

bab i

pendahuluan

1.1 latar belakang

ketahanan pangan merupakan aspek krusial dalam menjamin kelangsungan hidup manusia. target indonesia menjadi lumbung pangan dunia pada tahun 2045 menuntut peningkatan produktivitas sektor pertanian, khususnya komoditas padi sebagai sumber pangan utama nasional. salah satu strategi pemerintah dalam mencapai target tersebut adalah pemanfaatan lahan suboptimal sebagai upaya perluasan lahan pertanian (masganti et al., 2020). namun, lahan suboptimal umumnya memiliki tingkat kesuburan rendah dan keterbatasan ketersediaan hara, sehingga petani sering mengandalkan penggunaan pupuk anorganik dalam dosis tinggi untuk mendukung pertumbuhan tanaman (pratiwa et al., 2021). ketergantungan jangka panjang terhadap pupuk anorganik dapat menurunkan kualitas tanah, mengurangi efisiensi penggunaan hara, serta meningkatkan risiko pencemaran lingkungan.

sektor pertanian di indonesia juga menghadapi tantangan kompleks yang saling berkaitan, meliputi aspek produksi, lingkungan, sosial, dan kebijakan. produktivitas lahan pangan yang stagnan meskipun penggunaan input pertanian seperti pupuk dan benih unggul meningkat (bps, 2023) dan rendahnya adopsi teknologi modern menjadi kendala dalam mewujudkan sistem pertanian yang berdaya saing dan berkelanjutan. selain itu, perubahan iklim turut memperburuk kondisi pertanian melalui peningkatan frekuensi cuaca ekstrem, kekeringan, banjir, dan serangan organisme pengganggu tanaman, yang berimplikasi pada penurunan hasil panen serta degradasi kualitas tanah (diyasti et al., 2021; fathia et al., 2024). kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produksi tidak dapat hanya bergantung pada intensifikasi input, tetapi perlu mempertimbangkan keberlanjutan ekosistem dan efisiensi lingkungan.

pada budidaya padi sawah dengan sistem konvensional, dapat menjadi penyumbang emisi gas rumah kaca (grk), terutama metana (CH_4) dan dinitrogen oksida (N_2O). menurut unep dan wmo (2022), sektor pertanian menyumbang sekitar 8% dari total emisi grk indonesia, dan diperkirakan emisi CH_4 serta N_2O dapat meningkat hingga 60% dan 35–60% pada tahun 2030. gas metana yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik secara anaerobik oleh mikroba metanogen di lahan tergenang memiliki potensi pemanasan global 28 kali lebih besar dibanding karbon dioksida (kumar et al., 2021). oleh karena itu, diperlukan solusi perbaikan pola tanam yang tidak hanya berorientasi pada produksi namun juga mempertimbangkan pertanian berkelanjutan.

teknik budidaya mina padi merupakan salah satu upaya dalam mengatasi keterbatasan lahan pertanian yang kian menyusut. minapadi merupakan sistem integrasi antara budidaya ikan dan tanaman padi di lahan sawah (zhao, 2021). sistem mina padi dapat meningkatkan penghasilan dan hasil panen petani jika dibandingkan dengan metode konvensional secara umum, ikan dapat mengonsumsi vegetasi sisa-sisa tanaman padi yang telah membusuk dan dapat mengurangi emisi gas metana. melalui gerakannya, ikan dapat meningkatkan aerasi tanah di sekitar tanaman padi

sehingga meningkatkan kandungan oksigen dalam tanah dan memperbaiki permeabilitas tanah (ahmadian et al, 2021).

