

# Mengenal Karakteristik *Hardpan* dan Sifat Fisiknya di Lahan Sawah di Kecamatan Narmada

Wahidin<sup>1</sup>, Sukartono<sup>2</sup>, Zaenal Arifin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram

## Article Info

Received :

Revised :

Accepted:

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan karakteristik sifat fisik *hardpan* pada tanah sawah irigasi di Narmada. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Nyur Lembang dan Narmada, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat pada bulan Juni-November 2022. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni metode deskriptif dengan teknik survei melalui pengamatan tanah di lapangan. Kegiatan *survey* telah dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu: persiapan *survey*, penentuan lokasi penelitian, penetapan pembuatan profil tanah, dekripsi profil tanah, pengamatan profil tanah dan pengambilan sampel tanah *hardpan*. Sampel tanah *hardpan* kemudian di analisis di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian *Hardpan* yang paling tebal ada pada lokasi IV yaitu 18 cm dengan kedalaman 26 cm dan yang tipis ada di lokasi I (15 cm) dengan kedalaman 20 cm. BV *hardpan* paling tinggi ada di lokasi III sebesar 1,28 g/cm<sup>3</sup> dan yang paling rendah yaitu lokasi II (1,22 g/cm<sup>3</sup>). Porositas *hardpan* paling tinggi ada di lokasi II yaitu 46,90% dan yang paling rendah di lokasi I (43,68%). Kekerasan *hardpan* paling tinggi ada di lokasi III (22,5 kgf) dan yang terendah di lokasi II (15,5 kgf). Lapisan olah yang memiliki BV tertinggi terdapat di lokasi IV sebesar 1,00 g/cm<sup>3</sup> dan yang terendah di lokasi I (0,93 g/cm<sup>3</sup>). Porositas lapisan olah yang tertinggi ada di lokasi I dengan nilai 55,58% dan yang terendah di lokasi II (51,45%). Permeabilitas yang tertinggi ada di lokasi III dengan nilai 1,05 cm/jam dan yang terendah di lokasi II (0,88 cm/jam).

**Kata kunci :** *Hardpan*; Tanah Sawah; Lapisan Olah

**Abstract :** This study aims to describe the physical characteristics of hardpan on irrigated paddy soil in Narmada. This research was held in Nyur Lembang and Narmada Villages, Narmada District, West Lombok Regency, West Nusa Tenggara Province in June-November 2022. The method used in this study is a descriptive method with survey techniques through soil observations in the field. Survey activities have been carried out through several stages, namely: survey preparation, research location determination, soil profiling determination, soil profile description, soil profile observation and hardpan. The hardpan of soil samples were then analyzed at the Physics and Soil Conservation Laboratory, Faculty of Agriculture, Mataram University. The results showed that at the Hardpan research location the thickest was at location IV which was 18 cm with a depth of 26 cm and the thinnest was at location I (15 cm) with a depth of 20 cm. The highest BV of hardpan was in location III at 1.28 g/cm<sup>3</sup> and the lowest was in location II (1.22 g/cm<sup>3</sup>). The highest hardpan porosity was in location II, which was 46.90% and the lowest was at location I (43.68%). Hardpan hardness was highest at location III (22.5 kgf) and the lowest at location II (15.5 kgf). The treated layer with the highest BV was found at location IV at 1.00 g/cm<sup>3</sup> and the lowest at location I (0.93 g/cm<sup>3</sup>). The highest porosity of the treated layer was at location I with a value of 55.58% and the lowest was at location II (51.45%). The highest permeability was at location III with a value of 1.05 cm/hour and the lowest was at location II (0.88 cm/hour).

**Keywords:** *Hardpan*; Paddy Soil; Processing Layer

**Citation:** Wahidin., Sukartono., & Arifin, Z. (2022). Mengenal Karakteristik *Hardpan* di Tanah Sawah Irigasi di Narmada. *Journal of Soil Quality and Management (JSQM)*.

## Introduction

Tanah sawah adalah tanah yang digunakan untuk bertanam padi sawah, baik terus-menerus sepanjang tahun maupun bergiliran dengan tanaman palawija. Istilah tanah sawah bukan merupakan istilah taksonomi akan tetapi istilah ini lebih merupakan salah satu jenis penggunaan tanah yang dikelola sedemikian rupa untuk budidaya tanaman padi dan juga merupakan istilah umum seperti halnya, tanah hutan, tanah perkebunan, dan sebagainya (Prasetyo, *et al.*, 2004).

Jenis sawah yang ada di daerah Narmada, Kabupaten Lombok Barat merupakan jenis sawah irigasi, yang mana sumber airnya berasal dari sungai yang bernama sungai Jangkok. Berdasarkan data BPS (2018) luas lahan sawah yang ada di Narmada sejumlah 2.301 hektar. Dengan luas lahan tersebut, maka mayoritas pekerjaan masyarakat yang ada di daerah Narmada adalah sebagai seorang petani. Jenis tanaman yang sering ditanam di daerah Narmada ialah tanaman padi. Hal ini karena sumber air yang sangat melimpah yang bersumber langsung dari sungai Jangkok. Dinas pertanian dan perkebunan NTB (2018) melaporkan bahwa sistem tanam yang dilakukan oleh para petani di lahan sawah hanya adalah padi-padi-padi, dan padi-padi-palawija.

Tanah sawah beririgasi umumnya diolah dengan cara pelumpuran (*pudding*). Pengaruh pelumpuran terhadap sifat fisik tanah menjadi sangat spesifik pada lahan sawah dan sekaligus memberikan indikasi perbedaan perubahan sifat fisik tanah antara tanah yang disawahkan dengan tanah yang tidak disawahkan (Prasetyo, *et al.*, 2004). Lahan sawah yang ditanami dengan tanaman padi seringkali diolah dengan menggunakan alat berat seperti traktor. Teknik pengolahan tanah sawah dengan traktor akan mempengaruhi keadaan atau kondisi fisik tanah sawah. Cara pengolahan tanah semacam ini akan memberikan dampak yang diakibatkan oleh pengolahan menggunakan traktor yaitu terjadinya perubahan fisik pada tanah sawah seperti pembentukan *hardpan* di bawah lapisan olah (Moorman dan Breeman, 1978). Hasil penelitian dari Munir (1987) menunjukkan bahwa penggunaan traktor untuk pengolahan tanah sawah dapat mempercepat pembentukan *hardpan*.

