

**PENENTUAN KUALITAS TANAH SAWAH MELALUI ANALISIS
KERAGAMAN MIKROBA DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK
METAGENOMIK**

HADIJA



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

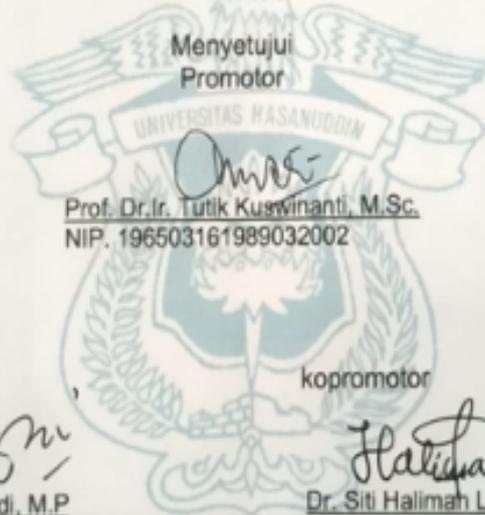
DISERTASI

**PENENTUAN KUALITAS TANAH SAWAH MELALUI
ANALISIS KERAGAMAN MIKROBA DENGAN
MENGUNAKAN TEKNIK METAGENOMIK**

**HADIJA
NIM P013191005**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Program Doktor Program Studi Ilmu Pertanian Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Pada tanggal, 2023, dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui
Promotor



[Signature]
Prof. Dr.Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc.
NIP. 196503161989032002

kopro-motor

[Signature]
Dr. Ir. Muh. Jayadi, M.P
NIP.195909261986011001

kopro-motor

[Signature]
Dr. Siti Halimah Larekeng, SP., M.P
NIP. 198202092015042002

Pit. Program Studi
Ilmu Pertanian

[Signature]
Prof. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch. PhD
NIP.196903081995121001

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin

[Signature]
Prof. dr. Budu Ph.D., Sp.M(K), MedEd
NIP.196612311995031009



PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, disertasi berjudul "*Penentuan Kualitas Tanah Sawah Melalui Analisis Keragaman Mikroba Dengan Menggunakan Teknik Metagenomik*" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr.Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc. Dr. Ir. Muh. Jayadi, M.P dan Dr. Siti Halimah Larekeng, SP., M.P). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dan penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan: Bab III dipublikasi di Jurnal *Agricultural Science* dengan judul "Analisis Fungsi Tanah Dalam Menentukan Indeks Kualitas Tanah Sawah Di Desa Salassae, Kabupaten Bulukumba, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia". Bab IV Telah dipublikasi di *International Journal of Pharmaceutical Research* | Apr - Jun 2021 | Vol 13 | Issue 2 Telah dipresentasikan di Seminar Internasional FSSAT, di Makassar Publish pada IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science **807** (2021)

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 2023



HADIJA
NIM P013191005

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT berkat segala limpahan rahmat, petunjuk, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian sampai penyusunan tulisan disertai dengan judul "*Penentuan Kualitas Tanah Sawah Melalui Analisis Keragaman Mikroba Tanah Dengan Menggunakan Teknik Metagenomik*". Pada kesempatan ini penulis menyampaikan 'jazakumullah *khairan katsiran*' kepada:

1. Prof Dr Ir Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Prof. dr. Budu Ph.D., Sp.M(K), Med.Ed, selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin dan Prof. Dr. Ir. Darmawan Salman, M.S, selaku Ketua Program Studi S3 Ilmu Pertanian yang telah memberikan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Hasanuddin.
2. Prof. Dr.Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc., Dr. Ir. Muh. Jayadi, M.P dan Dr. Siti Halimah Larekeng, SP., M.P., selaku komisi pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis dalam melakukan penelitian dan penulisan disertai ini.
3. Prof Dr Ir. Hazairin Zubair, M.S, Prof. Dr. Ir. Baharuddin, Dipl.Ing., Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, M.Sc., dan Dr. Ir. Rismaneswati, M.P. selaku komisi penguji dan penilai kualifikasi ujian tertutup, dan seluruh staf pengajar yang telah mencurahkan ilmunya selama menempuh Pendidikan di universitas Hasanuddin.
4. Dr.rer.nat. Sarjiya Antonius sebagai penguji eksternal, terimakasih atas waktu dan kesempatannya untuk hadir untuk memberikan saran dan masukan untuk perbaikan tulisan kami.
5. Ayahanda H. Sukri, dan Ibunda Hj. Pani. M, Bapak mertua (alm) H. Gatot Sujadmiko, dan Ibu mertua Hj. Kasmira, Kakak-kakakku dan Adik-adikku tercinta, sekeluarga terima kasih atas segala doa dan dukungan, kebersamaan, cinta dan kasih sayang yang telah diberikan.

6. Kemenristek DIKTI yang telah memberikan kesempatan dan dukungan biaya kepada saya untuk melanjutkan pendidikan program doktor bidang ilmu pertanian melalui Beasiswa BPPDN 2019.
7. LLDIKTI Wilayah IX dan Universitas Muslim Maros atas rekomendasi melanjutkan studi di Universitas Hasanuddin
8. Ibu Dr. Ir. Asmita Ahmad, S.T., M.Si. dan Kak Anti, serta Bapak/Ibu Staf dan Dosen Departemen Ilmu Tanah UH atas bantuan dan ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa pascasarjana.
9. Kepada Saudara/saudariku seperjuangan pada Program Doktor Ilmu Pertanian UNHAS Angkatan 2019, terima kasih atas bantuan, motivasi, persaudaraan, kebersamaannya selama ini.
10. Kepada Suamiku tercinta Margono Hadi Susanto, SE., serta anakku Muhammad Ziqri Farras dan Anindiya Shanum Ramadani, atas dukungannya selama menyelesaikan studi ini.
11. Kepada semua pihak yang turut membantu dalam penelitian dan penyusunan disertasi ini namun tidak disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya
12. Penulis berharap semoga hasil penelitian yang tertuang dalam disertasi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya.