tanah sawah yang tergenang merupakan kondisi ideal bagi terbentuknya CH_4 gas metana yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik secara anaerobik oleh mikroba metanogen (abduh et al., 2019). pada ekosistem sawah tadah hujan, dinamika emisi gas metana sangat dipengaruhi oleh kondisi kimia dan ketersediaan bahan organik dalam tanah, ketersediaan C-organik yang cukup tinggi menjadi sumber energi bagi mikroorganisme metanogen, sehingga meningkatkan potensi pembentukan metana ketika tanah berada dalam kondisi tergenang setelah curah hujan (yuan, 2019). selain itu, pH tanah turut menentukan aktivitas metanogen, di mana pH mendekati netral (6,5–7,5) umumnya meningkatkan efisiensi proses metanogenesis (zheng, 2024). pada tanah sawah tadah hujan yang sering mengalami pencucian unsur hara dan fluktuasi keasaman akibat perubahan kelembapan, kondisi pH yang terlalu rendah dapat menekan produksi metana, sedangkan pH mendekati netral mendukung terbentuknya CH_4 secara optimal.

berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai studi emisi gas rumah kaca dan kerapatan bakteri metanotrof pada lahan minapadi untuk mendukung peningkatan produktivitas padi sekaligus menurunkan emisi grk sehingga dapat mencapai pertanian yang berkelanjutan.

1.2 tujuan penelitian

tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kerapatan bakteri metanotrof dalam menurunkan emisi gas rumah kaca pada sistem minapadi.

bab ii

metodologi

2.1 tempat dan waktu

penelitian ini dilaksanakan di lahan sawah politeknik pembangunan pertanian gowa, jl malino no.km 7. romang lompoe, kecamatan bontomarannu, kabupaten gowa, sulawesi selatan, laboratorium mikrobiologi tanah fakultas pertanian universitas hasanuddin. waktu penelitian dilakukan pada bulan maret - juli 2025

2.2 alat dan bahan

alat yang digunakan dalam pengambilan sampel tanah yaitu cangkul, spidol, kantong plastik, plastik cetik, plastik gula, lakban bening dan kamera. alat yang digunakan dalam isolasi bakteri di laboratorium yaitu elenmeyer, cawan petri *onemed*, gelas *beaker*, sendok spatula, timbangan elektrik *onemed*, *hot plate stirrer*, *autoclave incubator*, tabung reaksi, batang spreader segitiga, bunsen, pemantik api, *vortex*, pipette tips 1000 ul warna biru, *mikropipete eppendorf onemed* 1000ul, spoit, *mikropipete eppendorf* 100ul, rak tabung reaksi, dan *laminar air flow*. alat yang digunakan dalam pengukuran gemisi adalah sungkup gas n_2o berukuran 40 x 20 x 30 cm, sungkup gas ch_4 berukuran 40 x 40 x 100 cm.

bahan yang digunakan dalam analisis bakteri di laboratorium adalah sampel tanah sedimen. sedangkan bahan yang akan digunakan dalam mengisolasi bakteri dari sampel tanah adalah menggunakan media spesifik untuk menumbuhkan bakteri metanotrof yaitu media nms (*nitraet mineral salt*). bahan untuk media selektif nms (hanson and hanson.1996) dengan komposisi : 1,0 g mg $so_4.7h_2o$; 1,0 g kno_3 ; 0,717 g $na_2 hpo_4.12 h_2o$; 0,272 g kh_2po_4 ; 0,2 $cacl_2 .6h_2o$; 4,0 g nh_4cl ; 0,5 ml trace element solution dengan komposisi (per 1 liter aquades): 0,5 gr na_2edta ; 0,2 g $feso_4 .7h_2o$; 0,03 g h_3bo_3 ; 0,02 g $cocl_2 .6h_2o$; 0,01 $znso_4 .7h_2o$; 3,0 mg $mn cl_2 .4h_2o$; 3,0 mg $na_2 moo_4$; 2,0 mg $nicl_2 .6h_2o$; 1,0 mg $cacl_2 .2h_2o$. dan agar teknis 20 g. bahan-bahan lainnya untuk analisis yaitu alumunium foil, plastik *cling wrap* transparan, alkohol 70%, spritus, dan label. bahan yang digunskn pada lahan minapadi adalah benih padi varietas ciherang, pupuk bokashi, selama budidaya pemupukan hanya dilakukan satu kali saja sebanyak 6kg per petak.

