

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.)

Bunga marigold (*Tagetes erecta* L.) merupakan tanaman hias berbunga majemuk yang termasuk ke dalam famili Asteraceae atau suku kenikir-kenikiran dengan genus *Tagetes*. Menurut Singh *et al.* (2020) bahwa klasifikasi marigold dalam ilmu taksonomi adalah sebagaimana berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Asterales
Famili	: Asteraceae
Genus	: <i>Tagetes</i>
Spesies	: <i>Tagetes erecta</i> L.

Beberapa nama lokal bunga marigold misalnya di Pulau Jawa, masyarakat banyak menyebut marigold dengan sebutan kenikir dan sebutan khas Pulau Bali yaitu gemitir atau gunitir. Nama lokal lainnya seperti randa kencana atau ades. Bunga marigold di Pulau Bali atau bahkan India dengan sebutan *genda phool* banyak digunakan pada upacara keagamaan umat Hindu maupun kegiatan-kegiatan perayaan dan sejarah (Sianipar, 2021).

Tanaman marigold merupakan herba semusim (*annual plant*) dengan tinggi mencapai 0,5 m sampai 1,5 m dari permukaan tanah dan memiliki perakaran tunggang serta termasuk kelas dikotil. Batang marigold berwarna putih kehijauan bila pucuknya masih muda dan menjadi hijau secara keseluruhan bila telah mencapai dewasa dengan tipe pertumbuhan tegak dan bercabang-cabang. Batang dan daun marigold ditumbuhi oleh bulu-bulu halus dengan warna daun hijau tua, berbentuk lanset, tepi daun beringgit atau bergelombang dengan ujung meruncing. Panjang daun berkisar antara 5 cm sampai 10 cm dan merupakan daun majemuk (Gupta dan Neeru, 2012; Singh *et al.*, 2020; dan Kurniati, 2021). Marigold juga

biasanya dijumpai memiliki kemiripan morfologi dengan beberapa jenis bunga dari famili Asteraceae seperti bunga kenikir lokal dan kosmos. Jenis-jenis bunga famili Asteraceae misalnya bunga marigold varietas Maharani F1 (Gambar 1a), bunga kenikir lokal (Gambar 1b), dan bunga kenikir kosmos (Gambar 1c) yang ketiganya termasuk ke dalam kelompok tanaman semusim (*annual plant*). Kurniati (2021) menjelaskan bahwa kenikir lokal berbau kurang enak dibandingkan dengan kenikir kosmos yang memiliki bau harum dan dapat dikonsumsi sebagai sayuran. Meskipun demikian, kenikir lokal memiliki potensi dalam mendukung pengembangan pertanian.



Gambar 1. Jenis-jenis bunga famili Asteraceae

(Sumber: Dokumentasi primer dan www.gardenia.net)

Keterangan: (a) Bunga kenikir marigold varietas Maharani F1; (b) Bunga kenikir lokal; dan (c) Bunga kenikir kosmos (*Cosmos sulphureus* Cav.)

Marigold memiliki bunga dengan warna cerah yaitu putih, kuning, oranye, kuning keemasan, atau berwarna ganda yang dipengaruhi oleh pigmen karotenoid dengan penampakan bunga mirip pompon atau bulat dan banyak. Diameter bunga berkisar antara 7 cm sampai 10 cm, berupa bonggol, tunggal atau terkumpul dalam malai, dengan mahkota bunga tersusun rangkap. Bunga marigold juga memiliki aroma yang menyengat sehingga berpotensi digunakan sebagai tanaman repelen dalam konsep pengendalian hama terpadu (PHT) (Kurniati, 2021).

Eksistensi bunga marigold (*Tagetes erecta* L.) di Indonesia adalah sebagai spesies introduksi asli Meksiko atau wilayah bagian Amerika Selatan dan Amerika Tengah yang tumbuh baik di daerah tropis dan sub tropis. Marigold bahkan mampu beradaptasi dalam kondisi kekeringan serta memiliki periode berbunga lebih

pendek dari pertengahan musim panas ke musim dingin (Gupta dan Neeru, 2012 dan Singh *et al.*, 2020).

