan terbaik. Dengan selesainya skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si. selaku penguji dan Dekan Fakultas Pertanian atas saran dan nasehat kepada penulis.
2. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M. Si. selaku Ketua Jurusan Agroteknologi.
3. Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M. Agr. Sc. selaku Ketua Bidang Ilmu Tanah.
4. Dr. Ir. Afandi, M. P. selaku pembimbing pertama, atas bantuan, bimbingan, saran, dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan studi di Jurusan Agroteknologi Universitas Lampung.
5. Zuldadan Naspendra, S. P., M. Si. selaku pembimbing kedua atas bantuan, kritik, dan saran yang membangun kepada penulis.
6. Seluruh Dosen Fakultas Pertanian yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
7. Bapak Bambang Sumitro selaku pegawai Great Giant Foods Terbanggi Besar, Lampung Tengah, Provinsi Lampung atas bantuan dan saran bagi penulis.
8. Staf Laboratorium Ilmu Tanah (Bapak Suwarto, Ibu Rahmatus Sa'diyah, dan Adi Setiawan) dan Staf Jurusan Agroteknologi (Bapak Taslan, Mbak Fitri,

Mas Iwan, Mbak Kican, Mbak Resti, dan Mas Arif) yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.

9. Keluarga yang selalu memberikan dukungan Bapak Sudiyanto, Ibu Suparmi, Ika Pertiwi, Dian Ika Sari, Vicha Ardani, Rendy Eko Supriyanto, Anisa Safaira, Hafidz Mumtaz, Hanif Imtiyaz, Laberli Rifkianiko, Sekar Yufrisia, Mbah Mirem, Bulek Anti, dan Bulek Atun.
10. Siti Chairani, S.P., Sherly Megawati, S.P., dan Dimas Pranata Gama, S.P. atas nasihat, bantuan, dukungan, pengertian, dan kesediannya untuk berjuang selama kegiatan penelitian.
11. Teman-teman Bintil Akar dan Pejuang Skripsi (Siti Miftahul Jannah, S.P., Silfi Indrasari, S.P., Zakiah Selviani, S.P., Yuves Menti, S.P., Sinta Nurhasanah, S.P., Yecti Wiji Jayanti, S.P., Resti Farida, S.P., Tunsiyah, S.P., Shafira Fatimah, S.P., Tri Untari, S.P.,) atas nasihat, bantuan, dukungan, pengertian, dan kesediannya untuk berjuang selama proses studi di Universitas Lampung.
12. Teman-teman Cantik Manis (Shinta Marvina, Nora Pramarta, Gadena Artesis, Valendya Rilansari, Ukhti Fikarin) atas nasihat, bantuan, dukungan, pengertian, dan semangat bagi penulis.
13. Teman sharing Megawati, Ayu Rachmawati, Qudwah Mutawakillah, dan Desti Silviana atas kebersamaan, nasihat, semangat, dan dukungan bagi penulis.
14. Teman-teman KKN (S. Bherliana Maharani S., Ayu Dian Pamungkas, Maria Ulfa, Khoirunnisa, Resti Anggraini, Murtika, Gardina Juviandini, Syahril

Sidik, Adi Kurniawan, M. Axel Adiguna, Doni Mailana, Danu Firmansyah, Nurhidayat) atas dukungan dan kebersamaan dalam berbagai kesempatan.

15. Teman-teman Praktik Umum (Tri Untari, Tunsiyah, Silfi Indrasari, Muhammad Alfan Fauzan, Niko Fernando, Neti Ontia, Novita Lestari, Sevagus Waskita Cahya, Dhimas Elba, Yugo Akbar Firrizki, Renky Satria, M. Arya Suwardi, Nico Senatama, Mislen Agustin, Dicky Virgiawan, dan Sirot Julaili) atas dukungan dan kebersamaan dalam berbagai kesempatan.
16. Seluruh teman-teman angkatan 2014 beserta kakak dan adik tingkat mahasiswa atas kepedulian, bantuan, dan rasa kekeluargaan selama ini.
17. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Semoga mendapatkan balasan dari Allah Subhanahu Wa ta'ala dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 20 Maret 2019
Penulis,

Vivi Liansari

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL ..... **xvi**

DAFTAR GAMBAR ..... **xviii**

I. PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tujuan Penelitian 3
1.3 Kerangka Pemikiran 4
1.4 Hipotesis 6

II. TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Kompaksi Tanah 7
2.2 Proses dan Faktor Penyebab Kompaksi 9
2.3 Dampak Kompaksi Tanah 12
2.4 Evaluasi Kompaksi Tanah 14
2.4.1 Ketahanan Penetrasi 14
2.4.1 Kerapatan Isi 14
2.4.1 Porositas total 15
2.5 PT Great Giant Pineapple 15

III. BAHAN DAN METODE
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian 17
3.2 Gambaran Umum Lokasi Penelitian 17
3.3 Alat dan Bahan 18
3.4 Pelaksanaan Penelitian 18
3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah dan Pengukuran Variabel 18
3.4.2 Analisis Karakteristik Tanah 20
3.4.3 Prosedur Analisis Variabel Utama 20
3.5 Analisis Data 24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Karakteristik Tanah Ultisol di Perkebunan Nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) PT Great Giant Pineapple 25
4.2 Koefisien Korelasi 25
4.3 Ketahanan Penetrasi 26
4.4 Kerapatan Isi 28
4.5 Porositas Total 29
4.6 Pembahasan 31

V. KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 35
5.2 Saran..... 35

DAFTAR PUSTAKA 36

LAMPIRAN 39
Tabel (14 - 20) 40
Gambar (8 – 10) 46

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1	Kriteria C Organik tanah menurut Prasetyo dkk (2009)	12
2	Interaksi negatif tanaman pada *low* dan *high levels of compactness* menurut Soane (1985) dalam Soane dan Ouwerkerk (1994)	13
3	Titik Pengambilan Sampel Tanah	19
4	Analisis Karakteristik Tanah dan Metode Pengukurannya	20
5	Kriteria Kekuatan Tanah Schoeneberger dkk. (2012)	21
6	Kriteria kerapatan isi maksimum USDA (2008) dan Tisdall (1951)	22
7	Kriteria kompaksi relatif Silva dkk. (2014)	23
8	Kriteria Titik Layu dan Kapasitas Lapang Saxton dan Rawls (2006)	23
9	Data tanah di PT Great Giant Pineapple	25
10	Koefisien Korelasi	26
11	Ketahanan penetrasi pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr)	28
12	Kerapatan isi pada pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr)	29
13	Porositas Total pada pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr)	31
14	Ketahanan penetrasi pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr)	40
15	Kerapatan isi pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr)	40