Lapisan kedap (*hardpan*) merupakan lapisan keras tempat berpijak roda alat-alat pertanian. Pembentukan *hardpan* biasanya memerlukan waktu 4-5 tahun untuk mencapai perkolasi sekitar 3 mm/hari (Sitompul, 2000). *Hardpan* di lahan sawah irigasi terbentuk dikarenakan sering diolah lapisan olah (diatasnya) dalam keadaan basah, sedangkan lapisan dibawahnya dalam keadaan relatif kering. Penghancuran agregat akibat pengolahan tanah dalam

keadaan basah dan akibat tekanan oleh alat-alat pengolah tanah menyebabkan lapisan *hardpan* lebih padat dibandingkan lapisan olah. *Hardpan* terbentuk bukan karena iluviasi liat, karena terbukti tidak ada peningkatan liat halus dan tidak ditemukan selaput liat (*cutan*) (Moormann and Breeman, 1978). Pada tanah sawah bertekstur lempung berpasir, *hardpan* mulai terbentuk setelah tiga tahun penyawahkan pada pengolahan tanah secara mekanis. Sedangkan pada tanah sawah bertekstur liat halus, *hardpan* terbentuk setelah 10-12 tahun penyawahkan. Setelah 50 tahun terlihat jelas dan setelah 200 tahun, *hardpan* sudah berkembang dengan baik (Kanno *et al.*, 1964). Berdasarkan data-data tersebut bahwa akumulasi pembentukan *hardpan* dapat terjadi oleh berbagai faktor dan material penyebab dari *hardpan* tersebut dapat terbentuk karena banyak material pembentuknya. Berdasarkan kondisi tersebut, sangat penting sekali untuk mengetahui jenis atau bahan pembentuk *hardpan* disuatu kawasan khususnya yang ada di lahan sawah beririgasi di Narmada. Hal ini sangat penting untuk menentukan jenis pengelolaan lahan pertanian untuk masa yang akan datang.

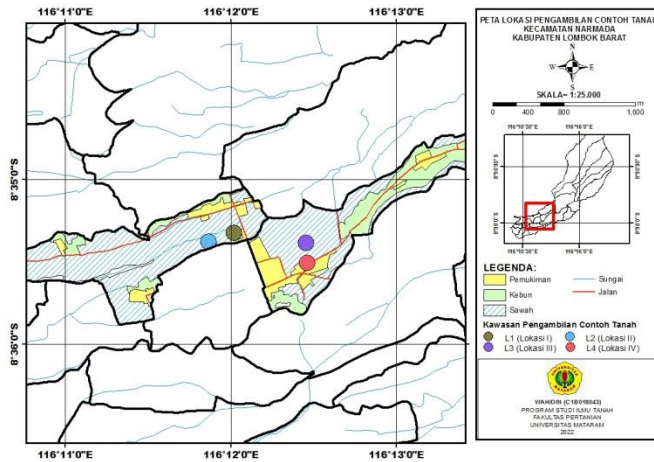
Adanya lapisan tapak bajak atau *hardpan* berpengaruh positif terhadap ketersediaan air untuk tanaman padi, tetapi pada waktu pergiliran dengan tanaman palawija, pengaruh tersebut menjadi tidak nyata. Bahkan, pada lapisan tapak bajak atau *hardpan* yang telah berkembang dengan baik, karena sangat padat, lapisan tersebut malah dapat menjadi penghambat perkembangan akar tanaman palawija (Hardjowigeno, *et al.*, 2004). Selain itu juga, keberadaan *hardpan* di lahan sawah bisa menghambat pertumbuhan dan perkembangan bagi suatu tanaman, apabila kekerasan dari *hardpan* melebihi batas kekerasannya, maka akan menyebabkan permasalahan terhadap tanah terutama yang berkaitan dengan kesuburan dari tanah tersebut.

## Method

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan teknik survei melalui pengamatan tanah di lapangan.

### Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Desa Nyur Lembang dan Narmada, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat pada bulan Juni-November 2022.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian di Kawasan Lahan Sawah Desa Nyur Lembang dan Desa Narmada

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS, pisau lapangan, ring sampel, meteran, cangkul, sekop, linggis, bor tanah, kertas label, borlist, alat tulis, penggaris, dan alat-alat di Laboratorium Fisika dan Konservasi Tanah. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah *hardpan*, sampel tanah pada lapisan olah, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, air, aquades, dan HCl.

### Pelaksanaan penelitian

Penentuan lokasi penelitian dilakukan dengan mempertimbangkan informasi dari beberapa petani di lahan sawah Narmada untuk mendapatkan informasi sejarah pengelolaan sawah. Berdasarkan informasi yang didapatkan, maka telah ditetapkan dua lokasi pengamatan tanah sekaligus titik pengambilan sampel tanah. Dasar penetapan lokasi penelitian ini adalah berbasis topografi yaitu di daerah miring (punggung) dan datar. Pemilihan lokasi penelitian dipertimbangkan melalui peta penggunaan lahan dan topografi Lombok Barat. Peta tersebut diperoleh dari website USGS (*United States Geological Survey*).

Penetapan pembuatan profil tanah dilakukan setelah survei pendahuluan dengan memperhatikan kondisi topografi, kemiringan lereng dan juga hasil wawancara dengan petani, maka telah ditetapkan lokasi pembuatan profil tanah yaitu berada di Desa Nyur Lembang pada daerah punggung (lokasi 1) (8°35'18,758" LS, 116°11'59,629" BT) dan di daerah datar (lokasi 2) (8°35'203" LS, 116°11'59,629" BT), serta profil tanah di Desa Narmada pada daerah punggung (lokasi 3) (8°35'490" LS, 116°12'288" BT) dan di daerah datar (lokasi 4) (8°35'379" LS dan 116°11'12,630" BT).

Pengamatan profil tanah dilakukan untuk mendeskripsikan sifat-sifat tanah di lapangan

termasuk keberadaan dari *hardpan* dan lapisan olah yang diteliti. Pengamatan profil tanah mengacu pada teknik pengamatan tanah di lapangan (BPSDLP, 2017).

Contoh tanah *hardpan* dan contoh tanah pada lapisan olah yang diambil ada dua macam yaitu sampel tanah tidak terusik dan terusik. Contoh tanah tidak terusik (bongkahan) untuk keperluan analisis BV dan kekuatan tanah (*soil strength*) (untuk *hardpan*), permeabilitas (untuk lapisan olah). Sedangkan contoh tanah terusik digunakan untuk keperluan analisis BJ, tekstur tanah, dan porositas.