Di Indonesia terdapat beberapa jenis varietas yang banyak dibudidayakan oleh petani florikultur dengan beberapa pertimbangan dalam segi produksi misalnya jumlah bunga per hektar dan umur berbunga. Varietas-varietas tersebut di antaranya varietas maharani, *golden bloom*, *mega orange*, rona, molek kuning, dan *cassanova* (Kurniati, 2021). Salah satu varietas unggul dan banyak digemari bunganya yaitu varietas Maharani dengan tinggi tanaman 60 cm hingga 80 cm pada musim kemarau dan mencapai lebih dari 100 cm saat musim hujan, mahkota bunga padat serta berukuran besar dan berwarna oranye, diameter bunga 6,3 cm sampai 6,8 cm dan umur mulai berbunga pada 45 HST sampai 48 HST (PT. East West Seed Indonesia, 2022 pada Lampiran 5). Rekomendasi waktu untuk budidaya marigold agar mendapatkan hasil yang optimal sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu optimum untuk budidaya dan panen marigold

Musim	Waktu penyemaian	Waktu pindah tanam	Waktu panen
Musim hujan	Juni-Juli	Juli-Agustus	September-Oktober, bahkan sampai Desember
Musim dingin	September-Oktober	Oktober-November	November-Desember
Musim panas	Januari	Februari	Maret-April

Sumber: Singh *et al.*, (2020)

Marigold (*T. erecta* L.) merupakan salah satu tanaman florikultura yang dapat tumbuh sepanjang tahun dengan berbagai kondisi iklim dan berumur genjah sekitar 1 sampai 2 bulan. Bunga ini dapat tumbuh ideal pada kisaran suhu antara 20°C sampai 30°C dengan pertumbuhan bunga akan menjadi buruk bila tumbuh di suhu yang terlalu tinggi (Singh *et al.*, 2020). Tanah yang baik adalah tanah campuran lempung berpasir, kelembaban 40% sampai 70%, pH 6,2 sampai 7,5 dan tidak tolerir pada keadaan tanah masam maupun salin. Tanaman marigold mampu beradaptasi baik mulai dari ketinggian 300 m dpl hingga 800 m dpl dengan intensitas penyinaran matahari penuh dan toleransi naungan sebesar 20% (Kurniati, 2021).

2.1.2 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

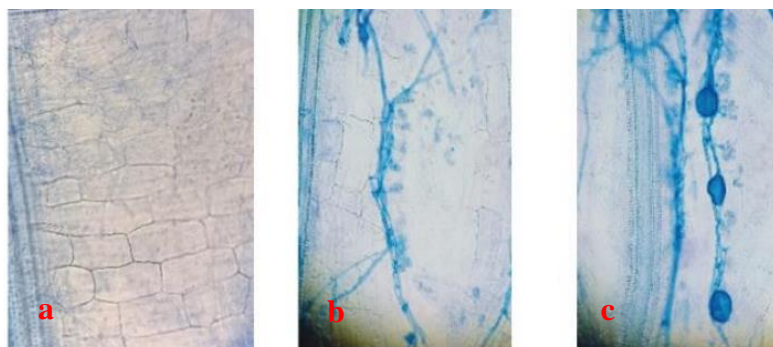
Pengembangan bioteknologi di bidang pertanian meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mengelola lahan pertanian secara berkelanjutan (*sustainable agriculture*) salah satunya melalui penggunaan pupuk hayati mikoriza. Mikoriza berasal dari bahasa Yunani yaitu “*mykes*” (jamur) dan “*rhiza*” (akar) sehingga secara harfiah berarti jamur yang menyelubungi permukaan akar. Bentuk simbiosis mutualistik antara jamur berukuran mikroskopis dengan akar tanaman tingkat tinggi ini memiliki simbiosis tertuanya berumur 600 juta hingga 1 miliar tahun lalu dan disebut sebagai fungi mikoriza arbuskular (FMA) (Nusantara dkk., 2012).