16 Porositas total pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) 41

17 C-organik pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) 41

18 Tekstur pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) 41

19 Kadar air dari lapangan pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) 42

20 Kadar air kering udara pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) 42

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1	Diagram Alir Kerangka Pemikiran	6
2	Proses kompaksi tanah akibat penggunaan traktor (Soane dan Ouwerkerk, 1994).	10
3	Batasan kadar air dalam konsistensi tanah Hillel (1980) dalam Afandi (2019).....	11
4	Tahap-tahap persiapan lahan di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) (Putri, 2010).	16
5	Proses pengambilan sampel tanah agregat utuh (a) sampel tanah agregat utuh (b) pengukuran ketahanan penetrasi menggunakan penetrometer saku	19
6	Grafik hubungan ketahanan penetrasi dan kerapatan isi.....	26
7	Grafik hubungan ketahanan penetrasi dan ruang pori total	27
8	Segitiga Tekstur (Agus dkk., 2006)	46
9	Lokasi pengambilan sampel tanah. (a) nanas umur 9 bulan (lokasi 401F), (b) nanas umur 3 bulan dari bibit sucker (lokasi 416P), (c) nanas umur 6 bulan (lokasi 404E), dan (d) nanas umur 6 bulan (lokasi 86).....	48
10	Proses pengukuran kerapatan isi tanah. (a) penimbangan *clod* yang sudah diikat dengan menggunakan tali, (b) proses pelapisan tanah dengan menggunakan lilin cair di atas hotplate, (c) tanah yang sudah dilapisi dengan lilin, (d) penimbangan tanah yang sudah dilapisi dengan lilin di udara, dan (e) penimbangan bobot tanah dan lilin di dalam air.....	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kompaksi tanah adalah proses densifikasi atau pemadatan tanah dimana porositas dan permeabilitas tanah menurun, serta kekuatan tanah meningkat (Soane dan Ouwerkerk, 1994). Dampak negatif dari kompaksi dapat berupa degradasi tanah seperti peningkatan ketahanan penetrasi, peningkatan kerapatan isi, dan penurunan porositas tanah (Reintam dkk., 2009; Solgi dkk., 2015; dan Pagliai dkk., 2003). Degradasi karakteristik tanah dapat berakibat pada menurunnya produksi tanaman sebagai tujuan utama kegiatan pertanian (Reintam dkk., 2009 dan Obour dkk., 2018).

Berdasarkan penelitian Reintam dkk. (2009) pada tanah lempung berpasir yang ditanami barley (*Hordeum vulgare* L.) diketahui bahwa ketahanan penetrasi meningkat 2 - 3 MPa akibat perlakuan kompaksi menggunakan alat berat. Menurut Solgi dkk. (2015) tanah yang dilalui oleh alat berat secara berulang mengalami penurunan porositas total sebesar 37 % dan peningkatan kerapatan isi dari 0,7 g cm^{-3} menjadi 0,96 hingga 1,41 g cm^{-3}. Menurut Pagliai (2003) kompaksi pada tanah liat Center Itali ditemukan pada kedalaman 0 – 10 cm setelah tanah diberi perlakuan pemadatan dengan menggunakan traktor, dimana persentase porositas total tanah sebesar 10 %.

Penurunan produksi yang disebabkan oleh kompaksi terjadi pada berbagai jenis tanaman diantaranya yaitu pada tanaman gandum jenis barley dan wheat. Kompaksi menyebabkan penurunan produksi sebesar lebih dari 80 % pada tanaman barley (Reintam dkk., 2009). Pada tanaman wheat perlakuan kontrol produksi wheat diketahui sebesar 6,3 t ha^{-1} dan kerapatan isi sebesar 1,09 g cm^{-3}, sedangkan tanah dengan perlakuan kompaksi produksi wheat sebesar 6,1 t ha^{-1} dan kerapatan isi sebesar 1,10 g cm^{-3} (Obour dkk., 2018).

Menurut Soane dan Owerkerk (1994) penyebab kompaksi berubah seiring dengan perkembangan teknologi. Pada awal abad ke 19 binatang pembajak diamati sebagai penyebab kompaksi tanah. Kemudian, pada pertengahan abad 19 hingga awal abad ke 20, penggunaan mesin olah tanah bertenaga uap menjadi salah satu penyebab kompaksi tanah. Pada abad 20 penyebab kompaksi telah berkembang dengan adanya kemajuan teknologi yaitu mesin berbahan bakar fosil.

Kompaksi tanah pada dasarnya dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal (Horn dan Lebert, 1994). Faktor internal yang mempengaruhi kompaksi menurut Horn dan Lebert (1994) diantaranya: (1) distribusi partikel tanah; (2) tipe mineral liat, serta jenis dan jumlah kation dapat ditukar; (3) kandungan dan jenis substansi organik tanah; (4) kerapatan isi dan (5) kadar air tanah, sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi kompaksi meliputi semua gaya dari luar yang diterapkan pada tanah ketika faktor internal mendukung terjadinya kompaksi.

Menurut Afandi (2019) konsistensi tanah dibagi menjadi beberapa batasan yaitu kering, lembab, basah, jenuh, dan sangat jenuh. Kompaksi terjadi pada saat tanah berada pada kondisi plastis yaitu ketika tanah dalam keadaan basah, sedangkan

pada keadaan kering, lembab, jenuh, dan sangat jenuh tanah lebih resisten terhadap kompaksi (Afandi, 2010).

PT Great Giant Pineapple (PT GGP) merupakan perusahaan pengalengan buah nanas terbesar ketiga di dunia yang memiliki luas areal total 32.000 ha (Anthony, 2013). Menurut Sutanto dan Lubis (2018) dihasilkan lebih dari 500.000 ton buah nanas per tahun. PT GGP mengekspor produknya ke 63 negara dan 5 benua, sebagian besar ke benua Amerika (40,8 %) dan Eropa (44,0 %).

Kegiatan pertanian dilakukan baik berupa pengolahan tanah, penanaman, maupun pemanenan dilakukan pada lahan yang berbeda setiap hari untuk memenuhi kebutuhan ekspor dan dalam negeri. Pengolahan tanah dapat menjadi salah satu penyebab kompaksi jika dilakukan pada saat konsistensi basah, sehingga diperlukan pengujian terhadap tanah di perkebunan nanas PT GGP. Berdasarkan latar belakang tersebut telah dilakukan penelitian dengan judul “Kajian Karakteristik Fisika pada Tanah yang Mengalami Kompaksi di Perkebunan Nanas (*Ananas comosus* [L] Merr)”.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian yang berjudul “Kajian Karakteristik Fisika pada Tanah yang Mengalami Kompaksi di Perkebunan Nanas (*Ananas comosus* [L] Merr)” ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengkaji sifat fisik yang berkaitan dengan kompaksi tanah berupa ketahanan penetrasi, kerapatan isi, dan porositas total pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr).

1.3 Kerangka Pemikiran

Kompaksi tanah adalah proses densifikasi atau pemadatan tanah dimana porositas dan permeabilitas tanah menurun, serta kekuatan tanah meningkat (Soane dan Ouwerkerk, 1994). Kompaksi tanah pada dasarnya dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal (Horn dan Lebert, 1994). Faktor internal yang mempengaruhi kompaksi menurut Horn dan Lebert (1994) diantaranya: (1) distribusi partikel tanah; (2) tipe minerat liat, serta jenis dan jumlah kation dapat ditukar; (3) kandungan dan jenis substansi organik tanah; (4) kerapatan isi dan (6) kadar air tanah, sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi kompaksi meliputi semua gaya dari luar yang diterapkan pada tanah ketika faktor internal mendukung terjadinya kompaksi.