### Analisis Sifat Fisik *Hardpan*

Analisis sifat fisik *hardpan* meliputi tekstur, berat volume tanah (BV), berat jenis tanah (BJ), porositas, dan kekuatan *hardpan*.

### Analisis Data

Data yang diperoleh di analisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf nyata 5% menggunakan Minitab 10.8 untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Apabila perlakuan menunjukkan berpengaruh nyata, maka dilakukan analisis lanjut dengan menggunakan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%.

## Result and Discussion

### Kondisi Umum Biofisik Lahan Sawah di Lokasi Penelitian

Kecamatan Narmada memiliki kondisi topografi landai hingga berbukit. Hal ini didukung oleh Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS) (2020) yang menyebutkan bahwa formasi geologi yang terdapat pada sebagian besar wilayah Kecamatan Narmada adalah alluvium, kalibabak, dan batuan gunung api tidak terdiferensiasi. Menurut Prasetyo dan Setyorini (2008) endapan alluvial merupakan bahan endapan hasil erosi ataupun pelapukan dari daerah hulu sungai yang terendapkan di daerah hilir yang tergolong datar. Bahan endapan ini berhubungan erat dengan akumulasi bahan hasil erosi. Hal ini menyebabkan daerah yang tererosi merupakan daerah yang kaya akan sumber hara, sehingga endapan alluvial di daerah hilirnya juga kaya akan sumber hara.

Lahan sawah irigasi Narmada memiliki sebaran kemiringan yang beragam, dimulai dari yang datar (0-5%), landai (5-8%), hingga agak curam (25-45%). Lahan sawah irigasi di Desa Nyur Lembang dan Narmada memiliki kemiringan 0-5% dan masuk ke dalam kelas datar. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengolahan Sistem Informasi Geografis (SIG) Kecamatan Narmada (terlampir).

Lahan sawah yang ada di Narmada memiliki jenis tanah entisol. Hal ini didukung oleh hasil penelitian dari Priyono *et al*, (2019) yang menyebutkan bahwa



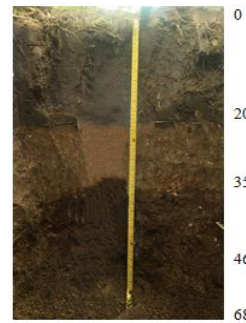
jenis tanah di Kecamatan Narmada adalah tanah Entisol dan masuk kedalam great group *Udifluvent*. Entisols adalah tanah yang baru terbentuk dengan perkembangan profil tanah minimal. Epipedon penciri hanya okrik sedangkan horizon bawah tidak ada. Produktivitas Entisols tergantung kepada lokasi dan bahan induk tanahnya. Dengan pemupukan yang tepat disertai irigasi yang sesuai, tanah ini cukup produktif untuk tanaman pertanian (Fiantis, 2007).

Kecamatan Narmada memiliki penggunaan lahan sawah seluas 2.201 Ha, dan tegalan seluas 4.431 Ha (BPS, 2019). Dinas Pertanian dan Perkebunan NTB (2018) melaporkan bahwa sistem tanam yang dilakukan oleh para petani di lahan sawahnya adalah padi-padi-padi, dan padi-padi-palawija. Musim tanam di lahan sawah yang ada di Desa Nyur Lembang dan Narmada yaitu 3 kali musim tanam padi.

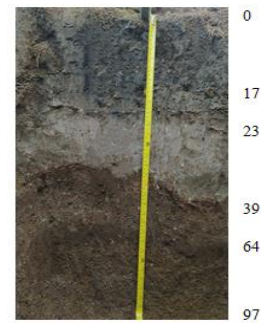
Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021 menyebutkan bahwa curah hujan di Kecamatan Narmada rata-rata 139,92 mm/bulan. Kecamatan Narmada mempunyai sumber mata air yang berasal dari simpanan air di Kawasan Hutan Lindung Sesaot. Kawasan Hutan Lindung Sesaot berada di 4 desa, yaitu Desa Sesaot, Desa Lebah Sempage, Desa Batu Mekar, dan Desa Sedau yang merupakan daerah tangkapan air untuk air minum dan air irigasi. Handinah (2020) menyebutkan bahwa terdapat sekitar 131 mata air di dalam dan di luar hutan tersebut yang kemudian mengalir ke beberapa sungai, yaitu Kali Jangkok, Kali Eat Kumbi, Kali Tembiras, Kali Sesaot, Kali Betuang dan Kali Binsuwe. Akan tetapi terdapat 46 mata air (35%) yang mengeluarkan air secara aktif, sedangkan mata air yang lainnya tergantung musim. Oleh karena itu, sistem pengairan sawah di Kecamatan Narmada menggunakan sistem irigasi.

### Profil Tanah Sawah Di Lokasi Penelitian

Profil tanah Nyur Lembang bagian atas (lokasi I) terletak pada titik koordinat 8°35'18,758" LS dan 116°11'59,629" BT dengan ketinggian 180,2 mdpl. Selain itu, lokasi I juga memiliki bentuk wilayah yang datar dengan kemiringan lereng 0-5%, karakteristik permukaannya tidak berbatu dan berkerikil, serta kondisi drainase yang baik. Profil tanah Nyur Lembang bagian bawah (lokasi II) terletak pada titik koordinat 8°35'203" LS dan 116°11'54,092" BT dengan ketinggian 159,5 mdpl. Selain itu, lokasi II juga memiliki bentuk wilayah yang datar dengan kemiringan lereng 0-5%, karakteristik permukaannya tidak berbatu dan berkerikil, serta kondisi drainase yang baik. Gambar profil tanah Desa Nyur Lembang, Kecamatan Narmada dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Profil Tanah Nyur Lembang Atas (Lokasi I)



Gambar 3. Profil Tanah Nyur Lembang Bawah (Lokasi II)