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) berasal dari kelas Glomeromikota dan terdiri atas empat ordo (Glomerales, Diversiporales, Paraglomerales, dan Archaeosporales), 11 famili, dan lebih dari sembilan genus dengan salah satunya yakni genus *Glomales* yang bersifat simbiosis obligat sehingga hanya dapat tumbuh pada akar tanaman inang yang hidup. Sembilan genus FMA di antaranya *Endogone*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Entrophosphora*, *Glomus*, *Sclerocystis*, *Glaziella*, *Modicella*, dan *Complexipes* termasuk dalam famili *Endogonaceae*. Dasar klasifikasi berdasarkan genus dilihat dari cara pembentukan spora dan bagaimana spora tersebut muncul di atas hifa. Sedangkan jenis spesiesnya dibedakan berdasarkan pada ukuran spora, warna, ketebalan dinding, jumlah dan tipe lapisan (Talanca, 2010).

Hubungan simbiosis mikoriza dengan akar tidak mengubah kenampakan morfologi akar, tetapi merubah susunan sel dan jaringan akar. Sebanyak 80% tumbuhan angiospermae menjadi inang bagi fungi mikoriza arbuskular (Rahmawati, Kristanti, dan Anton, 2018). Hanya beberapa saja tumbuhan yang tidak menjadi simbiosis seperti famili Brassicaceae, Commelinaceae, Juncaceae, Proteaceae, Capparaceae, Cyperaceae, Polygonaceae, Resedaceae, Urticaceae, dan Caryophyllales (Muksin, 2017).

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) termasuk ke dalam golongan endotropik mikoriza yang mempunyai karakteristik morfologi dengan struktur FMA tersusun atas hifa eksternal, hifa internal, hifa gelung, arbuskular, dan vesikular yang berupa gelembung-gelembung kecil pada sitoplasma. Hifa tumbuh di antara sel-sel korteks

akar, bercabang, dan tidak bersekat dengan diameter sangat kecil yaitu 2 μm sampai 5 μm sehingga dapat dengan mudah menembus pori-pori tanah berdiameter 10 μm sampai 20 μm yang tidak bisa ditembus oleh akar. Hal ini memungkinkan pengambilan nutrisi dan air saat akar tidak dapat menjangkau lagi (Nusantara dkk., 2012 dan Muis dkk., 2013). Kenampakan struktur perakaran marigold (*Tagetes erecta* L.) dengan atau tanpa terinfeksi mikoriza dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penampang melintang akar *T. erecta* L. terinfeksi mikoriza pada perbesaran mikroskop 400x

(Sumber: Wartanto dkk., 2020)

Keterangan: a) Akar tidak terinfeksi mikoriza, b) Akar terinfeksi mikoriza dan membentuk hifa, dan c) Akar terinfeksi mikoriza, membentuk hifa dan vesikular.

Nusantara dkk. (2012) dalam keputusannya menjelaskan bahwa terdapat empat peran fungsional dari FMA, di antaranya: 1) bioprosesor, bertindak sebagai pompa hidup untuk absorpsi hara dan air dari lokasi yang tidak terjangkau oleh rambut akar (*root hairs*); 2) bioprotektor, mampu melindungi tanaman dari cekaman biotik seperti patogen tular tanah (*soil borne disease*) dan abiotik; 3) bioaktivator, mampu meningkatkan akumulasi karbon di rhizosfer yang meningkatkan aktivitas jasad renik tanah untuk siklus biogeokimia; dan 4) bioagregator, mampu meningkatkan struktur kemantapan tanah.

Arbuskular sebagai hifa yang bercabang-cabang diduga sebagai struktur yang berperan sebagai jalur transportasi hara. Kolonisasi mikoriza pada akar tanaman dapat memperluas bidang serapan akar melalui struktur hifa eksternal. Kemudian miselia FMA akan tumbuh dan menyebar ke luar akar sekitar 9 cm dengan total panjang hifa mencapai 26 sampai 54 m/g tanah (Talanca, 2010). Prinsip kerja mikoriza dikemukakan oleh Sastrahidayat (2011) adalah melalui infeksi sistem

perakaran tanaman inang, kemudian memproduksi jalinan hifa secara intensif yang meningkatkan kapasitas absorpsi hara, ketersediaan air serta kandungan klorofil tanaman.