Makassar, 2023

Hadija

RINGKASAN

HADIJA. *Penentuan Kualitas Tanah Sawah Melalui Analisis Keragaman Mikroba Tanah dengan Menggunakan Teknik Metagenomik* (dibimbing oleh Tutik Kuswinanti, Muhammad Jayadi dan Siti Halimah Larekeng).

Penelitian ini bertujuan 1) menganalisis hubungan parameter-parameter sifat tanah yang signifikan terhadap kualitas tanah sawah, 2) menganalisis kualitas tanah sawah berdasarkan fungsi tanah dan 3) menganalisis dan mengklasterisasi kelimpahan dan keragaman mikroba di tanah sawah pada sistem pertanian alami dengan menggunakan pendekatan teknik metagenomik. Analisis data dengan analisis statistik menggunakan aplikasi JAPS 014.6 (open source). Indeks kualitas tanah dihitung berdasarkan kriteria dimodifikasi kriteria Mausbach dan Seybold (1998) dengan sedikit dimodifikasi yang dilakukan oleh Hadija (2022). Analisis kelimpahan dan keragaman mikroba tanah dengan teknik metagenomik. Hasil penelitian ini menunjukkan terbentuk lima variabel komponen utama yaitu PC1 (25,2%), PC2 (43,4%), PC3 (56,5%), PC4 (66,9%) dan PC5 (76,1%) dan mampu menjelaskan total varian sebesar 53,62 %. Lima komponen utama ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas tanah sawah di lokasi penelitian. Lahan sawah tahun 0 (0,60), Tahun 2 (0,61), tahun 4 (0,65), dan tahun 6 (0,65) menunjukkan kualitas tanah yang baik berdasarkan hasil pembobotan tiga fungsi tanah. Penurunan kualitas tanah ditunjukkan pada tahun ke 8 (0,51) setelah diaplikasi kompos selama delapan tahun terakhir, dengan kriteria sedang. Dalam penelitian ini sistem manajemen pemberian kompos memberikan pengaruh terhadap jumlah dan keragaman mikroba tanah sawah Berdasarkan jumlah fitur bakteri yang terdeteksi terdapat 1567 fitur sekuens bakteri yang hanya ditemukan pada sistem pertanian konvensional dan 2337 lainnya ditemukan pada sistem pertanian alami. Berdasarkan jumlah Fitur fungi yang terdeteksi terdapat 478 fitur sekuens jamur yang hanya ditemukan pada sistem pertanian konvensional dan 632 lainnya ditemukan pada sistem pertanian alami. Tingkat pengelolaan tanah akan sangat berpengaruh terhadap jumlah dan keragaman mikroba tanah sawah.

Kata kunci: sawah; kompos; kualitas tanah; pertanian alami; metagenomik



ABSTRACT

HADIJA. *Determination of Paddy Field Quality Through Analysis of Soil Microbial Diversity Using Metagenomic Techniques* (supervised by **Tutik Kuswinanti, Muhammad Jayadi, and Siti Halimah Larekeng**).

This study aimed to 1) analyze the relationship of soil property parameters to the soil quality field, 2) analyzing the quality of paddy fields based on the function of the soil, and 3) analysis and clustering, and microbial abundance and diversity in rice fields in natural farming systems using a metagenomic technique. Data analysis with statistical analysis using the JAPS 014.6 application (open source). The soil quality index was calculated based on the modified criteria of Mausbach and Seybold (1998), with slightly modified criteria of Hadija (2022). Analysis of abundance and diversity of soil microbes using metagenomic techniques. The results of this study showed that five main component variables, namely PC1 (25.2%), PC2 (43.4%), PC3 (56.5%), PC4 (66.9%), and PC5 (76.1%), explained the total variance of 53.62%. These five main components are the factors that affect the quality of paddy fields in the study area. Rice fields in years 0 (0.60), 2 (0.61), 4 (0.65), and 6 (0.65) showed good soil quality based on the weighting results of the three soil functions. The decline in soil quality was established in the 8th year (0.51) after the application of compost for the last eight years, with moderate criteria. In this study, the composting management system affected the number of paddy fields and diversity of soil microbes. Based on the number of bacterial features detected, 1567 bacterial sequence features were found only in conventional agricultural systems, and 2337 others were found in systems agriculture. Based on the number of Fungal Features available, 478 fungal sequence features were found only in agricultural systems and 632 were found in natural farming systems. Land management affects the number and diversity of paddy soil microbes.

Keywords: *paddy field; compost; soil quality; natural agriculture; metagenomic*



DAFTAR ISI

PRAKATA	iv
RINGKASAN	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN UMUM	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
E. Kebaruan Penelitian	6
F. Ruang Lingkup Penelitian	6
BAB II	1
ANALISIS PARAMETER SIFAT TANAH YANG MEMBERIKAN PENGARUH UNTUK PENILAIAN KUALITAS TANAH SAWAH.....	1
A. Abstrak	1
B. Pendahuluan	2
C. Metode Penelitian	1
D. Hasil dan Pembahasan	5
E. Kesimpulan	11
BAB III	12
ANALISIS FUNGSI TANAH DALAM MENENTUKAN INDEKS KUALITAS TANAH SAWAH DI DESA SALASSAE, KABUPATEN BULUKUMBA, PROVINSI SULAWESI SELATAN, INDONESIA...	12
A. Abstrak	12
B. Pendahuluan	13
C. Metode Penelitian	14