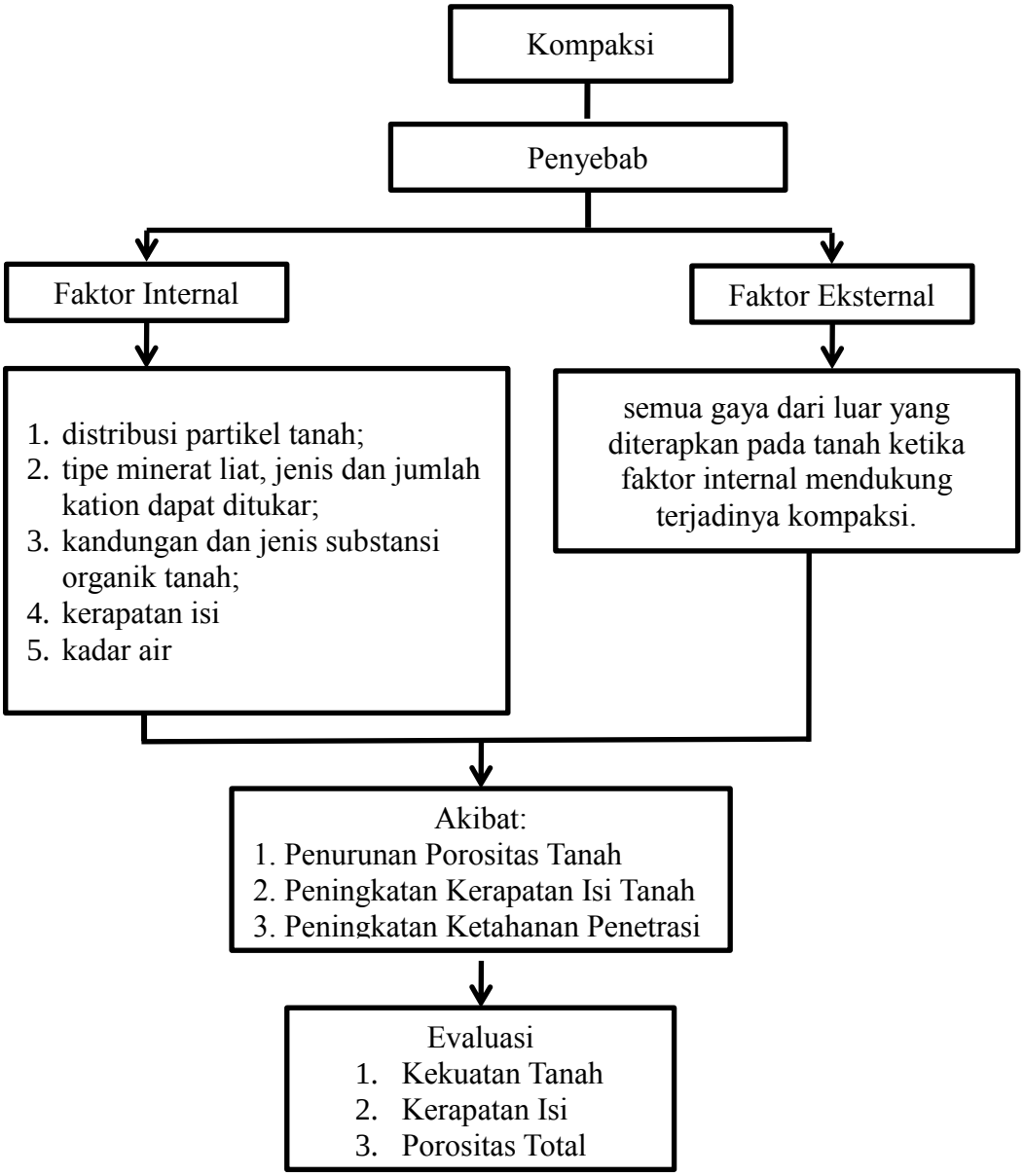
Berdasarkan penelitian Reintam dkk. (2009) pada tanah lempung berpasir *Stagnic Luvisol* yang ditanami spring barley (*Hordeum vulgare* L.) diketahui bahwa ketahanan penetrasi meningkat 2 - 3 MPa akibat perlakuan kompaksi menggunakan alat berat. Menurut Solgi dkk. (2015) tanah yang dilalui oleh alat berat secara berulang mengalami penurunan porositas total sebesar 37 % dan peningkatan kerapatan isi dari 0,7 g cm^{-3} menjadi 0,96 hingga 1,41 g cm^{-3}. Menurut Pagliai (2003) kompaksi pada tanah liat Center Itali ditemukan pada kedalaman 0 – 10 cm setelah tanah diberi perlakuan pemadatan dengan menggunakan traktor, dimana persentase porositas total tanah yaitu 10 %.

Kompaksi tanah dapat diukur melalui sifat tanah yang berkaitan dengan kekerasan tanah (*soil compactness*) diantaranya adalah ketahanan penetrasi, kerapatan isi, dan porositas total. Menurut Horn dan Lebert (1994) proses kompaksi

menggambarkan peningkatan kerapatan isi tanah, dimana kerapatan isi dapat dipergunakan dalam penghitungan kompaksi relatif dan porositas total. Kompaksi relatif sebagai derajat kompaksi ditentukan berdasarkan perbandingan kerapatan isi tanah dengan kerapatan isi maksimum tanah (Silva dkk., 2014). Porositas total tanah dihitung berdasarkan kerapatan isi tanah (Hillel, 1982).

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian berupa agregat utuh dan tanah terganggu. Pengukuran kekuatan tanah dapat dilakukan dengan dua macam cara yaitu secara langsung dan tidak langsung (Horn dan Lebert, 1994). Pengukuran secara tidak langsung meliputi metode *water stability test* (tes stabilitas air), Atterberg *test*, dan *proctor test*, sedangkan pengukuran secara langsung meliputi metode *confined compression test*, *traxial test*, dan *direct shear test*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *direct shear test* dengan menggunakan penetrometer saku dan pengukuran kerapatan isi secara terstruktur menggunakan metode *clod wax*.

Pengambilan sampel tanah dilakukan di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) PT GGP untuk mengidentifikasi karakteristik fisika pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) yang berproduksi rendah dan lahan yang baru yang belum berproduksi.



Gambar 1. Diagram Alir Kerangka Pemikiran

1.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah bahwa karakteristik fisika pada tanah yang mengalami kompaksi di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) antara lain: ketahanan penetrasi antara 1,5 hingga lebih dari 3,5 kg cm^{-2}, kerapatan isi lebih dari sama dengan 1,89 g cm^{-2}, dan porositas total dibawah 25 %.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kompaksi Tanah

Kompaksi tanah adalah proses densifikasi atau pemadatan tanah dimana porositas dan permeabilitas tanah menurun, serta kekuatan tanah meningkat (Soane dan Ouwerkerk, 1994). Menurut Hillel (1982) tanah atau lapisan tanah mengalami kompaksi jika total porositas, terutama pori yang diisi dengan udara sangat rendah sehingga menghambat aerasi, penetrasi akar dan drainase.

Menurut Horn dan Lebert (1994) kompaksi merujuk pada suatu proses yang menggambarkan peningkatan massa tanah per unit volume (= peningkatan kerapatan isi) akibat beban eksternal yang diterapkan pada tanah atau akibat perubahan tekanan air tanah. Beban eksternal yang bersifat statis atau dinamis diterapkan pada tanah dalam bentuk getaran, *rolling* (gaya putar pada roda), *trampling* (injakan), dan sebagainya.

Menurut Soane dan Owerkerk (1994) pada awal abad ke 19, binatang pembajak diamati sebagai penyebab kompaksi selama proses pengolahan tanah. Pada waktu yang berbeda, pada pertengahan abad 19 hingga awal abad ke 20, penggunaan mesin bertenaga uap untuk pengolahan tanah diikuti oleh kompaksi tanah yang *excessive*. Saat ini, kompaksi telah berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi mesin berbahan bakar fosil pada abad 20. Kompaksi menjadi masalah

multidisiplin yang melibatkan mesin, tanah, tanaman, dan iklim, sehingga memegang peran penting terhadap ekonomi, lingkungan, dan terutama bidang pertanian.

Di Indonesia penggunaan alat berat pertama diperkenalkan pada era tahun 1920an untuk mendukung berdirinya pabrik gula di Jawa. Sejak tahun 1946 digunakan traktor besar pada lahan-lahan perkebunan. Pada tahun 1950 mulai didirikan pool-pool traktor di berbagai wilayah di Indonesia. Pada tahun 1970 di dalam negeri mulai diproduksi alat–alat mesin pertanian untuk pengolahan lahan sawah, pemeliharaan tanaman, pompa air irigasi, dan mesin pengolah hasil pertanian. Perkembangan alat dan mesin pertanian untuk pengolah lahan (*hand tractor*) diterima oleh para petani sejak awal 1980an (Prasetyo, 2017).