Tanaman inang terinfeksi FMA juga menghasilkan eksudat akar untuk menekan propagul infeksi patogen seperti cendawan *Phytophthora*, *Phytium*, *Fusarium*, dan *Rhizoctonia* (Khafiz dkk., 2018). FMA juga aktif mensintesis fitohormon seperti auksin, sitokinin, giberelin, dan vitamin yang akan mendorong pertumbuhan lebih maksimal (Muis dkk., 2013; Milla dkk., 2016; Herliana dkk., 2018; dan Nainggolan dkk., 2020).

2.1.3 *Azolla pinnata* R. Br.

a. Klasifikasi

Pemberian bahan organik dengan basis sumber daya lokal seperti azolla dapat berkontribusi terhadap penyediaan hara khususnya nitrogen akibat simbiosisnya yang bersifat *free-living* dengan *Cyanobacteria* membentuk simbion yang disebut *Anabaena azollae*. Dalam ilmu taksonomi, klasifikasi *Azolla pinnata* dan *Anabaena azollae* menurut Sudjana (2014) bahwa sebagaimana berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Pteridophyta
Kelas	: Pteridopsida
Ordo	: Salviniiales
Famili	: Salviniaceae
Spesies	: <i>Azolla pinnata</i> R. Br.

Adapun klasifikasi untuk *Anabaena azollae* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Monera
Filum	: Cyanobacteria
Kelas	: Cyanophyceae
Ordo	: Nostocales
Famili	: Curculionioidea
Genus	: Anabaena
Spesies	: <i>Anabena azollae</i>

b. Morfologi dan fisiologi

Azolla pinnata R. Br. merupakan jenis tanaman ganggang atau paku air ditemukan di alam dengan ukuran relatif kecil dan panjang hanya sekitar 1,5 cm sampai 2,5 cm. Sebagai tanaman, *A. pinnata* R. Br. juga memiliki karakteristik organ seperti tipe perakaran lateral, bentuk akar runcing atau tajam sehingga terlihat seperti rambut atau bulu pada permukaan air. Panjang daun sekitar 1 mm sampai 2 mm dan tergolong kecil dengan posisi daun saling menindih, permukaan atas daun bervariasi mulai hijau, coklat atau kemerah-merahan. Sementara permukaan bawah daun memiliki warna coklat yang transparan. Pengaruh musim dan sinar matahari sangat jelas terhadap produksi antosianin yang menjadikan azolla sering menunjukkan warna kemerah-merahan di akhir musim panas dan musim semi (Sudjana, 2014). Kenampakan fisik *Azolla pinnata* R. Br. yang tumbuh di lingkungan perairan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kenampakan fisik *Azolla pinnata* R. Br.
(Sumber: Dokumentasi primer)

Penggunaan *A. pinnata* di Vietnam sudah dimulai sejak tahun 1930an sebagai pupuk organik untuk menjaga kondisi lingkungan perakaran. Pertumbuhan azolla tergolong cepat hanya membutuhkan waktu 3 sampai 4 hari dengan sifat regenerasi yang berlipat ganda (*doubling time*) dengan kemampuan menambat nitrogen (N) sekitar 0,36 hingga 1,40 mg/g biomassa/jam. Biomassa sepuluh ton azolla segar setara dengan 50 kg urea dengan kebutuhan per hektar sejumlah 20 ton. Penggunaan *Azolla pinnata* dinilai cocok untuk dijadikan sebagai suplai nitrogen alami, adapun cara aplikasinya dapat melalui pembenaman dalam bentuk segar ke dalam tanah, dikomposkan terlebih dahulu