D. Hasil Dan Pembahasan.....	19
D. Kesimpulan.....	27
BAB IV.....	28
KERAGAMAN BAKTERI POTENSIAL TANAH SAWAH PADA SISTEM PERTANIAN KONVENSIONAL DAN SISTEM PERTANIAN ALAMI.....	28
A. Abstrak.....	28
B. Pendahuluan	29
C. Metode Penelitian	30
D. Hasil Dan Pembahasan.....	35
E. Kesimpulan.....	40
BAB. V.....	41
ANALISIS KELIMPAHAN DAN KERAGAMAN MIKROBA PADA TANAH SAWAH DENGAN PENDEKATAN METAGENOMIK	41
A. Abstrak.....	41
B. Pendahuluan	42
C. Metode Penelitian	44
D. Hasil dan pembahasan	48
E. Kesimpulan.....	54
BAB VI.....	55
PEMBAHASAN UMUM	55
BAB VII.....	63
SIMPULAN DAN SARAN.....	63
7.1. Simpulan	63
7.2. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.1.	Penelitian pada Tanah sawah dengan pendekatan Metagenomik	7
Tabel 2.1.	Hasil Principal Komponen Analisis kualitas tanah sawah di Desa Salassae, Kabupaten Bulukumba, Propinsi Sulawesi Selatan.....	20
Tabel 2.2.	Kelompok 10 aksesi dari 6 cluster menurut analisis Parameter sifat Tanah	22
Tabel 3.1.	Kriteria Kualitas Tanah sawah berdasarkan fungsinya.....	29
Tabel 3.2.	Kriteria Kualitas Tanah berdasarkan Berdasarkan nilai IKT	29
Tabel 4.1.	Nilai total plant count (TPC) bakteri tanah sawah pada dua lokasi sampling.....	44
Tabel 4.2.	Deskripsi Karakterisasi Bakteri Tanah sawah.....	46
Tabel 4.3.	Hasil Identifikasi Molekuler Isolat Terpilih pada lokasi penelitian	47
Tabel 5.1.	Sifat tanah (fisik, kimia dan biologi) pada dua Sistem pertanian di tanah sawah.....	54
Tabel 5.2.	Indeks Keanekaragaman Bakteri dan Jamur pada tanah pada Pertanian Konvensional dan Pertanian alami.....	55

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.1.	Kerangka Pikir Penelitian	11
Gambar 2.1.	Peta lokasi Penelitian di Desa Salassae, Kec. Bulukumpa, Kabupaten Bulukumba	17
Gambar 2.3.	Analisis Korelasi Pearson antar 16 MDS parameter Fisik, Kimia dan Biologi tanah	19
Gambar 2.4.	Nilai EigenValue yang terbentuk dari setiap komponen	19
Gambar 2.5.	Analisis kluster menunjukkan hubungan antara 10 aksesi dari parameter sifat tanah (sifat fisik, kimia dan biologi)....	23
Gambar 3.1.	Peta lokasi Pengambilan sampel di Desa Salassae	28
Gambar 3.2.	Bobot kedalaman perakaran tanaman padi	30
Gambar 3.3.	Bobot Kelengasan tanah sawah	31
Gambar 3.4.	Status Hara pada tanah sawah	32
Gambar 3.5.	Fungsi Pengaturan dan Penyaluran air	33
Gambar 3.6.	Fungsi Penyaring dan Penyangga pada tanah sawah.....	34
Gambar 3.7.	Sebaran indeks kualitas tanah sawah Desa Salassae Kabupate Bulukumba.....	36
Gambar 4.1.	Pola sebaran Karakterisasi isolat yang ditelah diuji. Uji BPN (A), Uji BPF (B), Uji Katalase (C), Uji enzim Selulotik (D), Uji Katalase (E).....	45
Gambar 4.2.	Klasterisasi Karakter 32 isolat yang diperoleh dari dua lokasi sampling, terpilih 6 isolat yang mampu melarutkan fosfat, menambat nitrogen, hormon tumbuh IAA, Enzim dan katalase positif	46
Gambar 5.1.	Kurva refraksi bakteri dan jamur pada sampel Pertanian Konvensional dan Pertanian Alami. Rarefaction dihitung dengan 10 iterasi.....	56
Gambar 5.2.	Perbandingan bakteri (A) dan jamur (B) antara tanah Pertanian Konvensional dan Pertanian Alami menurut sejumlah fitur. Selanjutnya terjadi pergeseran populasi bakteri (C) dan jamur (D) antara lahan Pertanian Konvensional dan Pertanian Alami pada tingkat filum.....	57

Gambar 5.3. Perbandingan bakteri dan jamur pada lahan Pertanian Konvensional dan Pertanian Alami pada tingkat famili dan genera. Peta panas dibuat dari OTU dengan frekuensi minimum 1000.....	58
---	----

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran.1	Output Penelitian 1	63
Lampiran.2	Output Penelitian 2	64
Lampiran.3	Output Penelitian 3	65
Lampiran.4	Output Penelitian 4	66
Lampiran.5	Output Penelitian 5	67
Lampiran.6	Curriculum Vitae	68

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
IP	Indeks Pertanaman
FAO	Food and Agriculture Organization of The United station
Eh	potensial redoks
<i>pH</i>	Reaksi Tanah
<i>BO</i>	Bahan organik
<i>DNA</i>	Asam deoksiribonukleat
<i>Km</i>	Kilometer
<i>BPS</i>	Badan Pusat Statistik
MDS	Minimum Data Set
<i>C/N</i>	Ratio bahan organik merupakan perbandingan antara banyaknya kandungan unsur karbon dengan banyaknya kandungan nitrogen pada suatu bahan.
<i>C-organik</i>	bagian dari tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis, yang bersumber dari sisa tanaman dan atau binatang yang terdapat di dalam tanah
<i>N</i>	Nitrogen
<i>P</i>	Phospor
<i>K</i>	Kalium
<i>KB</i>	Kejenuhan Basa
<i>KTK</i>	Magnesium
<i>Ca</i>	Kalsium
<i>Mg</i>	Magnesium

<i>PCA</i>	Principal Component Analysis
USDA	United States Department of Agriculture
<i>BT</i>	Bujur Timur
<i>LS</i>	Lintang selatan
<i>mm</i>	millimeter
<i>Ha</i>	Hektar
<i>Fe</i>	Besi
<i>Na</i>	Natrium
<i>Mn</i>	Mangan
<i>TPC</i>	Total Plate Count
<i>JAPS 0.14.1</i>	Jeffreys's Amazing Statistics Program
MVSP 3.2	Multivariate statistical package
<i>cm</i>	Centimeter
<i>Al</i>	Alumunium
ARCGIS 10.3	Geographic Information System
<i>Km</i>	Kilometer
<i>FSL</i>	Fungsi <i>Scoring Linear</i>
<i>IKT</i>	Indeks Kualitas Tanah
<i>PC</i>	Principal Component (PC1 – PC5)
<i>Lp</i>	Lapisan
<i>IAA</i>	Indole Acetic Acid
NGS	Next-generation sequencing
<i>ACE</i>	abundance-based coverage estimator