Tipe-tipe kompaksi menurut USDA (2003) sebagai berikut.

a. *Surface crusting* membatasi proses semai dan infiltrasi air. Kompaksi tipe ini disebabkan oleh tetesan air hujan pada tanah dengan agregat yang lemah. Tanah yang tertutup oleh tanaman penutup tanah atau tertutup oleh residu tanaman dalam jumlah besar tidak membentuk *surface crusts*.
b. *Surface compaction* terjadi diberbagai tempat mulai dari permukaan ke bawah hingga kedalaman olah tanah. Lapisan yang mengalami kompaksi pada lapisan ini dapat digemburkan dengan olah tanah normal. Tipe kompaksi ini dapat menghambat perkembangan akar dan aktivitas biologi.
c. *Tillage pan* adalah suatu lapisan padat, dengan ketebalan beberapa inchi dibawah lapisan olah tanah. Lapisan ini berkembang ketika kedalaman olah tanah sama dari tahun ke tahun.

d. *Deep compaction* terjadi dibawah lapisan *tillage pan.* Tekanan dan berat total dari mesin pertanian secara signifikan mempengaruhi jumlah kompaksi pada subsoil. *Deep compaction* sulit untuk dipulihkan dan mengubah struktur tanah secara permanen.

e. *Inherent hardpans* dapat terbentuk pada beberapa tipe tanah akibat variasi ukuran partikel, konsolidasi partikel oleh air hujan, dan faktor kimia organik tertentu. Lapisan keras ini semakin buruk dengan olah tanah dan lintasan alat berat.

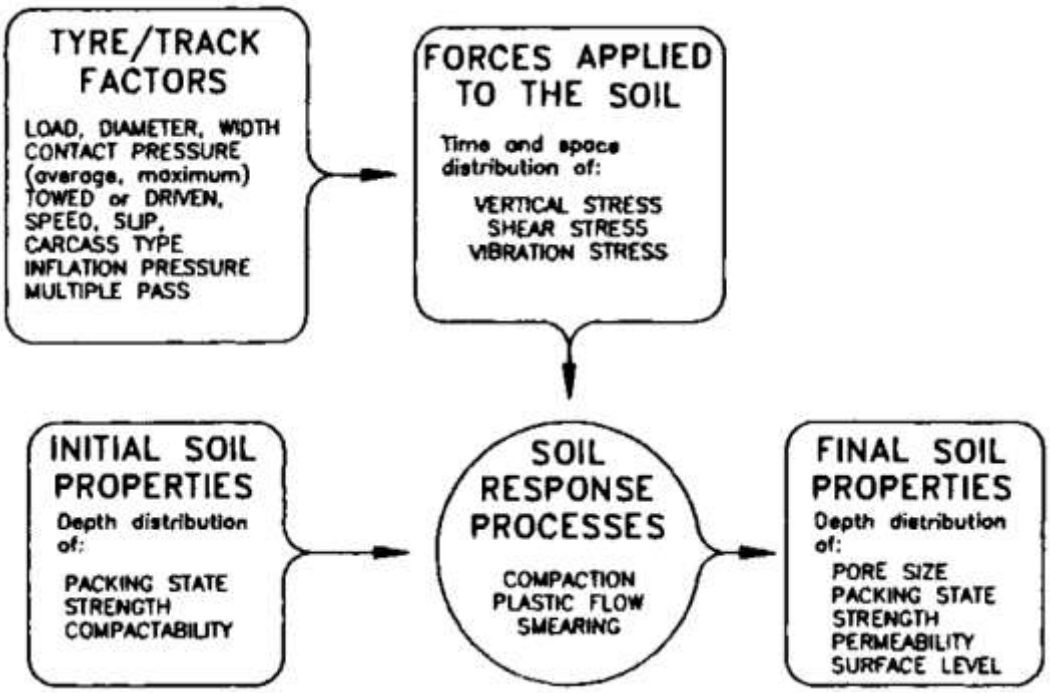
2.2 Proses dan Faktor Penyebab Kompaksi

Menurut Soane dan Ouwerkerk (1994) proses kompaksi dimulai dengan adanya tekanan yang diterapkan pada kondisi yang rentan terhadap kompaksi. Tekanan dapat berasal dari mekanisasi pertanian, beban yang dibawa oleh alat mekanisasi, dan kontinuitas penggunaan alat mekanisasi. Kemudian, tanah akan memberikan respon terhadap tekanan yang diterapkan. Respon tanah terhadap tekanan tersebut salah satunya adalah kompaksi. Proses ini kemudian berpengaruh terhadap karakteristik tanah yang berkaitan dengan kompaksi, yaitu terhadap peningkatan ketahanan penetrasi dan kerapatan isi, serta penurunan porositas total tanah.

Faktor yang mempengaruhi kekuatan tanah menurut Horn dan Lebert (1994) sebagai berikut.

a. *Internal Parameter* (Parameter Internal)

Parameter internal merupakan parameter yang mempengaruhi *stress strain behavior* (respon tanah terhadap kompaksi). Parameter internal dipengaruhi

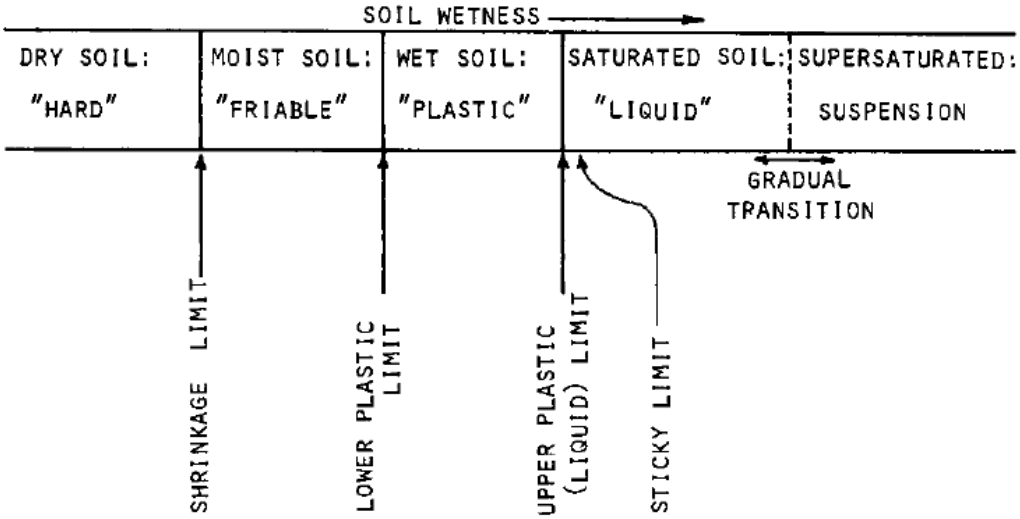


Gambar 2. Proses kompaksi tanah akibat penggunaan traktor (Soane dan Ouwerkerk, 1994).

oleh berbagai faktor yang antara lain: (1) distribusi partikel tanah; (2) tipe minerat liat, serta jenis dan jumlah kation dapat ditukar; (3) kandungan dan jenis substansi organik tanah; (4) agregasi tanah yang diinduksi oleh pengembangan dan pengerutan tanah, *root proliferation* (pertambahan jumlah akar), dan substansi organik; (5) kerapatan isi, sebaran partikel, *pore continuity* pada *bulk soil* dan agregat tunggal; (6) kadar air dan atau potensi air.

b. *External Forces* (Gaya Eksternal)

Gaya eksternal meliputi semua gaya yang berasal dari luar tanah yang dapat memicu proses kompaksi tanah. Pengaruh gaya eksternal ini tergantung pada faktor- faktor: tipe beban (statis atau dinamis); lama dan jumlah pengulangan beban; potensi air tanah selama penerapan beban.