Profil tanah pada lokasi I terdapat empat lapisan yaitu AI, AII/AH, AIII, dan AIV/C dengan masing-masing memiliki kedalaman yang berbeda-beda, yaitu pada lapisan (AI) memiliki kedalaman 0-20 cm, AII (20-35 cm), AIII (35-46 cm), dan AIV (46-68 cm), keempat lapisan tersebut memiliki batas lapisan dan kejelasan yang berbeda-beda, diantaranya dengan kondisi kejelasan pada lapisan (AI) dan AII jelas dan batas lapisan datar, sedangkan lapisan III dan IV memiliki kejelasan yang berbaur dan batas lapisan yang bergelombang. Lapisan (AI) memiliki warna 7,5 YR 4/1 (abu), lapisan (AII) masuk kedalam warna 7,5 YR 5/4 (coklat), lapisan (AIII) dengan warna 7,5 YR 4/3 (coklat), dan lapisan (AIV) memiliki warna 7,5 YR 5/6 (coklat). Keempat lapisan tersebut, hanya lapisan (AI) yang memiliki perakaran yang sedang, sedangkan yang lainnya tidak ada. Lapisan (AI) memiliki kemasaman 4,5 dengan harkat (masam) dan lapisan lainnya memiliki kemasaman 5 dengan harkat (agak masam). Lapisan (AI) memiliki bahan organik dengan harkat sedikit, lapisan (AII dan AIII) memiliki kandungan bahan organik dengan harkat yang sedang, sedangkan lapisan (AIV) tidak ada. Lapisan (AI, AII, AIII, dan AIV) tidak memiliki kandungan kapur.

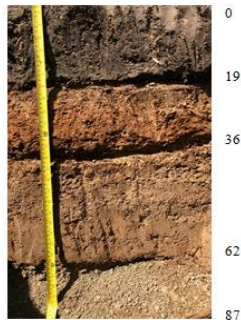
Profil tanah di lokasi II terdapat empat lapisan yaitu AI, AII, AIII/AH, AIV dan AV/C dengan masing-masing memiliki kedalaman yang berbeda-beda, yaitu pada lapisan (AI) memiliki kedalaman 0-17 cm, AII (17-23 cm), AIII (23-39 cm), AIV (39-64 cm), dan AV (64-97). Kelima lapisan tersebut memiliki kejelasan dan batas lapisan yang berbeda-beda, diantaranya dengan kondisi kejelasan pada lapisan (AI) dan AV berbaur dan batas lapisan masuk kedalam kelas yang datar, lapisan AII dengan kejelasan yang jelas dan batas lapisan yang datar, sedangkan lapisan AIII dan AIV memiliki kejelasan yang jelas dengan batas lapisan yang bergelombang. Lapisan (AI) memiliki warna 7,5 YR 3/1 (abu), lapisan (AII) masuk kedalam warna 7,5 YR 3/2 (abu), lapisan (AIII) dengan warna 7,5 YR 5/4 (coklat), lapisan (AIV) 7,5 YR 4/5 (coklat) dan lapisan (AV) memiliki warna 7,5 YR 5/7 (coklat). Keadaan perakaran pada lapisan (AI) sedang, lapisan (AII)

sedikit, lapisan (AIII, AIV, dan AV) tidak ada. Lapisan AI memiliki kemasaman sebesar 4,5 dengan harkat (masam), sedangkan lapisan (AII, AIII, AIV, dan AV) memiliki kemasaman sebesar 5 (agak masam). Lapisan (AI) memiliki sedikit kandungan bahan organik, lapisan (AII dan AIII) memiliki bahan organik yang sedang, lapisan (AIV dan AV) tidak ada bahan organik. Kelima lapisan tersebut tidak ditemukan kandungan kapur.

Profil tanah Narmada bagian atas (lokasi III) terletak pada titik koordinat 8°35'490" LS dan 116°12'288" dengan ketinggian 174,1 mdpl. Selain itu, lokasi III memiliki bentuk wilayah yang datar dengan kemiringan lereng 0-5%, karakteristik permukaannya tidak berbatu dan berkerikil, serta kondisi drainase yang baik. Profil tanah Narmada bagian bawah (lokasi IV) terletak pada titik koordinat 8°35'379" LS dan 116°12'630" BT dengan ketinggian 154,3 mdpl. Selain itu, lokasi IV memiliki bentuk wilayah yang datar dengan kemiringan lereng 0-5%, karakteristik permukaannya tidak berbatu dan berkerikil, serta kondisi drainase yang baik. Gambar profil tanah Desa Narmada, Kecamatan Narmada dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Profil Tanah Narmada Atas (Lokasi III)



Gambar 3. Profil Tanah Narmada Bawah (Lokasi IV)

Profil tanah pada lokasi III, terdapat empat lapisan yaitu AI, AII/AH, AIII, dan AIV/C, memiliki kedalaman yang berbeda-beda yaitu pada lapisan (AI) 0-19 cm, AII (19-36 cm), AIII (36-62 cm), dan AIV (62-87 cm). Keempat lapisan tersebut memiliki kejelasan dan batas lapisan yang sama yaitu memiliki kejelasan yang jelas dan batas lapisan yang datar. Lapisan AI memiliki warna 7,5 YR 3/1 (abu), lapisan (AII) masuk kedalam warna 7,5 YR 8/2 (coklat terang), lapisan AIII (7,5 YR 5/3) (coklat), dan lapisan AIV (7,5 YR 5/2) (coklat). Keadaan perakaran pada lapisan (AI) sedang, lapisan (AII, AIII, dan AIV) tidak ada. Kemasaman pada lapisan (AI dan AIV) sebesar 5,5 dengan harkat agak masam, dan lapisan (AII dan AIII) yaitu 5 dengan harkat (agak masam). Lapisan (AI) memiliki bahan organik yang sedikit, lapisan (AII dan AIII) untuk bahan organiknya sedang, dan lapisan (IV) tidak ada.

Kandungan bahan kapur pada lapisan (AI, AII, AIII, dan AIV) tidak ada.