<i>NA</i>	Natrium Agar
<i>PCR</i>	Real Time Polymerase Chain Reaction
<i>QMEE</i>	Quantitative Insights Into Microbial Ecology
<i>Metagenomic</i>	Ilmu yang mempelajari metagenom yaitu seluruh DNA dari suatu ekosistem secara lengkap, misalnya segenggam tanah, sepuluh mililiter air laut, atau isi perut manusia
μl	Mikroliter
<i>DI</i>	Diversity Index
<i>BPN</i>	Bakteri Penambat Nitrogen
<i>BPF</i>	Bakteri Pelarut Phospat
<i>EC</i>	Enzim Katalase
<i>UFC</i>	UNITE Fungal Classifier
<i>16S</i>	Sub Unit Kecil Ribon prokariotik
<i>GEN</i>	Unit pewarisan sifat bagi organisme hidup
trimming	Pemotongan sekuens
<i>Genom</i>	Keseluruhan informasi genetik yang dimiliki suatu sel atau organisme
Primer	Sekuens DNA yang komplemen terhadap sekuens yang akan diamplifikasi, terutama dalam reaksi berantai polimerase. Batasannya, primer ini akan menempel pada kedua ujung sekuens DNA yang ingin diamplifikasi dengan arah yang berkebalikan
<i>NaCl</i>	Natrium Chloride
<i>Forward- reverse</i>	Genetika arah-balik atau lebih dikenal sebagai reverse genetics, adalah suatu pendekatan metodologis dalam genetika yang lebih menekankan pada kajian pengaruh suatu gen atau perubahannya terhadap ekspresi genetik yang terjadi
cmol/kg^{-1}	Centimole per kilogram

<i>ppm</i>	parts per million
<i>genus</i>	Salah satu bentuk pengelompokan dalam klasifikasi makhluk hidup yang secara hierarki tingkatnya di atas spesies
°C	Derajat Celsius
famili	Dalam klasifikasi ilmiah adalah suatu takson yang berada antara ordo dan genus , merupakan taksonomi yang di dalamnya terdiri atas beberapa genus yang secara filogenetis terpisah dari famili lainnya.
<i>PDA</i>	Potato Dextrose Agar
Lahan Antropogenik	Lahan antropogenik dapat disebut sebagai bentuk lahan yang terjadi akibat aktivitas manusia
Pertanian Konvensional	sistem pertanian intensif yang menitikberatkan pada salah satu jenis tanaman tertentu dengan memanfaatkan inovasi teknologi dan penggunaan input luar yang tinggi untuk memperoleh output yang lebih tinggi dalam waktu yang relatif singkat
Pertanian Alami	Sistem pertanian yang holistik atau terpadu sehingga menghasilkan dan mengoptimalkan kesehatan dan produktifitas agroekosistem secara alami, yang pada gilirannya mampu menghasilkan pangan dan serat yang berkualitas dan berkelanjutan.
Bioindikator	variable yang dapat digunakan untuk mengevaluasi keadaan atau status dan memungkinkan dilakukannya pengukuran terhadap perubahan-perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu

BAB I

PENDAHULUAN UMUM

A. Latar Belakang

Kualitas fungsi tanah sawah di Indonesia sangat dipengaruhi oleh Indeks pertanaman (IP). Indeks pertanaman dapat menjadi penyebab penurunan kualitas tanah, karena semakin tinggi IP maka intensitas pengelolaan tanah sawah akan semakin tinggi sehingga dapat mengakibatkan hilangnya sumber daya dan fungsi tanah dalam jangka panjang (Setyorini *et al.*, 2010). Peningkatan indeks pertanaman Padi dipicu masih besarnya konsumsi beras nasional. Tingginya tingkat konsumsi beras di Indonesia tidak didukung oleh luas lahan sawah yang ada, dimana Indonesia hanya memiliki persentase luasan sawah terkecil yaitu kurang dari 5 % dari total luas daratannya dan jumlah luasan ini diperkirakan akan terus berkurang dari waktu ke waktu akibat dari alih fungsi lahan (Isa. I, 2020). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), luas panen padi Tahun 2020 hanya mencapai 10,66 juta Ha atau mengalami penurunan sebesar 0,19 persen dibandingkan dengan Tahun 2019 yang sejumlah 10,68 juta Ha atau 20,61 ribu Ha (BPS, 2021).

Di Indonesia luas indeks pertanaman (IP) sawah terus ditingkatkan dan pembukaan sawah baru ditambah untuk memenuhi kebutuhan beras dalam negeri. Peningkatan indeks pertanaman (IP) padi merupakan salah satu upaya yang dilakukan Badan Litbang Pertanian untuk meningkatkan produksi padi (Supriatna 2012). Selain melalui peningkatan IP, upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan beras di suatu wilayah adalah meningkatkan produktivitas padi. Potensi peningkatan IP di setiap wilayah dapat dilakukan melalui optimalisasi lahan, terutama yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya air, iklim, tanah dan unsur hara secara terpadu, serta melalui pola tanam. Produktivitas lahan sawah dapat menurun sebagai akibat dari: (1) pengurusan dan defisit hara karena yang terbawa panen lebih banyak dari hara yang diberikan melalui pemupukan atau

penambahan dari air irigasi; (2) kelebihan pemberian hara tertentu dan kekurangan hara lainnya karena pemupukan yang tidak berimbang, dan (3) penurunan kadar bahan organik tanah. Degradasi tersebut tidak saja mengancam kuantitas (produktivitas) hasil padi, tetapi juga kualitasnya.