Gambar 3. Batasan kadar air dalam konsistensi tanah Afandi (2019)

Kompaksi dipengaruhi oleh kadar air tanah. Menurut Hillel (1980) konsistensi tanah dibagi menjadi beberapa batasan yaitu kering, lembab, basah, jenuh, dan sangat jenuh. Sifat tanah pada 5 jenis konsistensi, antara lain: (1) pada konsistensi kering, tanah bersifat keras (*hard*) dan dan memiliki resistensi yang tinggi terhadap kompaksi; (2) konsistensi lembab, tanah bersifat gembur (*friable*) dan memiliki resistensi sedang terhadap kompaksi; (3) konsistensi basah, tanah bersifat plastis (*plastic*) dan memiliki resistensi rendah terhadap kompaksi; (4) konsistensi jenuh, tanah bersifat lumpur (*liquid*) dan memiliki resistensi yang tinggi terhadap kompaksi; dan (5) konsistensi sangat jenuh, tanah bersifat suspensi (*suspension*) dan memiliki resistensi yang tinggi terhadap kompaksi (Marshall dan Holmes, 1988 dalam Afandi, 2010).

Faktor bahan organik berpengaruh kecil terhadap kompaksi. Menurut Widodo dan Kusuma (2018) perubahan sifat fisika tanah dengan pemberian bahan organik membutuhkan waktu yang lama. Menurut Prasetyo dkk. (2009) pada Tabel 1 kriteria kandungan C organik pada tanah adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Kriteria C Organik tanah menurut Prasetyo dkk. (2009)

Kandungan C organik (%)	Nilai
<1	Sangat Rendah
1-2	Rendah
2-3	Sedang
3-5	Tinggi
>5	Sangat Tinggi

Selain bahan organik, faktor lain yang mendukung terjadinya kompaksi adalah tipe mineral liat yang dimiliki oleh tanah. Menurut Utomo (1995) mineral liat pada tanah ultisols Terbanggi Besar termasuk mineral tipe 1:1 kaolinit. Mineral tipe 1:1 kaolinit tergolong mineral yang stabil (Prasetyo dkk., 2004). Mineral kaolinit terdispersi ketika mengalami hidrasi karena memiliki kapasitas tukar kation yang rendah, sebaliknya menjadi agregat yang mudah hancur ketika mengalami dehidrasi (Hillel, 1982).

2.3 Dampak Kompaksi Tanah

Dampak kompaksi berbeda bergantung pada jenis tanaman, ke dalam kompaksi, kekerasan kompaksi, musim stress air, ditribusi hujan, intensitas hujan, spesies tanaman, varietas, dan fase tanaman. Dampak negatif yang timbul dalam interaksi kompaksi tanah dan tanaman pada *low* dan *high levels of compactness* menurut Soane (1985) dalam Soane dan Ouwerkerk (1994) dapat dilihat pada Tabel 2.

Penurunan hasil produksi yang disebabkan oleh kompaksi terjadi pada berbagai jenis tanaman diantaranya yaitu pada tanaman gandum jenis barley dan wheat. Kompaksi menyebabkan penurunan hasil produksi sebesar lebih dari 80 % pada tanaman barley (Reintam dkk., 2009). Pada tanaman wheat perlakuan kontrol

Tabel 2. Interaksi negatif tanaman pada *low* dan *high levels of compactness* menurut Soane (1985) dalam Soane dan Ouwerkerk (1994).

Low compactness	*High compactness*
a. Menghambat perkecambahan dan pertumbuhan benih karena rendahnya *seed/ soil contact.*	a. Anaerobiosis pada tanah mendorong akumulasi atilene, rendahnya suplai O_2 dan hilangnya N oleh denitrifikasi.
b. Kurang baiknya *hydraulic properties*, penurunan transport air, dan meningkatnya air kapiler.	b. Menghambat penetrasi akar dan distribusi akar, mengakibatkan rendahnya serapan air dan nutrient.
c. Menghambat penyerapan air dan nutrient per unit *root length* karena rendahnya *root/ soil contact.*	c. Tinggi *root/ soil contact* sehingga menghambat penyerapan O_2.
d. Gejala defisiensi unsur hara, contohnya defisiensi mangan pada tanaman barley.	d. Penurunan fiksasi nitrogen, nitrifikasi, dan aktivitas fauna tanah.

produksi gandum diketahui sebesar 6,3 t ha^{-1} dengan kerapatan isi sebesar 1,09 g cm^{-3}, sedangkan tanah dengan perlakuan kompaksi produksi wheat sebesar 6,1 t ha^{-1} dan kerapatan isi sebesar 1,10 g cm^{-3} (Obour dkk., 2018).

Kompaksi dapat diketahui berdasarkan karakteristik fisika tanah. Berdasarkan penelitian Reintam dkk. (2009) pada tanah lempung berpasir *Stagnic Luvisol* yang ditanami spring barley (*Hordeum vulgare* L.) diketahui bahwa ketahanan penetrasi meningkat 2 - 3 MPa akibat perlakuan kompaksi menggunakan alat berat. Menurut Solgi dkk. (2015) tanah yang dilalui oleh alat berat secara berulang mengalami penurunan porositas total sebesar 37 % dan peningkatan kerapatan isi dari 0,7 g cm^{-3} menjadi 0,96 hingga 1,41 g cm^{-3}. Menurut Pagliai (2003) pada tanah liat di Center Italy setelah perlakuan pemadatan tanah dengan menggunakan *wheeled tractor* tanah menjadi agak porous dengan porositas lebih dari 10 %, sedangkan pada tanah yang diberi perlakuan pemadatan dengan menggunakan traktor tanah menjadi padat dengan porositas dibawah 10 %.

2.4 Evaluasi Kompaksi Tanah

Evaluasi terjadinya kompaksi dapat dilakuakn dengan mengukur variabel fisika tanah yang berkaitan dengan kompaksi yaitu ketahanan penetrasi, kerapatan isi, dan porositas total tanah.

2.4.1 Ketahanan Penetrasi

Menurut Gao dkk. (2012) ketahanan penetrasi merupakan salah satu indikator kompaksi. Pengukuran kekuatan tanah dapat dilakukan dengan dua macam cara yaitu secara langsung dan tidak langsung (Horn dan Lebert, 1994). Pengukuran secara tidak langsung meliputi metode *water stability test* (tes stabilitas air), Atterberg *test*, dan *proctor test*, sedangkan pengukuran secara langsung meliputi metode *confined compression test*, *traxial test*, dan *direct shear test*.

2.4.2 Kerapatan Isi

Kerapatan isi tanah merupakan salah satu variabel yang penting untuk menentukan kompaksi menurut Horn dan Lebert (1994). Menurut Blake (1965) ada 4 cara yang dapat digunakan untuk menentukan kerapatan isi tanah yaitu *core method* (ring sampel), *excavation method*, *clod method*, dan *radiations method*. Penelitian ini menggunakan metode clod, hasil pengukuran kerapatan isi pada tanah liat berpasir menggunakan metode clod lebih tinggi 0,07 g cm^{-3} jika dibandingkan metode *coile* atau *ring sample* Menurut Tisdall (1951).

