

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
1.5. Keaslian Penelitian.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.1.1. Bawang Merah .....	6
2.1.2. Penyakit Moler Bawang Merah .....	6
2.1.3. Keragaman Mikrob Tanah.....	9
2.1.4. Analisis Metagenomik .....	11
2.1.5. Potensi Serasah Daun Cemara Udang ( <i>Casuarina equisetifolia</i> ) .....	16
2.1.6. Potensi Serasah Daun Jagung ( <i>Zea mays</i> ).....	17
2.1.7. Mekanisme Penambahan Serasah Daun Mempengaruhi Penekanan Penyakit.....	18
2.2 Landasan Teori .....	21
2.3 Hipotesis.....	22
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2. Alat dan Bahan.....	23
3.3. Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1. Penelitian Rumah Kaca.....	24
3.3.1.1. Persiapan.....	25
3.3.1.2. Penanaman .....	27
3.3.1.3. Inokulasi Patogen .....	28
3.3.1.4. Pengamatan Penyakit Moler .....	28
3.3.1.5. Pengamatan Pertumbuhan Tanaman dan Hasil Produksi .....	30
3.3.1.6. Analisis Metagenomik Komunitas Bakteri Tanah .....	31
3.3.1.6.1. Pengambilan Sampel .....	31
3.3.1.6.2. Ekstraksi dan <i>Quality Control</i> gDNA.....	31
3.3.1.6.3. 16s rRNA <i>Amplicon Metagenomic Sequencing</i> .....	33
3.3.1.6.4. Analisis Metagenomik (Bioinformatika).....	34
3.3.2. Penelitian Lapangan.....	38
3.3.2.1. Persiapan.....	39
3.3.2.2. Penanaman .....	39
3.3.2.3. Pengamatan Penyakit Moler .....	40

3.3.2.4. Pengamatan Hasil Produksi .....	40
3.4. Analisis Data .....	40
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1. Penelitian Rumah Kaca .....	41
4.1.1. Penyakit Moler pada Bawang Merah .....	41
4.1.2. Pertumbuhan Tanaman dan Hasil Produksi Bawang Merah .....	48
4.1.3. Analisis Metagenomik .....	52
4.1.3.1. Komposisi Taksonomi dan Kelimpahan .....	53
4.1.3.2. Keragaman Alfa dan Beta ( <i>Alpha and Beta Diversity</i> ) .....	54
4.1.3.3. <i>Core Microbe</i> dan <i>Differential Abundance</i> .....	58
4.1.3.4. <i>Co-occurrence Network</i> dan <i>Keystone Taxa</i> .....	64
4.2. Penelitian Lapangan .....	72
4.2.1. Penyakit Moler pada Bawang Merah .....	72
4.2.2. Hasil Produksi Bawang Merah .....	76
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>81</b>
5.1. Kesimpulan .....	81
5.2. Saran .....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>83</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>96</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Program PCR dengan primer 16s rRNA untuk <i>quality control</i> (QC) .....	32
Tabel 2. Efektivitas pengelolaan penyakit moler dengan penambahan serasah daun pada penelitian rumah kaca .....	45
Tabel 3. Rerata pH tanah beberapa perlakuan pada penelitian rumah kaca .....	47
Tabel 4. <i>Core microbe</i> pada pertanaman bawang merah beserta perannya .....	59
Tabel 5. <i>Co-occurrence network topology</i> pada beberapa kelompok berbeda .....	65
Tabel 6. Genus bakteri yang ditemukan berperan penting pada kelompok dengan penambahan serasah daun (C & J) .....	70
Tabel 7. Efektivitas pengelolaan penyakit moler dengan penambahan serasah daun pada penelitian lapangan .....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Data insidensi penyakit (A) dan produksi bawang merah (B) pada penelitian sebelumnya. Keterangan: penambahan daun cemara udang (C), daun gamal (G), daun kacang tanah (KT), daun jagung (J), kontrol positif (K+), kontrol negatif (K-), berat basah umbi (BBU), berat kering umbi (BKU), dan jumlah umbi (JU) (Rahmawati, 2024).....	1
Gambar 2. Gejala penyakit moler pada tanaman bawang merah. Panah merah menunjukkan gejala daun menguning, melintir, dan cenderung melengkung (Lestiyani <i>et al.</i> , 2021).....	7