Profil tanah pada lokasi IV, terdapat lima lapisan yaitu AI, AII, AIII/AH, AIV, dan AV/C, memiliki kedalaman yang berbeda yaitu lapisan AI (0-14 cm), AII (14-26 cm), AIII (26-44 cm), AIV (44-69 cm), dan AV (69-96). Lapisan AI memiliki kejelasan yang baur dengan batas lapisan bergelombang, lapisan (AII dan AIII) memiliki kejelasan yang jelas, dan batas lapisan yang datar. Lapisan (AIV dan AV) kondisi kejelasan yang berangsur dengan batas lapisan yang datar. Lapisan (AI) memiliki warna 7,5 YR 3/1 (abu), lapisan (AII) masuk kedalam warna 7,5 YR 3/2 (abu), lapisan (AIII) masuk kedalam warna 7,5 YR 5/3 (coklat), lapisan (AIV) dengan warna 7,5 YR 5/2 (coklat), lapisan (AV) 7,5 YR 5/6 (coklat). Keadaan perakaran pada lapisan (AI) sedang, lapisan (AII) sedikit, lapisan (AIII, AIV, dan AV) tidak ada. Kemasaman untuk lapisan (AI, AIV, dan AV) 5,5 dengan harkat (agak masam), lapisan (AII dan AIII) sebesar 5,0 dengan harkat (masam). Lapisan (AI dan AII) memiliki bahan organik yang sedikit, lapisan (AIII) dengan harkat yang sedang, sedangkan lapisan (AIV dan AV) bahan organik tidak ada. Lapisan (AI, AII, AIII, AIV, dan AV) tidak ditemukannya kandungan bahan kapur.

Berdasarkan morfologi tanah sawah yang ada di daerah Nyur Lembang dan Narmada, terdapat perbedaan karakteristik sifat fisik dari *hardpan*, terutama dari segi kedalamannya. Profil tanah untuk lokasi I ditemukan pada kedalaman 20 cm, lokasi II (23 cm), lokasi III (19 cm), dan lokasi IV (26 cm). Dapat dilihat bahwa pada daerah bawah memiliki kedalaman yang lebih dalam dibandingkan dengan daerah atas, hal ini diduga terjadinya pencucian fraksi pasir, debu, dan liat lebih intensif dibandingkan dengan daerah atas.

**Karakteristik Hardpan**

*Hardpan* memiliki karakteristik yang beragam. Hal ini dapat dilihat pada pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis *Hardpan* untuk Masing-masing Lokasi

Lokasi	Kedalaman (cm)	Ketebalan (cm)	Bobot Volume (g/cm <sup>3</sup> )	Bobot Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)	Soil Strength (kgf)
I	20	15	1,25ab	2,22b	43,68b	20,50ab
II	23	16	1,22b	2,30a	46,90a	15,50c
III	19	17	1,28a	2,27a	43,69b	22,50a
IV	26	18	1,24a	2,28a	45,90a	18,50b
BNJ 5%			0,03	0,04	1,27	0,15

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Keterangan :

- Lokasi I : NLHA (Nyor Lembang *Hardpan* Atas)
- Lokasi II : NLHB (Nyor Lembang *Hardpan* Bawah)
- Lokasi III : NHA (Narmada *Hardpan* Atas)
- Lokasi IV : NHB (Narmada *Hardpan* Bawah).

Keberadaan *hardpan* baik pada kedalaman dan ketebalannya bervariasi dari keempat lokasi tersebut. Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa *hardpan* di keempat lokasi memiliki kedalaman dan ketebalan yang berbeda-beda. *Hardpan* pada lokasi I ditemukan pada kedalaman 20 cm dengan ketebalan (15 cm), lokasi II (23 cm) dengan ketebalan (16 cm), lokasi III (19 cm) dengan ketebalan (17 cm), dan lokasi IV (26 cm) dengan ketebalan (18 cm). Daerah atas dan bawah memiliki kedalaman dan ketebalan yang bervariasi. Hal ini diduga dipengaruhi oleh pengolahan tanah secara intensif, yaitu dengan cara pelumpuran pada setiap musim tanam padi, sehingga terjadinya pencucian fraksi pasir, debu, dan liat lebih intensif dibandingkan dengan daerah atas. Menurut Hakim *et al.*, (1986) pengelolaan tanah yang dilakukan terlalu sering dapat menimbulkan kerusakan tanah dalam jangka panjang, dan terbentuknya *hardpan* dibawah lapisan olah. Hardjowigeno *et al.*, (2004) air pengairan mengandung lumpur yang diendapkan pada petak sawah. Oleh karena itu, selalu ada penambahan lumpur pada lapisan olah. Kualitas dan jumlah lumpur yang diendapkan sangat beragam, tergantung dari sumber lumpur dan banyaknya air. Akibatnya, lapisan olah di daerah bawah semakin tebal karena penambahan lumpur tersebut. Hal tersebutlah yang menyebabkan *hardpan* di daerah bawah memiliki ketebalan yang lebih besar dibandingkan daerah atas, karena pada saat pengolahan tanah, dibutuhkan energi yang besar untuk mengolah lapisan olah yang lebih dalam dibandingkan daerah atas, dan juga menyebabkan lintasan dari traktor lebih sering dibandingkan daerah atas. Baik di daerah atas maupun di daerah bawah, lapisan *hardpan* ditemukan di lokasi penelitian hampir sejalan dengan hasil penelitian Rayes (2000), *hardpan* dijumpai pada kedalaman 12-44 cm dengan ketebalan (6-20 cm).

Berdasarkan tabel 1, diperoleh nilai BV tertinggi pada lokasi III sebesar (1,28 g/cm<sup>3</sup>), kemudian diikuti oleh lokasi I (1,25 g/cm<sup>3</sup>), lokasi IV (1,24 g/cm<sup>3</sup>), dan yang paling rendah pada lokasi II (1,22 g/cm<sup>3</sup>). Nilai Berat Jenis (BJ) tanah tertinggi ada di lokasi II sebesar (2,30 g/cm<sup>3</sup>), kemudian disusul oleh lokasi IV (2,28 g/cm<sup>3</sup>), lokasi III (2,27 g/cm<sup>3</sup>), dan yang terendah lokasi I (2,22 g/cm<sup>3</sup>). Kemudian diperoleh nilai porositas yang tertinggi yaitu pada lokasi II sebesar (46,90%), kemudian diikuti oleh lokasi IV (45,90%), lokasi III (43,69%), dan yang terkecil yaitu pada lokasi I (43,68).

Nilai porositas berbanding terbalik dengan nilai berat volume tanah. Dalam artian, semakin tinggi nilai BV maka semakin rendah porositasnya dan semakin rendah nilai BV, maka semakin tinggi porositasnya. Hal ini dikarenakan dua parameter tersebut saling berkaitan satu sama lain (Sumadi, 2009). BV berperan terhadap infiltrasi, kepadatan tanah, permeabilitas, tata air, struktur, dan porositas tanah (Manfarizah, 2011). Daerah bagian atas memiliki nilai porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah bagian bawah, hal ini dikarenakan pengolahan tanah secara intensif yang dilakukan oleh petani, sehingga bahan organik yang terkandung didalam tanah rendah. Gaya yang diberikan oleh traktor terhadap tanah akan memberikan perubahan kestabilan tanah tersebut, bila gaya-gaya dalam tanah tidak dapat menahan gaya yang diberikan oleh kinerja traktor, maka akan menimbulkan efek pada tanah tersebut seperti terjadinya kompaksi yang dapat menghilangkan kestabilan ruang pori dalam tanah (Kepner *et al.*, 1982).