Kerapatan isi tanah digunakan untuk menghitung derajat kompaksi atau kompaksi relatif menurut persamaan Hakansson (1990)

$$DC = \frac{\rho_d}{\rho_{ref}} \times 100\%$$

Dimana DC adalah derajat kompaksi atau kompaksi relatif (%), ρ_d adalah kerapatan isi tanah, dan ρ_{ref} adalah kerapatan isi maksimum yang berasal dari referensi.

2.4.3 Porositas total

Porositas merupakan indeks relatif volume pori dalam tanah yang dihitung berdasarkan kerapatan isi dan kerapatan jenis tanah dengan menggunakan persamaan porositas total (*f*) sebagai berikut.

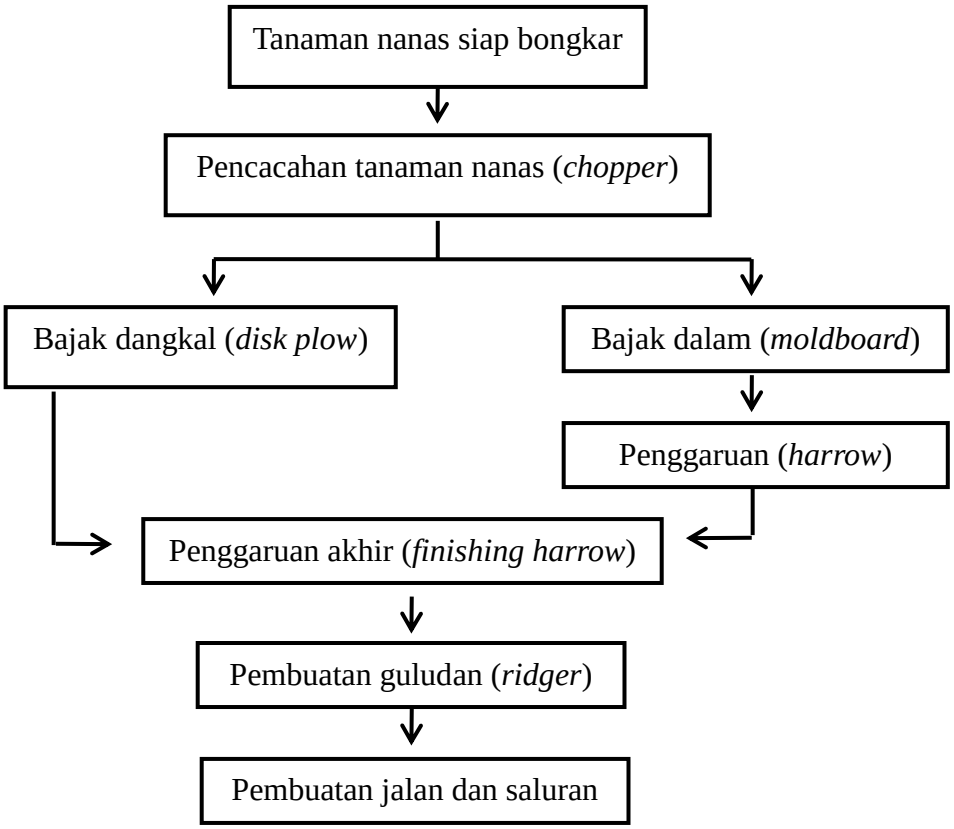
$$f = \left(1 - \frac{\rho_B}{\rho_s}\right) \times 100\%$$

Dimana: porositas (%); ρ_B : kerapatan isi (g cm^{-3}); dan ρ_s : kerapatan jenis tanah (Hillel, 1982).

2.5 PT Great Giant Pineapple

PT Great Giant Pineapple (PT GGP) merupakan perusahaan pengalengan buah nanas terbesar ketiga di dunia yang memiliki luas areal total 32.000 ha (Anthony, 2013). Menurut Sutanto dan Lubis (2018) dihasilkan lebih dari 500.000 ton buah nanas per tahun. PT GGP mengekspor produknya ke 63 negara dan 5 benua, sebagian besar ke benua Amerika (40,8 %) dan Eropa (44,0 %).

Pengolahan Tanah di PT Great Giant Pineapple (PT GGP) dilakukan secara intensif menggunakan mekanisasi sejak tahun 1980 (Anthony dkk., 2013). Menurut Putri (2010) pengolahan tanah di PT GGP meliputi pencacahan tanaman nanas (*chopping*), penggaruan (*harrowing*), pembajakan (*plowing*), penggaruan akhir (*finishing harrow*), *sub soiler*, pencangkulan (*cultivating*), pembuatan guludan (*ridger*), dan pembuatan jalan (Gambar 4).



Gambar 4. Tahap-tahap persiapan lahan di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) (Putri, 2010).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel tanah dilakukan di perkebunan nanas PT Great Giant Pineapple (PT GGP). Penelitian dilaksanakan dari bulan Maret 2018 hingga Juni 2018 bertempat di Laboratorium Ilmu Tanah, Universitas Lampung. Pengambilan sampel pertama dilakukan pada tanggal 8 Maret 2018 di blok 401F, 404E, dan 416P, kemudian dilanjutkan pada tanggal 12 Maret 2018 di blok 86.

3.2 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

PT GGP memiliki luas konsensi lebih kurang 32.000 ha dengan luas efektif penanaman 26.421 ha. PT GGP terbagi dalam 2 lokasi yaitu Terbanggi Besar, Lampung Tengah dan Way Jepara, Lampung Timur. PT GGP berlokasi di Jalan Raya Arah Menggala kilometer 77 Terbanggi Besar, Lampung Tengah. Secara geografis PT GGP terletak pada 04°49’ Lintang Selatan dan 105°13’ Bujur Timur pada ketinggian 46 m dari permukaan laut sehingga PT GGP terletak pada daerah beriklim tropis dengan curah hujan lebih dari 1.200 mm per tahun. Jenis tanah pada perkebunan PT GGP adalah tanah ultisol atau podsolik merah kuning (PMK) yang berkembang dari bahan induk sedimen. PT GGP Way Jepara terletak di 5°4’ Lintang Selatan dan 105°41’ Bujur Timur, pada ketinggian 50 m di atas

permukaan laut, dan termasuk dalam daerah beriklim tropis. Jenis tanahnya termasuk PMK (podsolik merah kuning) yang berkembang dari bahan induk sedimen.

3.3 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain penetrometer saku, pisau, oven, neraca digital, neraca O'hous, *hotplate*, *beaker glass*, Erlenmeyer, gelas ukur, pipet tetes, buret, statif, tabung sedimen, *mixer*, pengaduk, hidrometer, dan termometer. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah plastik, spidol permanen, *aluminium foil*, kertas label, $K_2Cr_2O_7$ 1 N, H_2SO_4 95%, akuades, H_3PO_4 85%, NaF 4%, indikator difenil amin ($(C_6H_5)_2NH$), calgon 5%, $NH_4Fe(SO_4)_2$ 0,5 N, dan lilin.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah dan Pengukuran Variabel

Penelitian ini menggunakan metode survai. Sampel tanah diambil secara acak pada 4 blok lahan sebagai representatif tanah-tanah yang mengalami kompaksi di PT GGP. Setiap sampel dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 12 sampel pengamatan tanah. Lokasi dan identitas titik pengambilan sampel tanah dicantumkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Titik Pengambilan Sampel Tanah

Lokasi	Nama Blok	Keterangan
1	416P	Umur tanaman: 3 bulan Bahan organic : 0 t ha^{-1} Baru ditanam nanas, belum berproduksi
2	86	Umur tanaman: 6 bulan Bahan organic : 180 t ha^{-1} Lahan berproduksi rendah
3	404E	Umur tanaman: 6 bulan Bahan organic : 0 t ha^{-1} Baru ditanam nanas, belum berproduksi
4	401F	Umur tanaman: 9 bulan Bahan organic : 0 t ha^{-1} Baru ditanam nanas, belum berproduksi

Sampel tanah yang diambil dalam penelitian ini adalah sampel tanah beragregat utuh (*clod*) dan sampel tanah terganggu yang diambil di permukaan tanah sampai kedalaman lebih kurang 20 cm. Sampel tanah agregat utuh dan tanah terganggu diambil pada titik yang sama. Sampel tanah agregat utuh diukur karakteristik ketahanan penetrasinya menggunakan penetrometer saku pada waktu pengambilan sampel, seperti pada Gambar 5.