2.3 metode penelitian

penelitian ini dilaksanakan dalam bentuk percobaan faktorial 2 faktor (f2f) dengan rancangan acak kelompok (rak) sebagai rancangan lingkungan. percobaan terdiri dari 2 faktor, faktor pertama yaitu jenis ikan (j) terdiri dari 2 taraf yaitu:

j_n= ikan nila

j_m= ikan mas

faktor kedua yaitu dosis pakan (d) terdiri dari 4 taraf yaitu:

d₀= kontrol

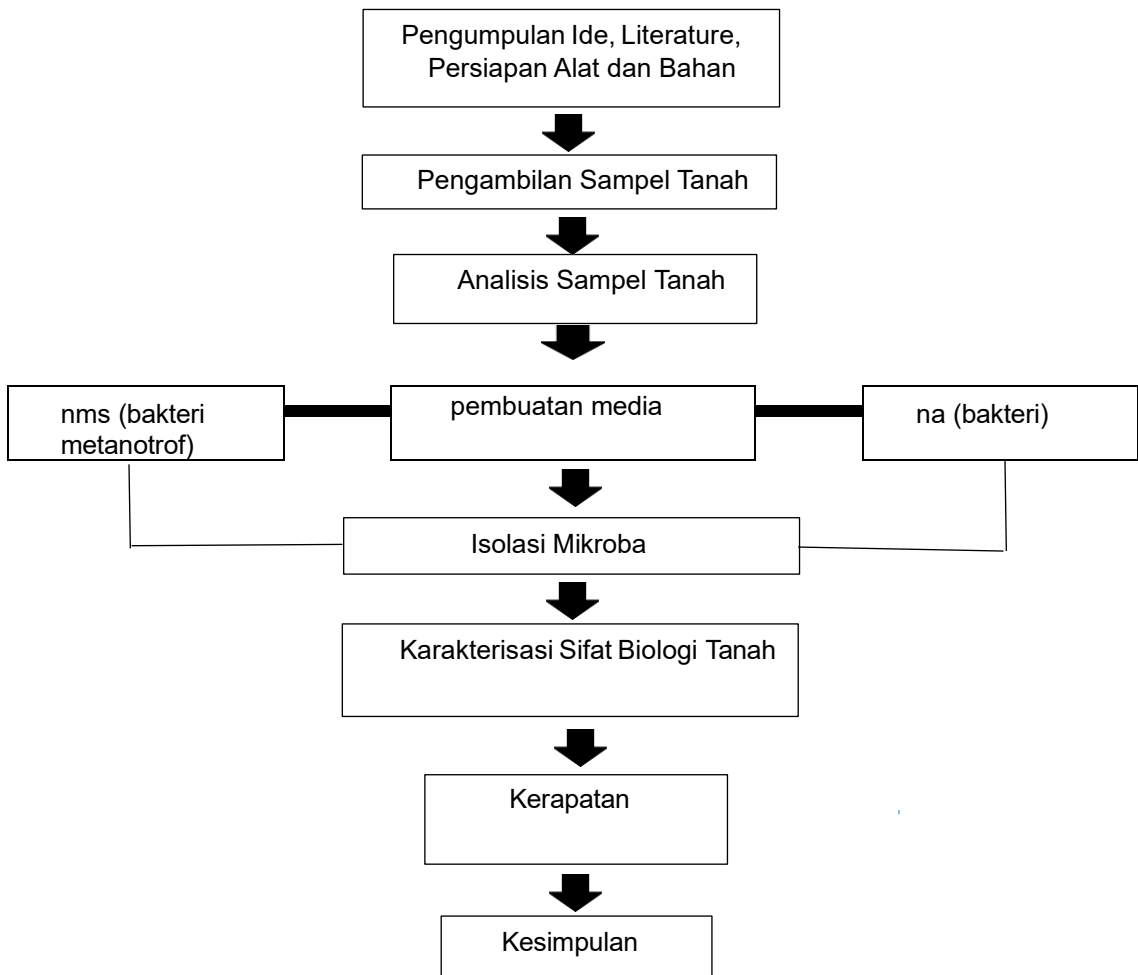
d₁= 3% dari bobol awal atau setara dengan 10,8 g/petak

d₂= 6% dari bobol awal atau setara dengan 21,6 g/petak

d₃= 9 % dari bobol awal atau setara dengan 32,4 g/petak

sehingga terdapat 8 kombinasi perlakuan. setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 24 plot percobaan.