Sutanto (2005) menyebutkan bahwa nilai porositas tanah sangat dipengaruhi oleh struktur tanah yang gembur. Hakim *et al.*, (1986) menambahkan bahwa dengan pengolahan tanah yang baik akan memberikan pengaruh yang baik terhadap aerasi tanah kaitannya dengan porositas tanah. Iqbal dan Sembiring (2008) menyatakan bahwa pemadatan dapat menghambat pertumbuhan tanaman, menghambat penetrasi akar tanaman, membatasi pergerakan air dan udara di dalam tanah dan menyebabkan pertumbuhan benih menjadi lambat dan akhirnya akan dapat mengurangi produksi tanaman.

Berdasarkan tabel 1, diperoleh nilai *soil strength* yang tertinggi ada di lokasi III dengan nilai (22,50 kgf), kemudian diikuti oleh lokasi I (20,5 kgf), lokasi IV (18,5 kgf), dan yang terendah pada lokasi II (15,5 kgf). Nilai kekerasan *hardpan* dari keempat profil tanah tersebut bervariasi, hal ini dapat dilihat dari nilai BV dari setiap lokasi tersebut. Kekerasan *hardpan* berbanding lurus dengan BV, apabila BV tinggi maka kekerasan *hardpan* akan tinggi, begitupun sebaliknya apabila nilai BV rendah, maka kekerasan *hardpan* akan rendah juga. Perbedaan nilai kekerasan *hardpan* pada keempat lokasi tersebut disebabkan oleh aktivitas yang dilakukan oleh manusia, terutama petani yang melakukan pengolahan tanah secara intensif dalam jangka waktu yang cukup lama dengan proses pelumpuran (*puddling*), sehingga menyebabkan banyaknya partikel halus yang memadas. Kekerasan *hardpan* pada daerah atas lebih keras dibandingkan daerah bawah. Hal ini perlu diteliti lebih lanjut terkait faktor yang mempengaruhi kekerasan tersebut.

Gilli *et al.* (2004) menjelaskan bahwa kekuatan tanah berkaitan dengan tekstur tanah. Semakin tinggi kadar pasir pada tanah, maka akan rendah pula nilai



kekuatan tanahnya. Artinya, semakin tinggi kadar liat maka semakin kuat pula tanah tersebut (Chanqui, 2017). Akan tetapi, jika memperhatikan nilai tekstur tanah (Lampiran 1), maka fraksi pasirlah yang paling dominan pada *hardpan* dibandingkan dengan dua fraksi lainnya. Hal ini berarti, proporsi masing-masing fraksi tidak terlalu mempengaruhi nilai dari kekerasan *hardpan* pada keempat profil tanah sawah.

Kekerasan *hardpan* memiliki pengaruh terhadap kegiatan pengolahan tanah yang akan dilakukan. Penurunan kekerasan *hardpan* dapat mempermudah kegiatan pengelolaan tanah yang dilakukan dan mempermudah kegiatan pembenihan. Perlakuan berupa pencampuran tanah (*soil blending*) dengan tanah berpasir dengan tanah liat relatif tinggi dapat menurunkan nilai kekuatan tanah (Gilli *et al.*, 2004). Selain itu juga, penurunan *soil strength* dapat mempermudah pergerakan akar dalam tanah dan mempermudah akar dalam menyerap air dan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman untuk dapat tumbuh serta berkembang dengan baik dan optimal (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Tekstur *hardpan* pada keempat profil tersebut memiliki persebaran fraksi penyusun tanah yang berbeda-beda, akan tetapi masuk dalam kelas tekstur lempung (*loam*). Hal ini disebabkan oleh aktivitas manusia serta sistem irigasi yang diterapkan. Dalam artian, pembajakan pada tanah sawah serta pelumpuran yang sering dilakukan pada setiap kali musim tanam. Oleh karena itu, setiap fraksi penyusun tanah di keempat profil tanah tersebut berbeda-beda. Tanah yang bertekstur halus bila terdispersi akan mampu menutupi pori dibawah lapisan olah. Hal tersebut bisa dilihat nilai porositas pada *hardpan* mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai porositas pada lapisan olah.

Tabel 2. Hasil Analisis Sifat Fisik Tanah Lapisan Olah

Lokasi	Berat Volume (g/cm <sup>3</sup> )	Berat Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)	Permeabilitas (cm/jam)	Kelas Tekstur Tanah
I	0,93b	2,09b	55,58a	1,00ab	<i>Silty Loam</i> (Lempung Berdebu)
II	0,95b	1,91c	51,45b	0,88b	<i>Silty Loam</i> (Lempung Berdebu)
III	0,97a	2,14a	54,51a	1,05a	<i>Silty Loam</i> (Lempung Berdebu)
IV	1,00a	2,08b	52,04b	0,96ab	<i>Silty Loam</i> (Lempung Berdebu)
BNJ 5%	0,33	0,04	1,66	0,15	

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Keterangan :

- Lokasi I : NLA (Nyur Lembang Atas)
- Lokasi II : NLB (Nyur Lembang Bawah)
- Lokasi III : NA (Narmada Atas)
- Lokasi IV : NB (Narmada Bawah)

Berat volume (BV) tanah pada lapisan olah berbeda-beda, hal ini dapat di lihat pada tabel 2. Berdasarkan keempat profil tersebut diperoleh nilai BV yang tertinggi ada pada lokasi IV dengan nilai 1,00 g/cm<sup>3</sup>, kemudian diikuti oleh lokasi III (0,97 g/cm<sup>3</sup>), lokasi II (0,95 g/cm<sup>3</sup>), dan yang terakhir yaitu pada lokasi I (0,93 g/cm<sup>3</sup>). Berat jenis (BJ) tanah dari keempat lokasi tersebut bervariasi. Lokasi III memiliki nilai BJ yang paling tinggi yaitu sebesar 2,14 g/cm<sup>3</sup>, kemudian diikuti oleh lokasi I (2,09 g/cm<sup>3</sup>), lokasi IV (2,08 g/cm<sup>3</sup>), dan yang terendah pada lokasi II (1,91 g/cm<sup>3</sup>). Porositas untuk keempat lokasi berbeda, dimana nilai porositas yang tertinggi pada lokasi I yaitu sebesar (55,58 %), kemudian diikuti oleh lokasi III (54,51%), lokasi IV (52,04%), dan yang terendah yaitu pada lokasi II (51,45%).