Gambar 5. Proses pengambilan sampel tanah agregat utuh (a) sampel tanah agregat utuh (b) pengukuran ketahanan penetrasi menggunakan penetrometer saku

Sampel tanah agregat utuh disimpan menggunakan kotak sampel kedap udara untuk diukur kadar air pada saat pengambilan sampel di laboratorium. Semua sampel tanah dikeringudarakan selama 6 hari. Sampel tanah agregat utuh digunakan untuk pengukuran kerapatan isi tanah. Sampel tanah terganggu disaring lolos ayakan 2 mm untuk pengukuran tekstur dan kadar air kering udara, sedangkan sampel tanah lolos ayakan 0,5 mm digunakan untuk analisis C-organik.

3.4.2 Analisis Karakteristik Tanah

Metode analisis karakteristik tanah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis Karakteristik Tanah dan Metode Pengukurannya

Karakteristik Tanah	Metode	Sampel Tanah
Variabel Utama		
Kekuatan Tanah	Penetrometer (Davidson, 1965)	Agregat utuh
Kerapatan Isi	Metode Clod (Blake, 1965)	Agregat utuh
Porositas Total	Hillel (1982)	Agregat utuh
Variabel Pendukung		
C-organik	Walkley and Black (1934)	Tanah terganggu
Tekstur	Hidrometer (Bouyoucos, 1962)	Tanah terganggu
Kadar Air	Gravimetrik (Hillel, 1982)	Tanah terganggu

3.4.3 Prosedur Analisis Variabel Utama

a. Kekuatan Tanah

Ketahanan penetrasi diukur dengan menggunakan *pocket penetrometer* (nama dagang ELE) dengan skala 0 hingga 4 kg cm^{-2}. Sebelum dilakukan pengukuran ketahanan penetrasi cincin pembaca digeser hingga skala terkecil. Penetrometer ditusukkan secara tegak dan pelan hingga ujung batang penusuk masuk ke tanah.

Penetrometer dicabut dan dibaca skala cincin pembaca. Contoh tanah diambil dan diukur kadar lengasnya. Data kekuatan tanah yang diukur dengan menggunakan *pocket penetrometer* dikelaskan berdasarkan kriteria Schoeneberger dkk. (2012) pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria Kekuatan Tanah Schoeneberger dkk. (2012)

Kelas	Ketahanan Penetrasi (kg cm^{-2})
Amat sangat rendah	< 0,25
Sangat rendah	0,25 – 0,75
Rendah	0,75 – 1,00
Sedang	1,00 – 1,50
Tinggi	1,50 – 2,75
Sangat tinggi	2,75 – 3,50
Amat sangat tinggi	> 3,50

b. Kerapatan Isi

Kerapatan isi ditentukan dengan menggunakan metode *clod wax* (Blake, 1965). Disiapkan agregat utuh yang diketahui kadar lengasnya. Agregat tanah diikat pada benang dan ditimbang dengan menggunakan neraca O'hous (W_{sa}). Agregat dicelupkan pada parafin cair hingga seluruh pemukaannya tertutup oleh parafin. Kemudian agregat tanah dan parafin yang melekat ditimbang di udara. Gelas ukur diisi dengan air secukupnya, kemudian agregat yang dikapisi parafin ditimbang di dalam air (W_{spw}).

Kerapatan isi dihitung dengan menggunakan metode *clod wax* dengan rumus kerapatan isi (ρ_B).

$$\rho_B = \frac{d_w W_{ods}}{W_{sa} - W_{spw} + W_{pa} - \left(W_{pa}\frac{d_w}{d_p}\right)}$$

Dimana ρ_B adalah kerapatan isi (g cm^{-3}); d_w adalah massa jenis air pada suhu ruangan (g cm^{-3}); W_{ods} adalah massa tanah kering oven (g); W_{sa} adalah bobot tanah di udara (g); W_{spw} adalah bobot tanah dan lilin di dalam air (g); W_{pa} adalah bobot lilin di udara (g); dan d_p adalah massa jenis lilin (0,89 g cm^{-3}) (Blake, 1965).

Selanjutnya hasil pengukuran kerapatan isi digunakan untuk menentukan derajat kompaksi atau kompaksi relatif (Hakansson, 1990).

$$DC = \frac{\rho_d}{\rho_{ref}} \times 100\%$$

Dimana DC adalah derajat kompaksi atau kompaksi relatif (%), ρ_d adalah kerapatan isi tanah, dan ρ_{ref} adalah kerapatan isi maksimum yang berasal dari referensi, referensi yang digunakan pada penelitian ini adalah USDA (2008) dan Tisdall (1951) pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria kerapatan isi referensi USDA (2008) dan Tisdall (1951)

Tekstur	Kerapatan isi yang menghambat pertumbuhan akar (g cm^{-3})	Kerapatan isi referensi (g cm^{-3})
Berpasir	1,80	2,00 - 2,10
Berdebu	1,65	1,85 - 1,95
Berliat	1,47	1,67 - 1,77

Selanjutnya kompaksi relatif dikelaskan berdasarkan kriteria Silva dkk. (2014) pada Tabel 7.

Tabel 7. Kriteria kompaksi relatif (Silva dkk., 2014)

Nilai (%)	Level Kompaksi	Hasil Pengamatan
<80	Lepas	Nilai rendah dimana pertumbuhan tanaman terganggu oleh pori aerasi yang berlebihan dan rendahnya volume air tersedia
80-90	Tidak padat	Rentang nilai kerapatan isi relatif tidak menghambat pertumbuhan tanaman
90-95	Padat	Terjadi hambatan dengan adanya perubahan morfologi akar pada kondisi sedang
>95	Sangat padat	Deformasi signifikan pada sistem perakaran, penebalan, dan penyimpangan pertumbuhan vertikal, serta pemusatan pertumbuhan akar pada lapisan permukaan.

c. Porositas Total

Porositas total dihitung berdasarkan kerapatan isi sampel tanah dengan menggunakan rumus porositas total (*f*) sebagai berikut.

$$f = \left(1 - \frac{\rho_B}{\rho_s}\right) \times 100\%$$

Dimana: : porositas (%); ρ_B : kerapatan isi (g cm^{-3}); dan ρ_s : kerapatan jenis tanah (Hillel, 1982). Selanjutnya, porositas total yang diperoleh dikelaskan berdasarkan kriteria Saxton dan Rawls (2006) pada Tabel 8.

Tabel 8. Kriteria Titik Layu dan Kapasitas Lapang Saxton dan Rawls (2006)

Tekstur	Titik Layu (%)	Kapasitas Lapang (%)
Liat	28	48
Liat Berpasir	25	34
Lempung Liat Berpasir	16	36

3.5 Analisis Data

Data setiap variabel yang diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan dan pengukuran di laboratorium dilakukan perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi. Kemudian data dicocokkan dengan kriteria masing-masing variabel sesuai dengan sumber pustaka yang relevan. Setiap data juga dilakukan uji korelasi Pearson untuk mendapatkan hubungan antar karakteristik tanah yang mengalami kompaksi.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut.