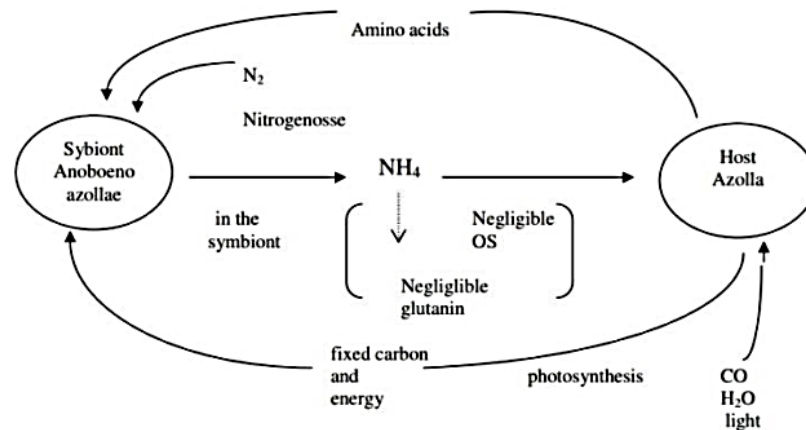
sebagai pupuk organik, atau dikeringkan sebagai pupuk hijau (Setiawati dkk., 2019).

Simbiosis antara *Azolla pinnata* R. Br. dengan endofitik *Cyanobacteria* sering disebut sebagai *free living nitrogen fixing bacteria*, artinya simbiosis tidak terjadi di sistem perakaran melainkan terdapat dalam rongga daun azolla. Rambut-rambut epidermal dalam rongga daun azolla memfasilitasi kegiatan metabolisme dengan *Anabaena azollae* tepatnya pada posisi ventral lobus dorsal setiap daun vegetatif dan masuk melalui ujung titik tumbuh. Beberapa jenis azolla yang tumbuh bebas, di antaranya: *A. filiculoides*, *A. caroliniana*, *A. Mexicana*, *A. microphylla*, *A. pinnata var pinnatan* dan *imbricata*. Jenis azolla yang banyak berkembang di Indonesia adalah spesies *A. pinnata* dan *A. microphylla* (Arifin dan Amik, 2009).

Hampir seluruh simbiosis endofitik *Cyanobacteria* kebutuhan C nya sangat tergantung pada tanaman inang. Di dalam kloroplas sel mesofil azolla terdeteksi imunositokimia dari enzim penting pada jalur reduksi karbon yakni ribulosa-1,5-bifosfat karboksilase/oksigenase (RuBisCo) (Carrapico, 2017). Fiksasi nitrogen terjadi di sel heterosis sebagai sel yang berada di bagian terminal dan terkadang dalam kondisi kritis, sel vegetatif azolla juga ikut berdiferensiasi menjadi heterosis dengan dinding sel yang tebal. Kandungan O₂ di sekitar heterosis harus ditekan serendah mungkin untuk menjaga kestabilan nitrogenase (Sudjana, 2014).

Anabaena memiliki dua macam sel yakni sel vegetatif dan heterosis. Disebut sel heterosis karena berukuran sangat kecil dan tidak akan mampu berkembang sebelum mengkoloni jaringan hidup azolla dan hidup pada sistem intraseluler. Endofitik *Cynaobacteria* menggunakan nitrogenase yang merupakan satu-satunya protein yang mampu mereduksi N₂ atmosfer menjadi bentuk yang dapat diakses secara hayati (*bioaccessible*) (Hoffman *et al.*, 2014). Fiksasi N₂ atmosfer terjadi dengan bantuan enzim nitrogenase dan ATP yang berasal dari peredaran fosforilasi. Selanjutnya N bebas akan dikonversi menjadi senyawa ammonium (NH₄⁺), proses tersebut berlangsung di dalam sel heterosis yang berbentuk oval.

Siklus penambatan nitrogen bebas (N_2) secara biologis oleh *Anabaena azollae* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme nitrifikasi N_2 di udara oleh *Anabaena azollae* (Sumber: Sudjana, 2014)

2.2 Kerangka pemikiran

Pemupukan menjadi unit kritis dan fungsional dari serangkaian aspek budidaya. Tanaman bunga sangat memerlukan unsur nitrogen (N) dalam jumlah banyak untuk meningkatkan pertumbuhan selama fase vegetatif (Adhikari dkk., 2020) sehingga dapat mendukung tanaman pada fase generatif. Unsur N dapat diserap oleh tanaman dalam bentuk ion ammonium (NH_4^+) yang dibentuk dalam proses ammonifikasi ataupun ion nitrat (NO_3^-) yang dibentuk dalam proses nitrifikasi dan bersifat lebih mobil dibandingkan N dalam bentuk kation. Defisiensi N akan menunjukkan gejala pertumbuhan yang abnormal (Ningsih, 2015), batang yang rapuh dan mudah roboh (Putra dkk., 2013).