Berdasarkan tabel 2, dapat dilihat bahwa daerah bagian atas memiliki nilai porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah bagian bawah, hal ini dikarenakan pengolahan tanah secara intensif yang dilakukan oleh petani, sehingga bahan organik yang terkandung didalam tanah rendah. Porositas juga berbanding terbalik dengan berat volume tanah, dimana semakin tinggi nilai BV maka akan menurunkan nilai porositas tanah. Begitupun sebaliknya, apabila nilai BV rendah, maka nilai porositas tinggi. Hal ini dikarenakan dua parameter tersebut saling berkaitan satu sama lain (Sumadi, 2009).

Permeabilitas merupakan kemampuan suatu tanah dalam meloloskan air didalam tanah. Permeabilitas tanah juga merupakan suatu kesatuan yang meliputi infiltrasi tanah dan bermanfaat dalam mempermudah pengolahan tanah. Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai permeabilitas yang paling tinggi ada pada lokasi Narmada bagian atas dengan nilai (1,05 cm/jam), Nyur Lembang bagian atas (1,00 cm/jam), Narmada bagian bawah (0,96 cm/jam), dan yang terendah adalah Nyur Lembang bagian bawah (0,96 cm/jam). Hal ini karena dipengaruhi oleh persebaran fraksi penyusun tanah, struktur tanah seperti berat volume dan porositas tanah. Semakin tinggi porositas tanah, maka semakin tinggi pula permeabilitas tanah, begitupun sebaliknya semakin rendah porositas tanah, maka semakin rendah pula permeabilitas tanah.

Permeabilitas berbanding lurus dengan berat volume (BV) tanah. Semakin besar nilai BV, maka semakin padat suatu tanah. Apabila tanah sangat padat, maka akan menurunkan nilai permeabilitas tanah. Hal ini bisa dilihat dari nilai BV yang diperoleh pada keempat profil tersebut. Oleh karena itu, tekstur dan struktur mempengaruhi nilai dari permeabilitas suatu tanah. Apabila suatu tanah dominan fraksi pasir, dan porositas buruk, maka permeabilitas akan tinggi. Begitupun sebaliknya, jika suatu tanah dominan fraksi

liat dan porositas baik, maka permeabilitas akan rendah. Sesuai dengan pernyataan Susanto *et al.*, (2005) menyatakan bahwa nilai permeabilitas tanah sangat dipengaruhi oleh nilai porositas tanah, secara umum proses pengolahan tanah menimbulkan efek pemadatan tanah, kerusakan agregat tanah, sehingga akan mengganggu stabilitas agregat dan porositas tanah. Hillel (1980) berpendapat bahwa beberapa faktor yang mempengaruhi permeabilitas tanah adalah porositas serta distribusi ukuran pori, stabilitas agregat dan struktur tanah. Tinggi rendahnya permeabilitas tanah dipengaruhi oleh total ruang pori, sehingga tanah dengan total ruang pori yang tinggi akan memperbesar kecepatan laju air dalam pori tanah. Hal ini sesuai dengan Mauli (2008) yang menyatakan bahwa permeabilitas erat kaitannya dengan total ruang pori tanah, dimana semakin besar total ruang pori tanah, maka semakin besar pula permeabilitas tanah. Artinya laju pergerakan air semakin besar apabila total ruang pori di dalam tanah besar.

Tekstur tanah pada keempat profil tersebut memiliki persebaran fraksi penyusun tanah yang berbeda-beda, akan tetapi memiliki kelas tekstur yang sama yaitu *silty loam* (lempung berdebu). Hal ini diduga disebabkan oleh pengolahan yang dilakukan oleh petani, seperti penggenangan dan pelumpuran yang menyebabkan partikel-partikel halus dalam lumpur akan bergerak kebawah bersama air perkolasi sehingga terjadi pemindahan partikel-partikel tanah baik fraksi pasir, debu dan lempung. Menurut Buckman dan Brady (1969), perbedaan agihan besar butir lebih sering dihubungkan dengan perbedaan pelapukan, dimana pelapukan yang makin intensif akan menghasilkan fraksi halus lebih banyak.

Keberadaan fraksi liat sangat mempengaruhi unsur hara dan retensi air. Menurut Erizilian *et al.* (2019), kadar liat yang tinggi dapat membantu tanah dalam penyimpanan unsur hara dan air dengan baik. Tanah yang dominan dengan fraksi liat lebih tinggi dalam menahan air dibandingkan dengan tanah yang dominan fraksi pasir (Haridjaja *et al.* 2013). Akan tetapi, setiap fraksi penyusun tanah memiliki peranannya masing-masing. Pasir berperan dalam aerasi tanah dan liat berperan dalam memegang air tanah. Menurut Tangketasik *et al.*, (2012) fraksi pasir yang relatif berimbang dengan fraksi lainnya akan memperbaiki aerasi tanah dan porositas tanah, yang kemudian mempengaruhi kehidupan mikroorganisme dalam tanah dan pelapukan bahan organik. Pengaruh yang begitu kompleks, menjadikan tekstur tanah memiliki hubungan langsung maupun tidak langsung dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Semakin seimbang proporsi fraksi penyusun tanah, maka tanah tersebut relatif lebih subur.

## Conclusion

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. *Hardpan* yang paling tebal ada pada lokasi IV yaitu 18 cm dengan kedalaman 26 cm dan yang tipis ada di lokasi I (15 cm) dengan kedalaman 20 cm. BV *hardpan* paling tinggi ada di lokasi III sebesar 1,28 g/cm<sup>3</sup> dan yang paling rendah yaitu lokasi II (1,22 g/cm<sup>3</sup>). Porositas *hardpan* paling tinggi ada di lokasi II yaitu 46,90% dan yang paling rendah di lokasi I (43,68%). Kekerasan *hardpan* paling tinggi ada di lokasi III (22,5 kgf) dan yang terendah di lokasi II (15,5 kgf).
2. Lapisan olah yang memiliki BV tertinggi terdapat di lokasi IV sebesar 1,00 g/cm<sup>3</sup> dan yang terendah di lokasi I (0,93 g/cm<sup>3</sup>). Porositas lapisan olah yang tertinggi ada di lokasi I dengan nilai 55,58% dan yang terendah di lokasi II (51,45%). Permeabilitas yang tertinggi ada di lokasi III dengan nilai 1,05 cm/jam dan yang terendah di lokasi II (0,88 cm/jam).