¹Peningkatan IP pada tanah sawah yang terus dilakukan dapat menjadi pemicu penurunan produktivitas lahan dan kualitas tanah sawah. Berdasarkan hasil penelitian Badan Litbang Pertanian, diketahui bahwa tingkat kesuburan lahan sawah di Indonesia semakin menurun (LITBANG, 2004). Kebutuhan pupuk untuk tanaman padi sawah dari tahun-ketahun mengalami peningkatan, hal ini mengisyaratkan bahwa terjadi penurunan kualitas tanah sawah. Penggunaan pupuk yang terus meningkat mengindikasikan telah terjadi penurunan fungsi tanah dalam pemenuhan hara bagi tanaman, jika ini terus berlangsung akan menyebabkan marginalisasi lahan yang pada akhirnya akan mengakibatkan lahan terdegradasi baik fisik, kimia dan biologi. Rendahnya bahan organik tanah merupakan salah satu permasalahan utama yang menyebabkan rendahnya produktivitas lahan sawah. Penerapan bahan kimia pertanian di tanah mengubah siklus alamnya dan menyebabkan ketidakseimbangan biologis karena hilangnya mikroorganisme yang penting untuk perkembangan tanaman yang, dengan karakteristiknya yang dimodifikasi, menjadi tergantung pada produk kimia. Menurut *Food and Agriculture Organization Of The United States* (FAO) 46,4% tanah sawah di Asia telah terdegradasi dan mengalami penurunan produktivitas juga kualitasnya dimana 15,1% telah mengalami kemunduran fungsi biologisnya (FAO, 2015; Nour Ahmadi, 2004).

Morfologi tanah sawah berkembang akibat aktivitas antropogenik (teknik irigasi, sistem pengolahan lahan, cara budidaya, dan aplikasi pemupukan), sehingga membentuk sifat fisikokimia, dan karakteristik biologis yang khusus. Ciri khas yang terbentuk adalah Variasi periodik potensial redoks (Eh) dan Variasi pH karena pergantian antara pembasahan dan pengeringan merupakan karakteristik unik lain dari tanah sawah. Selama beberapa tahun terakhir, penelitian pada tanah sawah baru mulai berfokus pada aktivitas mikrobiologi. Sifat geokimia, seperti jumlah dan degradabilitas bahan organik (BO) atau mineral besi, mempengaruhi

¹ *Terpublikasi dalam Book Chapter Sustainability*

aktivitas mikroba tanah. Aktivitas mikroba tanah akan sangat dipengaruhi oleh reaksi tanah (pH), potensial redoks, kompleksasi logam dan reaksi fisikokimia untuk memodulasi adsorpsi/desorpsi dan disolusi/presipitasi unsur-unsur yang bereaksi (Rayers M. lutfi, 2000).

Aspek biologis tanah sangat kompleks dan membutuhkan pemahaman yang lebih baik, karena belum banyaknya informasi tentang jumlah dan keanekaragaman mikroba tanah. khususnya tanah sawah, serta bagaimana tingkat aktivitasnya dalam mempertahankan kualitas tanah dengan tingkat pengelolaan intensif (Liu *et al.*, 2014; Prayitno *et al.*, 2019). Aktivitas biologi tanah merupakan bioindikator yang dapat dijadikan sebagai parameter kualitas tanah atau lahan (Abedon, 2011; Chen *et al.*, 2013). Mikroorganisme tanah dapat memberikan respon, indikasi, peringatan dini, representasi, refleksi, dan informasi kondisi atau perubahan suatu ekosistem (Kennedy and Smith, 1995). Ekosistem tanah sawah sangat berharga karena menyediakan layanan jasa (siklus nutrisi, hubungan air, mineralisasi, pelapukan bahan organik) dimana dapat memberikan efek langsung dan tidak langsung dengan kesehatan manusia (van Bruggen *et al.*, 2019). Kontaminasi kimia pada tanah sawah tidak hanya menurunkan kualitas/jasa tanah tetapi juga berdampak pada kesehatan manusia. Namun demikian, masalah keamanan pangan dan risiko kesehatan yang merugikan menjadikan ini salah satu masalah lingkungan yang paling serius (Richard D. Bardgett, Michael B. Usher, 2005; Schloter *et al.*, 2018).

Mikroorganisme tanah sangat beragam dan kompleks, fungsinya sebagai bioindikator tanah bertanggungjawab atas sebagian besar aktivitas biologis (60-80%) yang terkait dengan proses yang mengatur siklus nutrisi dan dekomposisi residu organik (Bakhshandeh *et al.*, 2019). Namun sejauh ini hanya 0,1% -1,5 % yang dapat dikulturkan, Keterbatasan ini sangat terkait dengan teknik/metode Isolasi, Komposisi media kultur, dan kondisi/lingkungan kultur. (Nannipieri *et al.*, 1990; USDA, 2015). Teknik kultur secara konvensional selama ini belum mampu secara menyeluruh mewakili/mengetahui keanekaragaman mikroba tanah. Teknik kultur mikroba secara konvensional menjadi salah satu kendala untuk mengetahui/identifikasi mikroba tanah lebih jauh. Dengan demikian dibutuhkan metode kultur-independen yang maju untuk mengungkap keragaman mikroba. Melalui teknik penanda molekuler yang terdapat dalam

DNA mikroba yang diperoleh dari sampel tanah (lingkungan tertentu), mampu memberikan informasi secara cepat dan akurat mengenai keragaman dan jumlah mikroorganisme tanah yang sangat besar dan belum tereksplorasi sepenuhnya.

Teknik molekuler dengan pendekatan metagenomik muncul sebagai metode baru yang dapat mempelajari genom kolektif dari anggota komunitas mikroba (tanah, air dan udara) yang tidak dapat dikulturkan dengan teknik standar/konvensional. Perkembangan teknologi molekuler memungkinkan untuk mengidentifikasi mikroba tanah dengan cepat. Penerapan teknologi sekuensing DNA dalam studi mikroba tanah untuk menjawab keterbatasan mikroba tanah yang tidak dapat dikulturkan di laboratorium. Metagenomik prinsipnya dapat mengakses 100% sumber daya genetik suatu lingkungan sedangkan metode konvensional hanya mampu mengakses informasi hanya 1% (Dirk van Elsas 2019), sehingga pendekatan secara metagenomik dapat memberikan informasi yang cepat dan baru tentang keragaman genetik mikroba tanah yang tidak dapat dikulturkan atau dapat dikulturkan di laboratorium.