1. Ketahanan tanah pada tiga lokasi termasuk kategori tinggi, sedangkan satu lokasi termasuk kategori sangat tinggi.
2. Kompaksi relatif pada tiga lokasi termasuk level sangat padat, sedangkan satu lokasi termasuk padat.
3. Porositas total pada tiga lokasi termasuk kategori sangat rendah, sedangkan pada satu lokasi termasuk kategori rendah.
4. Kompaksi tanah di perkebunan nanas (*Ananas comosus* [L] Merr) dipengaruhi oleh kandungan liat.

5.2 Saran

Disarankan untuk mengatasi kompaksi tanah yaitu dengan rotasi tanaman menggunakan jenis tanaman yang membutuhkan sedikit penggunaan mekanisasi pertanian, aplikasi bahan organik baik secara insitu maupun eksitu, menanam tanaman yang memiliki kemampuan penetrasi akar yang baik, dan aplikasi kapur. Selain itu, penggunaan mekanisasi juga dapat diatur ketika tanah dalam konsistensi kering untuk menghindari kompaksi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Afandi. 2010. Panduan Pengamatan dan Interpretasi Sifat Fisik Tanah di Lapangan. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Afandi. 2019. *Metode Analisis Fisika Tanah*. CV. Anugrah Utama Raharja, Anggota IKAPI. Bandar Lampung.

Agus, F., Yusrial, dan Sutono. 2006. *Penetapan Tekstur Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor.

Anthony, W. 2013. Sustainability in PT Great Giant Pineapple. http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/Materi%20Raker%20BBSDLP%202013/II.1.PT%20GGP-Sustainability%20for%20Blue%20Ecomomi-1.pdf. Diakses 29 November 2018 pada pukul 11.38 WIB.

Blake, G.R. 1965. Bulk Density, in Black, C.A. Ed., *Methods of Soil Analysis, Part 1, Agronomy Monograph Number 9*. American Society of Agronomy. Madison.

Bouyoucos, C.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54: 464 - 465.

Davidson, D.T. 1965. Penetrometer measurements, in Black, C.A. Ed., *Methods of Soil Analysis, Part 1, Agronomy Monograph Number 9*. American Society of Agronomy. Madison. Page: 472-484.

Gao,W., Watts, C.W., Ren, T., dan Whalley, W.R. 2012. The effects of compaction and soil drying on penetrometer resistance. *Soil & Tillage Research* vol 125: 14–22.

Hillel, D. 1980. *Fundamental of Soil Physics*. Academic Press, Inc. New York.

Hillel, D. 1982. *Introduction to Soil Physics*. Academic Press, Inc. New York.

Horn, R. dan Lebert, M. *Soil compactability and compressibility*. In: Soane B. D., Van Ouwerkerk C, editors. Soil compaction in crop production, Amsterdam: Elsevier Science & Technology; 1994, p: 45-69.

Larson, W.E., Eynard, A., Hadas, A., dan Lipiec, J. *Control and avoidance of soil compaction in practice*. In: Soane B. D., Van Ouwerkerk C, editors. Soil compaction in crop production, Amsterdam: Elsevier Science & Technology; 1994, p: 597-625.

Marshall, T.J. dan J.W.H. Holmes. 1988. *Soil Physics*. Cambridge University Press. Cambrigde.

Obour, P.B., Kolberg, D., Lamandé, M., Børresen, T., Edwards, G., Sørensene, C.G., dan Munkholma, L.J. 2018. Compaction and sowing date change soil physical properties and crop yield in a loamy temperate soil. *Journal Soil and Tillage Research* vol. 184: 153-163.

Pagliai, M., Marsili, A., Servadio, P., Vignozzi, N., dan Pellegrini, S. 2003. Changes in some physical properties of a clay soil in Central Italy following the passage of rubber tracked and wheeled tractors of medium power. *Soil & Tillage Research* vol 73: 119–129.

Prasetyo, B.H., Adiningsih, J.S., Subagyono, K., dan Simanungkalit, R.D.M. Mineralogi, Kimia, Fisika, dan Biologi Tanah Sawah. Dalam Agus, F., Adimihardja, A., Hardjowigeno, S., Fagi, A.M., dan Hatatik, W, editor. 2004. *Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.

Prasetyo, B.H., Santoso, D., dan Retno L.W. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk, Petunjuk Teknis Edisi 2*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.

Prasetyo, T. 2017. Tinjauan tentang penerapan alat dan mesin pertanian pada usahatani padi di Jawa Tengah. *Semnas BAPPEDA Provinsi Jawa Tengah* ISBN: 978-602-8916-33-2.

Putri, D.M. 2010. Pembajakan Tanah pada Tanaman Nanas (Ananas comosus [L] Merr) di lahan PT Great Giant Pineapple Terbanggi Besar Lampung Tengah. Laporan Praktik Umum. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Reintam, E., Kmann, K.T., Kuht, J., Nugis, E., Edesi, L., Astover, A., Noormets, M., Kauer, K., Krebstein, K., dan Rannik, K. 2009. Soil compaction effects on soil bulk density and penetration resistance and growth of spring barley (Hordeum vulgare L.). *Journal Soil and Plant Science* vol. 59: 265-272.

Saxton, K. E. dan Rawls, W. J. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Science Society of America Journal, Vol. 70: 1569–1578.*

Schoeneberger, P.J., D.A. Wysocki, E.C. Benham, and Soil Survey Staff. 2012. *Field book for describing and sampling soils, Version 3.0*. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Silva, APD., Bruand, A., Tormena, C.A., Silva, EMD., Santos, GGS., Giarola, NFB., Guimara˜es, RML., Marcha˜o, R.L., dan Klein, V.A. 2014. *Indicators of Soil Physical Quality: From Simplicity to Complexity*. Springer International Publishing Switzerland.

Soane B. D., Van Ouwerkerk C. *Soil compaciton problems in world agriculture*. In: Soane B. D., Van Ouwerkerk C, editors. Soil compaction in crop production, Amsterdam: Elsevier Science & Technology; 1994, p. 1-21.

Soane, B.D. 1985. Traction and transport systems as related to cropping systems. *Proc. Int. Conf. Soil Dynamics, Auburn, AL, U.S.A.*, vol. 5, pp. 863-935.

Solgi, A., Naghdi, R., Tsioras, P.A., dan Nikooy, M. 2015. Soil Compaction and Porosity Changes Caused During the Operation of Timberjack 450C Skidder in Northern Iran. *Croat. j. for. eng.* vol. 36: 217-225.

Sutanto, A. dan Lubis, D. 2018. Zerro Waste Management PT Great Giant Pineapple (GGP) Lampung Indonesia. *Prosiding Konferensi Nasional Ke-5 Asosiasi Program Pascasarjana Perguruan Tinggi Muhammadiyah (APPPTM)* ISBN: 978-602-19568-5-4.

Tisdall, J.M. dan Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* vol 33, 141-163

Tisdall, A. L. 1951. *Comparison of Methods of Determining Apparent Density of Soils*. Division of Plant Industry, C.S.I.R.O., Regional Pastoral Laboratory, Deniliquin, N.S.W.

USDA. 2003. *Soil Compaction: Detection, Prevention, and Alleviation*. Soil Quality Agronomy Technical Note No: 17. Soil Quality Institute. United States Department of Agriculture. Natural Resource Conservation Service.

USDA. 2008. *Soil Quality Indicators, Bulk Density.* United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.

Utomo, M. 1995. Effect of rock phosphate on soil properties and apparent phosporus recovery in acid soil of Sumatra. *Plant and Soil* 171: 199-202.

Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science (37): 29-38.*

Widodo, K.H. dan Kusuma, Z. 2018. Pengaruh kompos terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung di inceptisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* Vol 5 (2): 959-967.