## References

- Badan Pengelolaan Sumber Daya Lahan Pertanian (BPSDLP), 2017. Pedoman Pengamatan Tanah Di Lapangan. IAARD Press. Jawa Barat.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Kecamatan Narmada dalam Angka 2021. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lombok Barat. Lombok Barat.
- BPS, 2018. *Luas Tanah Sawah Di Kecamatan Narmada Menurut Jenis Irigasi dan Desa*, Nusa Tenggara Barat. Badan Pusat Statistik. Narmada.
- Buckman, H.O., and N.C., Brady., 1969. Terjemahan Soegiman, 198. Ilmu Tanah. Penerbit Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- Buckman, H.O., and N.C., Brady., 1969. Terjemahan Soegiman, 198. Ilmu Tanah. Bhratara Karya Aksara. Jakarta.
- Chanqui, H.B. 2017. *Biochar and Soil Physical Properties*. Soil Science Society of American Journal.
- DISTANBUN, 2018. *Penyusunan Master Plan Kawasan Pertanian di Privinsi Nusa Tenggara Barat*. Dinas Pertanian dan Perkebunan. NTB.
- Erizilinaa, E., P. Pamoengkas, Darwo. 2019. Hubungan Sifat Fisik dan Kimia Tanah dengan Pertumbuhan Meranti Merah di KHDTK Haurbentes. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Vol. 9 (1): 68-74.
- Fiantis, Dian. 2007. *Morfologi dan Klasifikasi Tanah*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas. Padang.
- Gilli, J.S., Tisdall, J., Sukartono, I.G.M. Kusnarta. B. McKenzie. 2004. *Physical Properties of a Clay Loam Soil*



- Mixed with Sand*. Departemen of Agriculture Science. La Trobe University. Australia.
- Hakim, N., M. Y. Nyakpa, A. M. Lubis, S. G. Nugroho, M. A. Diha, G. B. Hong, dan H. H. Bailey. 1986. *Dasar - Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hardjowigeno, S., H. Subagyo., Rayes, M. Luthfi. 2004. *Morfologi dan Klasifikasi Tanah Sawah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.
- Hariadjaja, O., D.P.T. Baskoro, M. Setianingsih. 2013. Perbedaan Nilai Kadar Air Kapasitas Lapang Berdasarkan Metode Alhricks, Drainase Bebas, dan Pressure Plate pada Berbagai Tekstur Tanah dan Hubungannya dengan Pertumbuhan Bunga Matahari (*Helianthus annuus L.*). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 15(2): 52-59.
- Hillel, D. 1980. *Fundamental of Soil Physic*. Academic Press. New York.
- Iqbal, Mandang. T., & E. N. Sembiring. 2008. *Pengaruh Lintasan Traktor dan Pemberian Bahan Organik terhadap Pemadatan Tanah dan Keragaan Tanaman Kacang Tanah*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008. Yogyakarta, 18-19 November 2008.
- Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS). 2020. *Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS) Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) Kawasan Geopark Rinjani-Lombok Barat Narmada Lingsar Kabupaten Lombok Barat Tahun 2020*. Kabupaten Lombok Barat. Nusa Tenggara Barat.
- Kanno, I., Y. Honyo, S. Arimura, and S. Tokudume. 1964. *Genesis and Characteristics of Rice Soils Developed on Ploder lands of Shiroishi Area, Kyushi*. *Soil Sci. Plant Nutr.* 10: 1-20.
- Kepner, R.A., R. Bainer and E.L. Barger. 1982. *Priciples of Farm Machinery*. AVI Publishing Co, Connecticut.
- Manfarizah, S dan S. Nurhaliza. 2011. *Krasteristik Sifat Fisika Tanah di University Farm Station Bener Meria*. *Jurnal Agrista*, 15 (1): 1-9.
- Mauli, R.L. 2008. *Kajian Sifat Fisika dan Kimia Tanah Akibat Sistem Rotasi Penggunaan Lahan Tembakau Deli*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Moorman, F.R., N. van Breemen. 1978. *Rice: Soil, Water, Land*. IRRI. Los Banos.
- Munir, M. 1987. *Pengaruh Penyawahan terhadap Morfologi Pedogenesis, Elektrokimia dan Klasifikasi Tanah*. Disertasi Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Prasetyo, B.H. dan Suriadikarta, D.A. 2006. Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25 (2) : 39-46.
- Prasetyo, B.H., Ningsih, J.S., Subagyo, K. Simanungkalit, R.D.M. 2004. *Mineralogi, Kimia, Fisika dan Biologi Tanah*. Didalam : Agus, F., Adimiharja, A., Hardjowigeno, S., Muzzakir, A., Hartatik, W., 2004. *Tanah sawah dan Teknologi Pengelolaannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. Bogor.
- Priyono, J., I. Yasin, M. Dahlan, dan Bustan. 2019. Identifikasi Sifat, Ciri, dan Jenis Tanah Utama di Pulau Lombok. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan* 5: 19-24.
- Rayes, M.L. 2000. *Karakteristik, Genesis dan Klasifikasi Tanah Sawah dari Bahan Volkan Merapi*. Disertasi Non Publikasi Institut Pertanian Bogor.
- Sumadi, Laurentius. 2008. *Kualitas Air Limbah Bengkel Produksi ATMI Surakarta Hubungan Dengan Kualitas Air Tanah Dangkal*. Tesis. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Susanto, R. H. dan Purnomo, Rahmad., H. 2005. *Pengantar Fisika Tanah*. Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Sutanto, R. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah; Konsep dan Kenyataan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Tangketasik, A., N.M. Wikartini. N.N. Soniarti, I.W. Narka. 2012. Kadar Bahan Organik pada Tanah Sawah dan Tegalan di Bali serta Hubungannya dengan Tekstur Tanah. *Jurnal Agrotropika*, 2(2): 101-107.