Gambar 3. Hubungan antara tanaman dan komunitas mikrob untuk menjaga keseimbangan ekosistem pertanian (Wang <i>et al.</i> , 2024).....	10
Gambar 4. <i>Workflow</i> umum dalam NGS: ekstraksi DNA, <i>library preparation</i> , pengurutan ( <i>sequencing</i> ) pada sistem, bioinformatika (Hess <i>et al.</i> , 2020).....	11
Gambar 5. Peta wilayah V1-V9 dalam 16s rRNA pada bakteri (Yang <i>et al.</i> , 2016).....	12
Gambar 6. Rancangan percobaan dalam pot pada penelitian rumah kaca.....	25
Gambar 7. Ilustrasi skema alur percobaan dalam pot pada penelitian rumah kaca.....	25
Gambar 8. Ilustrasi skema pengambilan sampel, ekstraksi DNA, dan <i>quality control</i> DNA sebelum sekuensing.....	33
Gambar 9. Ilustrasi skema untuk analisis 16s rRNA <i>amplicon metagenomic sequencing</i> .....	37
Gambar 10. Rancangan percobaan untuk penelitian lapangan. Blok digunakan untuk ulangan dan luas petak pengamatan 3 m <sup>2</sup> .....	38
Gambar 11. Ilustrasi skema alur percobaan pada penelitian lapangan.....	39
Gambar 12. Perkembangan gejala penyakit bawang merah pada penelitian rumah kaca. Moler pada 5 hari setelah inokulasi (hsi) (A), moler pada 6 hsi (B), moler pada 7 hsi (C), busuk umbi pada 21 hsi (D).....	41
Gambar 13. Morfologi jamur hasil isolasi umbi bergejala menggunakan media selektif Komada. A = miselium <i>aerial</i> , B = miselium <i>reverse</i> , C = makrokonidia (ma) dan mikrokonidia (mi).....	42
Gambar 14. Perkembangan insidensi penyakit pada 7 - 56 hst (A) dan rerata insidensi penyakit pada 56 hst (B) pada penelitian rumah kaca. Huruf pada setiap bar mewakili perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT dengan $\alpha = 0.05$ .....	42
Gambar 15. Rerata AUDPC pada 56 hst (A) dan rerata masa inkubasi (B) pada penelitian rumah kaca. dai/hsi: hari setelah inokulasi. Huruf pada setiap bar mewakili perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT dengan $\alpha = 0.05$ .....	44
Gambar 16. Pertumbuhan tanaman bawang merah fase vegetatif pada penelitian rumah kaca, hst: hari setelah tanam.....	48
Gambar 17. Pertumbuhan tinggi tanaman (A), jumlah daun (B), dan jumlah anakan (C) tanaman bawang merah pada penelitian rumah kaca. Huruf pada setiap bar mewakili perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT dengan $\alpha = 0.05$ .....	49
Gambar 18. Produksi jumlah umbi (A), berat segar umbi (B), dan berat kering umbi (C) per tanaman bawang merah pada penelitian rumah kaca. Huruf pada setiap	

bar mewakili perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT dengan $\alpha = 0.05$ .....	50
Gambar 19. Hasil produksi bawang merah penelitian rumah kaca pada 56 hst.....	51
Gambar 20. Kelimpahan relatif dan pemerataan top10 bakteri dalam tingkat genus pada ketiga kelompok berbeda.....	53
Gambar 21. <i>Rarefaction curve</i> berdasarkan kelimpahan komunitas bakteri pada sampel berbeda .....	54
Gambar 22. Diagram venn yang menunjukkan distribusi ASV umum dan spesifik (unik) dari komunitas bakteri pada kelompok berbeda .....	55
Gambar 23. Perbedaan indeks keragaman alfa bakteri berdasarkan indeks <i>Observed-species</i> , <i>Chao1</i> , <i>ACE</i> , <i>Shannon</i> , <i>Simpson</i> , <i>InvSimpson</i> dan <i>Fisher</i> antar kelompok berbeda. *=pada bar mewakili perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT dengan $\alpha = 0.05$ .....	56
Gambar 24. Keragaman beta menggunakan <i>Principal Coordinates Analysis</i> (PCoA) berdasarkan <i>Bray-Curtis</i> antar kelompok berbeda .....	57