Efisiensi pemupukan fosfor tergolong sangat rendah dan dijumpai sekitar 95-99% P tidak larut dalam larutan tanah karena terjerap oleh klei, Al dan Fe khususnya bila keadaan tanah masam (Hayman, 1983 dalam Talanca, 2010). Padahal, unsur P termasuk unsur hara esensial sehingga sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk pembentukan sel baru pada jaringan meristematis, memperkuat batang serta pembentukan organ generatif tanaman yaitu bunga, buah dan biji (Rahmawati dkk., 2018). Penggunaan bahan organik dapat membantu pelepasan P terfiksasi, karena hasil dekomposisi berupa asam-asam organik dapat membentuk

ikatan khelasi dan menurunkan kelarutan ion-ion Al dan Fe sehingga ketersediaan P dalam tanah menjadi meningkat (Sari dkk., 2017).

Aplikasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) dan pupuk Azolla berpotensi meningkatkan performa tanaman marigold untuk dapat tumbuh dan memproduksi bunga dengan optimal. Herliana dkk. (2018) menjelaskan bahwa jalur metabolisme pada fisiologis FMA dengan adanya hifa yang bercabang-cabang telah dipelajari mampu menghasilkan jumlah akar tertinggi, meningkatkan persen infeksi, dan jumlah bunga per tangkai tertinggi pada anggrek *Dendrobium* sp. berturut-turut sebesar 20,78, 64,44%, dan 8 kuntum dengan pemberian mikoriza 10 g/tanaman. Aktivitas mikroba dalam tanah dapat mempengaruhi fungsi biokimia dalam tanah seperti pelarutan (solubilitas), fiksasi, mineralisasi, imobilisasi, oksidasi dan reduksi yang juga turut memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah (Sudjana, 2014).

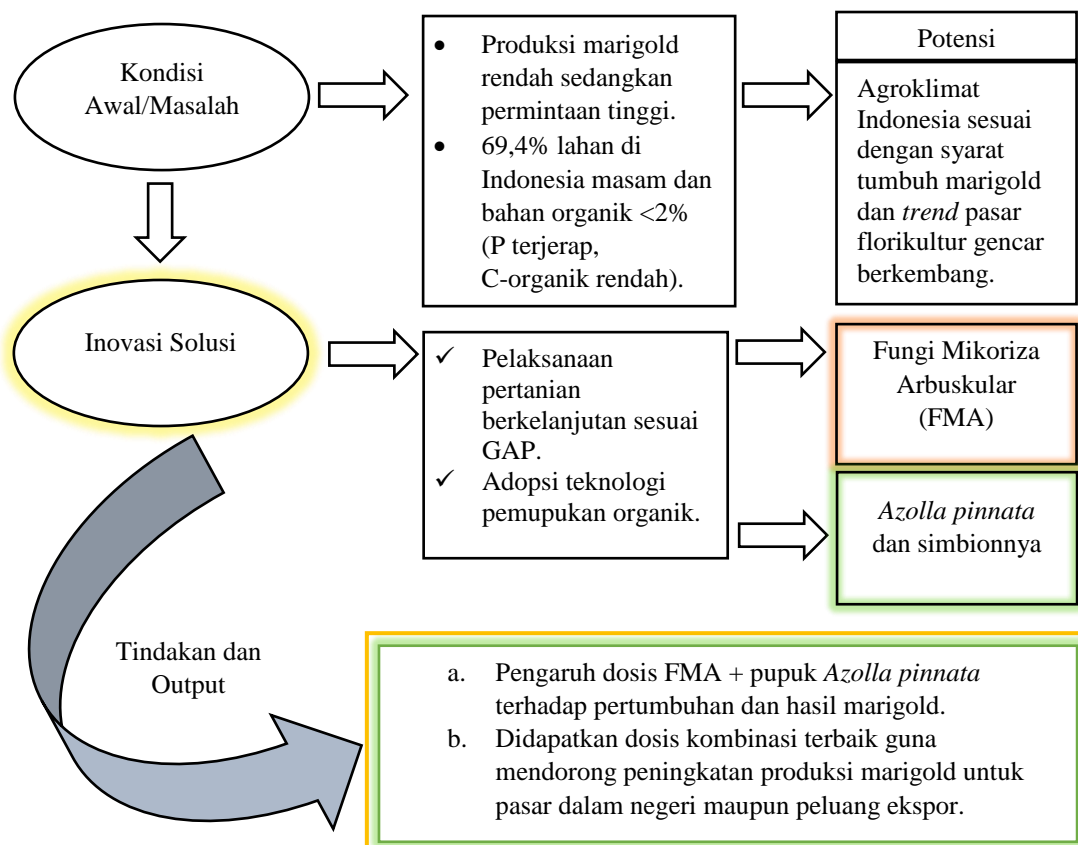
Penggunaan mikoriza dosis 5 g/tanaman di tanah Ultisol pada komoditas hortikultura lainnya seperti kacang panjang telah diteliti dapat menghasilkan pertumbuhan vegetatif dan generatif lebih baik dibanding kontrol (Nainggolan dkk., 2020). Pada tanaman paprika, pemberian mikoriza dua minggu sebelum tanam menghasilkan bobot kering buah pertanaman tertinggi mencapai 223,53 g (Milla dkk., 2016). Suhardjadinata dkk. (2020) melaporkan bahwa dosis mikoriza 10 g/koker semai mampu meningkatkan hasil sebesar 7,09% sampai 7,82% dan efisiensi pupuk NPK anjuran antara 25% sampai 50% pada tanaman tomat.