Sejumlah penelitian metagenomik dari mikroba tanah yang tidak bisa dikulturkan mulai berkembang salah satunya adalah mikroba tanah pada lingkungan tertentu. Hasil penelitian (Yin et al. 2020) menunjukkan bahwa pendekatan metagenomik mampu mengungkapkan perbedaan utama dalam keanekaragaman mikroba yang terkait dengan sistem pengolahan tanah dan pada tingkat yang manajemen yang berbeda. Hasil Penelitian (Finn, Yu, and Penton 2020) bahwa praktek penggunaan lahan tertentu dapat meningkatkan atau menurunkan kualitas tanah terhadap fungsi mikroba tanah. Lebih lanjut dijelaskan oleh (Wang et al. 2020) bahwa praktik pemulsaan secara organik mampu meningkatkan keanekaragaman fungsional mikroba tanah yang terkait dengan siklus karbon dan nitrogen, sementara penggunaan mulsa anorganik dapat mengurangi keragamannya. Hasil penelitian (Sukmawaty et al., 2022) menganalisis kelompok mikroba dominan rizosfer pada tanaman padi pada fase vegetatif dan reproduktif dengan cepat dan akurat

Beberapa dekade belakangan ini sudah sudah mulai berkembang pertanian ramah lingkungan dengan mengembalikan biomassa ke lahan. Salah satunya Desa di Sulawesi Selatan yang hampir delapan tahun terakhir

menerapkan pertanian alami dengan mengembalikan semua biomassa ke lahan adalah Desa Salassae di Kabupaten Bulukumba. Pengembalian biomassa ke lahan di Desa Salassae dilakukan dengan cara langsung dan tidak langsung, secara langsung yaitu dengan membenamkan semua hasil jerami padi ke sawah setelah panen, dan secara tidak langsung dengan membuat kompos jerami padi setelah panen selanjutnya untuk diaplikasikan di lahan. Prinsip pertanian alami yang diterapkan sesuai dengan prinsip yang dicetuskan oleh (Mokita Okada, 1955), yaitu memperbaiki sifat tanah untuk melestarikan keanekaragaman dan keseimbangan biologis, sehingga dapat memperbaiki kualitas pangan untuk peningkatan kualitas hidup.

Tantangan saat ini adalah bagaimana memanipulasi dan mengadopsi teknologi terbaru dalam praktek-praktek pertanian agar dapat mempertahankan keanekaragaman dan kelimpahan mikroorganisme tanah. Manajemen pengolahan tanah dengan kaidah ramah lingkungan, mungkin akan membantu untuk membentuk kelimpahan mikroorganisme tanah lebih beragam sehingga dapat menjadi acuan dalam manajemen pengelolaan lahan yang benar untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan meningkatkan kualitas tanah secara berkelanjutan (Chahal and Van Eerd 2019). Kelimpahan dan jumlah mikroorganisme tanah harus menjadi pertimbangan penting dalam melakukan tindakan manajemen tanah/lahan, Sehingga dapat dijadikan bioindicator untuk mengevaluasi keadaan atau status kualitas fungsi tanah dan memungkinkan dilakukannya pengukuran terhadap perubahan-perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu dengan pendekatan metode yang ada saat ini seperti teknik metagenomik.

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini dilaksanakan dengan judul "Penentuan Kualitas Tanah Sawah Melalui Analisis Keragaman Mikroba Tanah Dengan Menggunakan Teknik Metagenomik" dilaksanakan di Desa Salassae, Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian Latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah hubungan parameter-parameter sifat tanah dengan kualitas tanah sawah dengan penerapan sistem pertanian alami.
2. Bagaimanakah kriteria kualitas tanah sawah berdasarkan fungsi tanah dengan penerapan sistem pertanian alami.
3. Bagaimanakah hubungan kelimpahan dan keragaman mikroba tanah dengan penerapan sistem pertanian alami yang diperoleh dengan pendekatan teknik metagenomik untuk mengetahui kualitas tanah sawah.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis hubungan parameter-parameter sifat tanah yang signifikan dengan kualitas tanah sawah pada penerapan sistem pertanian alami.
2. Menganalisis kualitas tanah sawah berdasarkan fungsi tanah, dengan penerapan sistem pertanian alami.
3. Menganalisis dan mengklasterisasi; kelimpahan dan keragaman mikroba di tanah sawah pada sistem pertanian alami dengan menggunakan pendekatan teknik metagenomik.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hubungan antara parameter-parameter sifat tanah yang signifikan dalam menentukan kualitas tanah dan fungsi tanah sawah.
2. Diperolehnya informasi kelimpahan, keragaman mikroba tanah dengan pendekatan metode metagenomik yang diharapkan akan menjadi informasi untuk melakukan eksplorasi mikroba tanah potensial di tanah sawah untuk dimanfaatkan lebih lanjut.

3. Mengetahui teknik analisis kelimpahan keragaman dan teknologi identifikasi mikroba dengan lebih cepat dengan menggunakan pendekatan metode metagenomik.

E. Kebaruan Penelitian

Dari hasil studi literatur yang dilakukan diperoleh informasi yang berhubungan dengan kualitas tanah sawah. Untuk analisis keragaman dan jumlah mikroba dengan menggunakan teknik metagenomik yang menghubungkannya dengan kualitas tanah sawah belum banyak ditemukan. Berikut adalah gambaran penelitian tentang kualitas tanah sawah (Tabel 1.1)

Adapun kebaruan dari penelitian ini adalah :

1. Diperoleh informasi hubungan parameter-parameter sifat tanah yang signifikan dalam menentukan kualitas tanah dan fungsi tanah tanah sawah dengan penerapan sistem pertanian alami di Desa Salassae.
2. Diperolehnya kelimpahan dan keragaman mikroba tanah pada penerapan sistem pertanian alami dengan pedekatan teknik metagenomik untuk mengetahui kualitas tanah sawah di Desa Salassae.
3. Diperolehnya informasi kelimpahan, keragaman mikroba tanah dengan pendekatan metode metagenomik yang diharapkan akan menjadi informasi untuk melakukan eksplorasi mikroba tanah potensial di tanah sawah untuk dimanfaatkan lebih lanjut untuk berbagai kepentingan khususnya dibidang pertanian.