2. 4 kerangka alur penelitian



gambar 1. kerangka alur penelitian

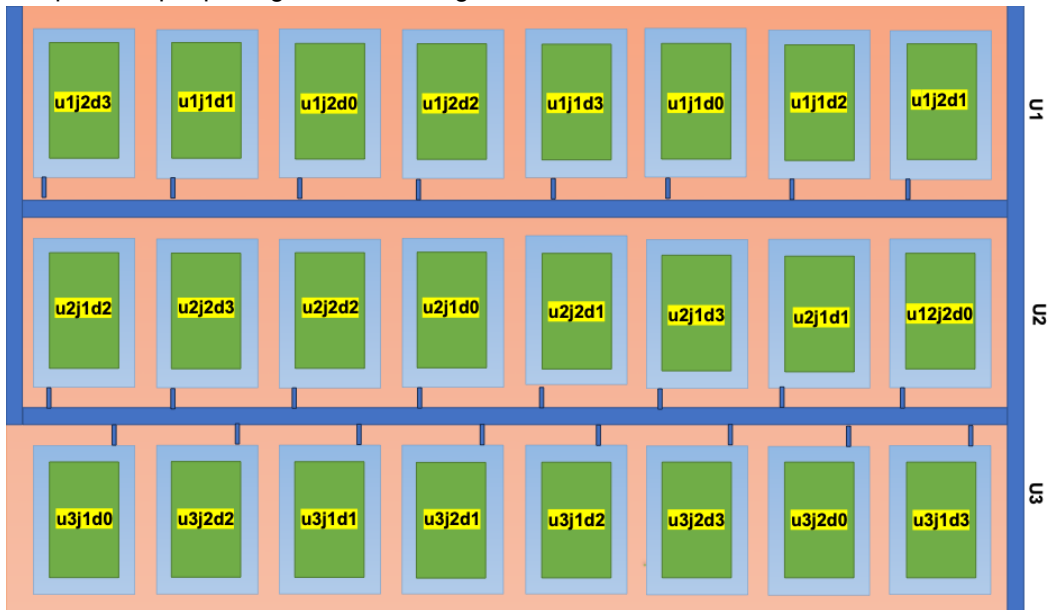
2.5 tahapan penelitian

tahapan penelitian dimulai dengan melakukan pengumpulan referensi yang berkaitan dengan penelitian yang ingin dilakukan dan menyiapkan alat serta bahan yang akan digunakan

2.5.1 pengambilan sampel tanah

pengambilan sampel tanah untuk analisis bakteri metanotrof diambil pada umur 90 hari setelah tanam (hst) dalam ekosistem sawah tergenang, komunitas mikroba metanotrof mengalami suksesi mikroba selama musim tanam. pada fase awal (0–30 hst), komunitas masih dalam tahap adaptasi terhadap kondisi anaerob. namun pada fase akhir (± 90 hst), struktur komunitas cenderung lebih stabil dan telah menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang ada (lee, 2014). pengambilan titik sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* yaitu mengambil sampel tanah berdasarkan perlakuan yang diberikan pada lahan minapadi. sampel tanah diambil dalam bentuk lumpur atau sedimen. sampel diambil diantara perakaran

tanaman padi menggunakan cangkul dengan kedalaman 10 cm. pengambilan sampel tanah sebanyak 1 titik setiap plot percobaan. adapun denah pengambilan sampel terdapat pada gambar 2. sebagai berikut:



gambar 2. denah pengambilan sampel

keterangan:



= saluran air



= parit untuk kolam ikan



= pematang



= tanaman padi

j1 = jenis ikan nila

j2 = jenis ikan mas

d0 = tanpa pakan

d1 = dosis pakan 3%

d2 = dosis pakan 6%

d3 = dosis pakan 9%

2.5.2 analisis sampel tanah

melakukan analisis sampel tanah di laboratorium mikrobiologi tanah. adapun metode yang digunakan yaitu sebagai berikut:

tabel 1 parameter

parameter	metode
kelimpahan / kerapatan mikroba	<i>plate count</i>
identifikasi morfologi koloni	pengamatan makroskopik pada media na dan nms pada cawan petri
pengukuran fluks emisi ch_4	<i>closed chamber</i> ch_4
pengukuran fluks emisi n_2o	<i>closed chamber</i> n_2o
c-organik	walkey and black
ph	ph meter
potensi oksidasi reduksi	water quality tester c-600

2.5.3 pembuatan media

2.5.3.1 pembuatan media nutrient agar (na) *cm0003b oxioid*

nutrient agar ditimbang sebanyak 7 gram, kemudian dimasukkan ke dalam elenmeyer berisi 250 ml akuades kemudian panaskan larutan menggunakan hot plate hingga mendidih. setelah larutan mendidih, angkat elenmeyer kemudian pada bagian bibir elenmeyer ditutup rapat menggunakan aluminium foil dan plastik wrap agar menghindari kontaminasi. selanjutnya, sterilisasi medium menggunakan autoklaf pada suhu 120° selama 15 menit. media yang telah disterilisasi kemudian didinginkan hingga hangat, kemudian dituang ke dalam cawan petri yang telah disterilkan dan siap digunakan untuk isolasi bakteri.

2.5.2.2 pembuatan media *natrium mineral salt* (nms)

pembuatan media nitrate mineral salts (nms) sesuai metode Whittenbury et al. (1970). dimulai dengan melarutkan kno_3 (1,0 g), $mgso_4 \cdot 7h_2o$ (1,0 g), $cacl_2 \cdot 2h_2o$ (0,2 g), kh_2po_4 (0,272 g), dan $na_2hpo_4 \cdot 12h_2o$ (0,717 g) ke dalam sekitar 800 ml akuades. setelah seluruh komponen larut sempurna, ditambahkan 1 ml larutan tse (trace element solution) yang mengandung fe, zn, mn, b, co, cu, ni, dan mo, kemudian ditambahkan agar sebanyak 15–20 g agar sebagai pematat media. volume larutan disesuaikan hingga 1.000 ml dengan akuades, kemudian media dipanaskan hingga agar larut sempurna menggunakan hot plate, setelah larutan mendidih, angkat elenmeyer kemudian ditutup rapat menggunakan aluminium foil dan plastik wrap agar menghindari kontaminasi dan medium disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu $121^{\circ}C$ selama 15 menit. media yang telah disterilisasi didinginkan hingga hangat sebelum dituangkan ke dalam cawan petri steril dan siap digunakan untuk isolasi bakteri metanotrof.

2.5.4 prosedur analisis bakteri

1. sterilisasi bahan dan alat

isolasi bakteri dilakukan dengan keadaan steril dalam *laminar air flow* (laf). laf terlebih dahulu dibersihkan dengan alcohol 70% kemudian disterilisasi bersama dengan bahan dan alat lainnya menggunakan uv selama 20 menit.

2. enumerasi

- pengenceran tanah

isolasi bakteri dari sampel tanah dilakukan dengan cara menimbang terlebih dahulu 1 gr sampel tanah. kemudian dilakukan seri pengenceran bertingkat dari 10^{-1} sampai 10^{-7} . pengenceran pertama atau 10^{-1} dilakukan dengan mengambil 1 gram tanah kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml aquadest steril dan dihomogenkan menggunakan vortex. selanjutnya pengenceran kedua dilakukan dengan mengambil larutan dari tabung reaksi pertama sebanyak 1 ml menggunakan micropipette effendorf 1000ul dan dimasukkan kedalam tabung reaksi kedua yang berisi 9 ml aquades dan dihomogenkan menggunakan vortex yang disebut pengenceran ke 10^{-2} . kemudian pengenceran ketiga dilakukan dengan mengambil larutan dari tabung reaksi kedua (pengenceran ke 2) sebanyak 1 ml dan dimasukkan kedalam tabung reaksi ketiga dan dihomogenkan menggunakan vortex yang disebut pengenceran ke 10^{-3} . hal yang sama dilakukan sampai pengenceran 10^{-6} (tabung reaksi ke enam). penanaman isolat pada media dilakukan dengan mengambil larutan dari empat pengenceran terpilih yaitu dari 10^{-4} sampai pengenceran 10^{-8} . penanaman dilakukan dengan mengambil 1 ml larutan menggunakan *micropipette effendorf* 100ul kemudian ditambahkan media na dengan metode cawan tuang. inkubasi berlangsung 2-3 hari.