Gambar 25. <i>Core microbe</i> pada tingkat genus yang berasosiasi dengan tanaman bawang merah. Ambang deteksi yang digunakan adalah 10% (>0,01) untuk dominansi dan 0,1% untuk kelimpahan relatif.....	58
Gambar 26. Analisis LEfSe kelimpahan taksonomi pada kelompok C & K. Skor LDA +/- tidak memiliki arti apapun (hanya menunjukkan biomarker pada salah satu kelompok).....	61
Gambar 27. Analisis LEfSe kelimpahan taksonomi pada kelompok J & K. Skor LDA +/- tidak memiliki arti apapun (hanya menunjukkan biomarker pada salah satu kelompok).....	62
Gambar 28. Analisis LEfSe kelimpahan taksonomi pada kelompok C & J. Skor LDA +/- tidak memiliki arti apapun (hanya menunjukkan biomarker pada salah satu kelompok).....	63
Gambar 29. <i>Co-occurrence network</i> genus bakteri pada kelompok C & K. Simpul ( <i>nodes</i> ) merupakan genus bakteri dan ukurannya sesuai dengan kelimpahan relatif. Dominansi warna pada <i>nodes</i> menunjukkan dominansi kelimpahan setiap kelompok. Tepi ( <i>edges</i> ) berwarna biru dan merah masing-masing merepresentasikan hubungan positif dan negatif. Tulisan tebal = <i>central taxa</i> , tulisan merah = <i>core microbe</i> , dan tulisan coklat = biomarker .....	66
Gambar 30. <i>Co-occurrence network</i> genus bakteri pada kelompok J & K. Simpul ( <i>nodes</i> ) merupakan genus bakteri dan ukurannya sesuai dengan kelimpahan relatif. Dominansi warna pada <i>nodes</i> menunjukkan dominansi kelimpahan setiap kelompok. Tepi ( <i>edges</i> ) berwarna biru dan merah masing-masing merepresentasikan hubungan positif dan negatif. Tulisan tebal = <i>central taxa</i> , tulisan merah = <i>core microbe</i> , dan tulisan coklat = biomarker .....	67
Gambar 31. <i>Co-occurrence network</i> genus bakteri pada kelompok C & J. Simpul ( <i>nodes</i> ) merupakan genus bakteri dan ukurannya sesuai dengan kelimpahan relatif. Dominansi warna pada <i>nodes</i> menunjukkan dominansi kelimpahan setiap kelompok. Tepi ( <i>edges</i> ) berwarna biru dan merah masing-masing merepresentasikan hubungan positif dan negatif. Tulisan tebal = <i>central taxa</i> , tulisan merah = <i>core microbe</i> , dan tulisan coklat = biomarker .....	69

- Gambar 32. Gejala penyakit moler pada penelitian lapangan. Perlakuan dengan penambahan serasah daun cemara udang saat penanaman (A), serasah daun jagung saat penanaman (B), tanpa penambahan serasah/kontrol (C) ..... 73
- Gambar 33. Morfologi jamur hasil isolasi umbi bergejala menggunakan media selektif Komada. A = miselium *aerial*, B = miselium *reverse*, C = mikrokonidia (mi) ..... 73
- Gambar 34. Perkembangan insidensi penyakit pada 7 - 46 hst (A) dan rerata insidensi penyakit pada 46 hst (B) pada penelitian lapangan. Huruf pada setiap bar mewakili perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT dengan  $\alpha = 0.05$  ..... 74
- Gambar 35. Rerata AUDPC pada 46 hst (A) dan rerata masa inkubasi (B) pada penelitian lapangan. dap/hst: hari setelah tanam. Huruf pada setiap bar mewakili perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT dengan  $\alpha = 0.05$  ..... 75
- Gambar 36. Produksi berat segar tajuk (A), berat kering tajuk (B) per hektar bawang merah pada penelitian lapangan. Huruf pada setiap bar mewakili perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT dengan  $\alpha = 0.05$  ..... 77
- Gambar 37. Produksi berat segar umbi (A), berat kering umbi (B), dan jumlah umbi (C) per hektar bawang merah pada penelitian lapangan. Huruf pada setiap bar mewakili perbedaan yang signifikan berdasarkan uji DMRT dengan  $\alpha = 0.05$  ..... 78
- Gambar 38. Hasil produksi bawang merah penelitian lapangan pada 46 hst ..... 79