Tabel 1.1. Penelitian pendukung tentang teknik metagenomik dalam kurun waktu 10 tahun terakhir

NO	Judul Penelitian	Link Publikasi	Peneliti
1	Autotropik, Reduksi CO₂, dan Deklorinas		
	Humin Assists Reductive Acetogenesis in Absence of Other External Electron Donor	International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol 17, Iss 4211, p 4211 (2020) (2020-06-01T00:00:00Z) https://doi.org/10.3390/ijerp171724211	Laskar M., et al (2020)
2	Tanah sawah, Mikroba Autotropik, Perombakan Bahan Organik		
	Metagenomic and 14 C tracing evidence for autotrophic microbial	https://eprints.whiterose.ac.uk/165325/ (2020-08-21)	K Xiao., et al (2020)

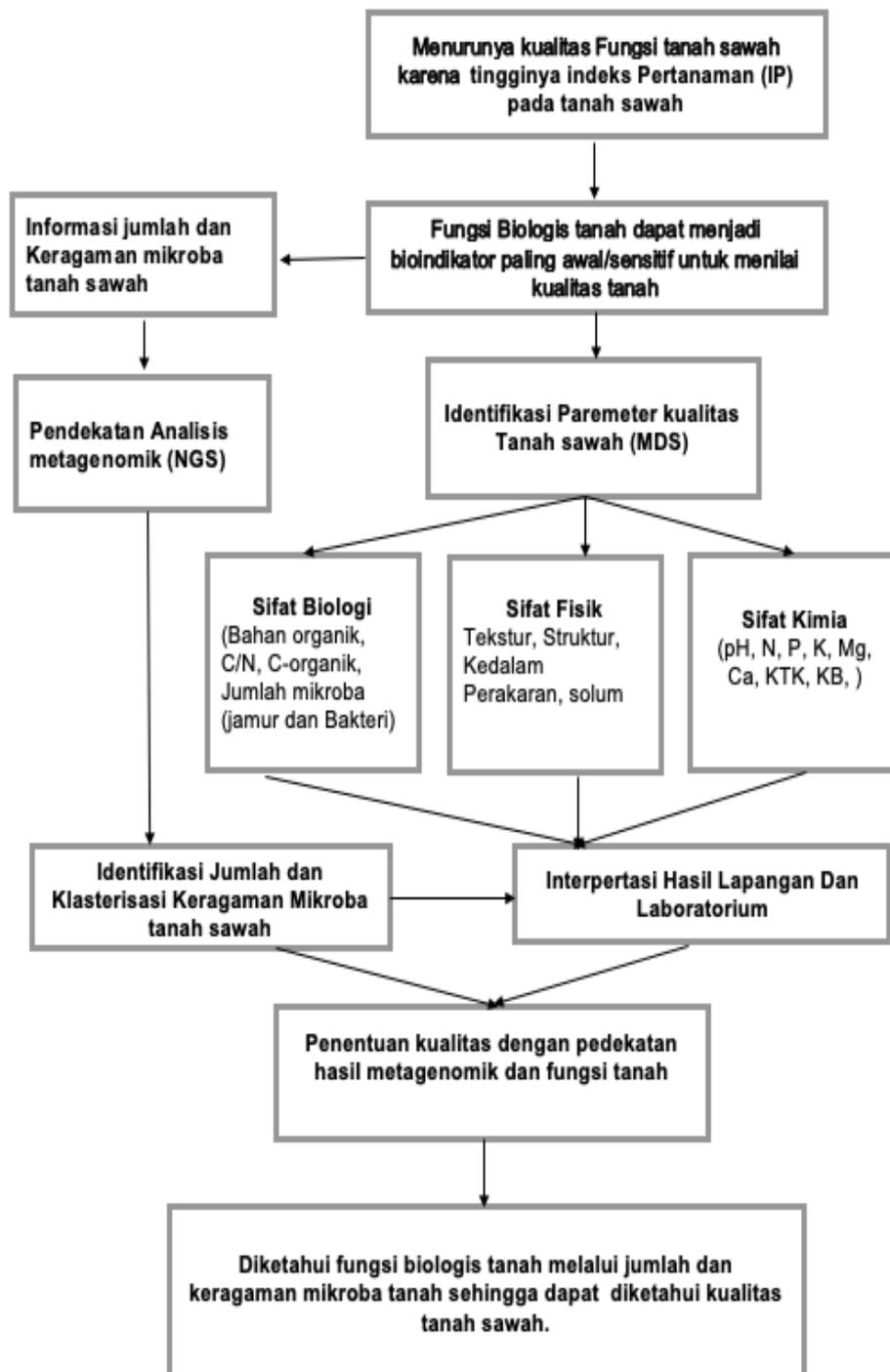
NO	Judul Penelitian	Link Publikasi	Peneliti
	CO2 fixation in paddy soils		
	The chemodiversity of paddy soil dissolved organic matter correlates with microbial community at continental scales.	Microbiome, vol 6, iss 1 (2018-10-19) [link]: https://escholarship.org/uc/item/1jd260dn	Hong-Yi Li, et al (2018)
	Unraveling Microbial Communities Associated with Methylmercury Production in Paddy Soil	http://ir.rcees.ac.cn/handle/311016/41234 - (2018-11-20)	Yu-Rong Liu, et al (2018)
	Bacterial diversity and community composition changes in paddy soils that have different parent materials and fertility levels	Journal of Integrative Agriculture, Vol 20, Iss 10, Pp 2797-2806 (2021) (2021-10-01T00:00:00Z) [doi]: https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63364-0	Xin-ling MA, et al (2021)
	Investigation of rhizospheric microbial communities in wheat, barley and two rice varieties at the seedling stage.	(2018) [link]: https://hdl.handle.net/1887/3202633	T. Lu, M. et al (2018)
	Tanah sawah		
	The Effect of Biofertilizer on The Diversity of N2O Reducing Bacteria in Paddy Fields of Sukabumi, Indonesia	2017-12-01T00:00:00Z) [doi]: https://doi.org/10.15294/bio-saintifika.v9i3.9796	Cahyadi, A.,(2017)
3	Genome Sequence of the Verrucomicrobium Opitutus terrae PB90-1, an Abundant Inhabitant of Rice Paddy Soil Ecosystems	Journal of Bacteriology ; volume 193, issue 9, page 2367-2368 ; ISSN 0021-9193 1098-5530 (2011) [doi]: https://dx.doi.org/10.1128/jb.00228-11	Mark W. J. (2011)