- bakteri metanotrof

isolasi bakteri metanotrof dari sampel tanah dilakukan dengan cara menimbang terlebih dahulu 1gr sampel tanah. kemudian dilakukan seri pengenceran bertingkat dari 10^{-1} sampai 10^{-8} . pengenceran pertama atau 10^{-1} dilakukan dengan mengambil 1 gram tanah kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml aquadest steril dan dihomogenkan menggunakan vortex. selanjutnya pengenceran kedua dilakukan dengan mengambil larutan dari tabung reaksi pertama sebanyak 1 ml menggunakan *micropipette effendorf onemed* 1000ul dan dimasukkan kedalam tabung reaksi kedua dan dihomogenkan menggunakan vortex yang disebut pengenceran ke 10^{-2} . hal yang sama dilakukan sampai pengenceran 10^{-6} (tabung reaksi ke enam). selanjutnya setiap sampel ditumbuhkan pada media selektif nms (hanson and hanson.1996) yang telah dibuat dan disterilisasi sebelumnya. penanaman isolat pada media dilakukan dengan mengambil larutan dari empat pengenceran terpilih yaitu dari 10^{-4} sampai pengenceran 10^{-8} . penanaman dilakukan dengan mengambil 1 ml larutan menggunakan *micropipette effendorf* 100ul dan lalu ditambahkan media nms menggunakan metode cawan tuang lalu diinkubasi selama 5-10 hari pada suhu 30°C

3. perhitungan koloni

bakteri yang dihitung hanya dari cawan yang petri yang mempunyai 20-200 koloni

rumus perhitungan populasi (husen *et al.*, 2022);

$$\text{total populasi (cfu)/g tanah} = \text{jumlah koloni} \times \text{fp}$$

ket:

fp = factor pengenceran pada cawan petri yang koloninya dihitung

cfu = *colony forming unit*

2.5.5 prosedur pengukuran emisi gas rumah kaca (ch₄ dan n₂o)

pengukuran emisi gas rumah kaca dilakukan secara in situ di lahan minapadi menggunakan *automated closed chamber system* yang memanfaatkan sungkup tertutup otomatis yang dikembangkan dari metode closed chamber standar iaea (1993). pengukuran emisi dengan metode sungkup dilakukan pada 90 hst tanaman padi, pengambilan contoh gas dilakukan di 24 titik sampling untuk ch₄ berukuran 40 cm x 40 cm x 100 cm, dan untuk n₂o berukuran 40 cm x 20 cm x 30 cm. pengamatan emisi grk pada setiap petakan pada interval waktu setiap 5, 10, 15, dan 20 menit yang dilengkapi sensor gas in situ, sehingga konsentrasi gas diukur secara langsung tanpa pengambilan sampel gas secara manual. perubahan konsentrasi gas di dalam sungkup dicatat secara kontinu dan digunakan untuk menghitung fluks emisi.

fluks grk dihitung menggunakan rumus dari (khalil *et al.*, 1991); iaea, 1992):

$$F = \frac{dc}{dt} \times \frac{V_{ch}}{A_{ch}} \frac{mW}{mV} \frac{273,2}{273,2 + T} \dots \dots (1)$$

keterangan: f = fluks gas ch₄ (mg/ m/ jam ⁻¹) atau n₂o (µg /m/ jam ⁻¹), dc/dt = perbedaan konsentrasi ch₄ atau n₂o per waktu (ppm menit ⁻¹), v tab = volume tetapan volume molekul gas (22,411), t = suhu rata – rata selama pengambilan sampel (°c), 273, 2 = tetapan suhu kelvin