NO	Judul Penelitian	Link Publikasi	Peneliti
	Rhizosphere bacterial community shifts from vegetative to reproductive stage of Indonesia aromatic rice var. Pulut mandoti EMAS	https://www.sciencedirect.com/journal/rhizosphere https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100530	Sukmawaty a, E., et al (2022)
4	Un-culturable Microbial Community Analysis of Paddy Ecosystem at Different Depths using Nifh Gene DGGE Analysis Approach	Indian Journal Of Agricultural Research; Vol 0, No OF (2020) ; 0976 - 058X ; 0367-8245 (2020-09-03) [link]: http://myresearchjournals.com/index.php/IJARE/article/view/18972	C. Daphy., et al (2020)
Kandidat OP3, Keragaman Mikroba lingkungan			
	phylogenetic diversity and metagenomics of candidate division OP3	(2010) [doi]: https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2010.02164.x	Glöckner, J., (2010).
	DNA Virus		
5	Amplification of Uncultured Single-Stranded DNA Viruses from Rice Paddy Soil	Applied and Environmental Microbiology ; volume 74, issue 19, page 5975-5985 ; ISSN 0099-2240 1098-5336 (2008) [doi]: https://dx.doi.org/10.1128/aem.01275-08	Kyoung-Ho Kim, et al (2008)
	Comparative Viral Metagenomics of Environmental Samples from Korea	Genomics & Informatics, Vol 11, Iss 3, Pp 121-128 (2013) (2013-09-01T00:00:00Z) [doi]: https://doi.org/10.5808/GI.2013.11.3.121	Min-Soo Kim, et al (2013)

F. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada permasalahan kurangnya informasi mengenai kualitas tanah sawah berdasarkan indikator sifat biologis tanah, khususnya jumlah dan keragaman mikroba tanah dari segi keragaman genetik dengan teknik metagenomik untuk menentukan kualitas tanah sawah. Adapun tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis hubungan parameter-parameter sifat tanah dengan kualitas tanah sawah melalui fungsi tanah, dimana penilaian fungsi kualitas tanah dengan Indeks Kualitas Tanah dihitung berdasarkan kriteria Mausbach dan Seybold (1998) dengan sedikit modifikasi yang dilakukan oleh peneliti sesuai dengan kebutuhan penelitian. Analisis indeks kualitas tanah dilakukan berdasarkan data lapangan dan data hasil analisis laboratorium terhadap indikator kualitas tanah yang dipilih minimum data set (MDS) .
2. Menganalisis kelimpahan dan keragaman mikroba tanah dengan menggunakan pendekatan metagenomik dengan metode NGS, yang diharapkan akan menjadi informasi untuk melakukan eksplorasi mikroba tanah potensial di tanah sawah untuk dimanfaatkan lebih lanjut untuk berbagai kepentingan khususnya dibidang pertanian.



Gambar 1.1. Kerangka Pikir Penelitian

G. Sistematika Penulisan

Sistematika penelitian dibangun berdasarkan logika penelitian sebagaimana ditunjukkan sebagai berikut:

- Bab I** Menguraikan tentang pendahuluan secara umum yang meliputi latar belakang, masalah, tujuan, manfaat, kebaruan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan. Bab ini juga akan dipublikasi dalam book chapter ***Sustainability***
- Bab II** Menguraikan mengenai artikel yang telah accept pada Jurnal *Agriculture and Forestry*. Artikel membahas tentang Analisis Parameter Sifat Tanah yang Paling Memberikan Pengaruh Untuk Penilaian Kualitas Tanah Sawah. Dalam uraian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas tanah sawah selama delapan tahun periode waktu aplikasi penggunaan kompos.
- Bab III** Menguraikan mengenai artikel yang telah di submit pada *Publish (online)* di jurnal *Agricultural Science Digest*. Indeks Kualitas Tanah Sawah Berdasarkan Fungsi Tanah Dengan Tingkat Aplikasi Pupuk Kompos yang berbeda. Dalam uraian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah mengetahui dampak dari praktek pengelolaan lahan sawah dengan tingkat manajemen kompos pada tahun-tahun yang berbeda
- Bab IV** Menguraikan mengenai artikel yang sebagian datanya telah di publish di 3536| International Journal of Pharmaceutical Research dan sebagian data telah diPublish pada *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 807 (2021)*. Artikel ini membahas Keragaman bakteri potensial tanah sawah pada sistem pertanian konvensional dan sistem pertanian alami pada tanah sawah. Dalam uraian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengklasifikasi dan mengidentifikasi bakteri pada rhizosfer tanaman padi.

Bab V Menguraikan mengenai artikel yang sebagian datanya akan di submit pada *Jurnal Rhizosper* dan *book chapter*. Artikel ini membahas Pendekatan metagenomik untuk mengetahui keanekaragaman mikroba pada tanah sawah dengan sistem manajemen yang berbeda. Dalam uraian ini, tujuan yang ingin dicapai adalah tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah dan keragaman mikroba tanah sawah dengan pendekatan teknik metagenomik.