Azolla pinnata R. Br. disebut sebagai *superorganism* karena simbiosis mutualisnya dengan endofitik *Cyanobacteria* tidak akan hilang apabila inang telah mati, melainkan dapat diteruskan ke generasi azolla berikutnya. Menurut Sudjana (2014) bahwa pupuk Azolla dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N yang umumnya mudah hilang akibat pencucian (*leaching*), aliran permukaan (*run-off*), denitrifikasi dan volatilisasi ammonia. Kemampuan fiksasi N akibat simbiosis ini mencapai 100 hingga 170 kg N/ha/tahun, sehingga dinilai sangat berpotensi sebagai suplai nitrogen alami dalam sistem pertanian berkelanjutan (Setiawati dkk., 2014).

Pengaruh positif aplikasi pupuk Azolla terhadap pertumbuhan tanaman selama fase vegetatif dan generatif juga berhasil diteliti. Komoditas jagung manis menunjukkan hasil terbaik pada dosis kombinasi N 25% + azolla kering dan dosis

N 75% + kompos Azolla terhadap jumlah daun per tanaman, bobot kering per tanaman dan kadar gula jagung (Putra dkk., 2019). Wortel varietas Kuroda dengan aplikasi azolla segar 5 t/ha menghasilkan umbi tertinggi mencapai 34,09 t/ha dibanding perlakuan lainnya (Huda dkk., 2016) dan aplikasi 15 t/ha azolla menghasilkan berat segar selada terbaik sebesar 353 g pada periode penanaman pertama (Mahrupi dkk., 2015).

Pupuk Azolla dan mikoriza pada penggunaan bersama dengan dosis 30 g per tanaman pada komoditas bawang merah menunjukkan hasil yang optimal terhadap tinggi tanaman, bobot umbi segar, bobot umbi kering, dan mampu mereduksi dosis pupuk anorganik N, P, dan K hingga 43% dari dosis anjuran (Begananda dkk., 2019). Hasil penelitian Daniarti dkk. (2017) menyatakan bahwa pemberian *A. pinnata* segar pada 14 sampai 7 hari sebelum tanam menghasilkan jumlah daun paling banyak dan umur berbunga paling cepat pada tanaman kacang. Potensi aplikasi yang sangat baik antara FMA dengan pupuk Azolla (*A. pinnata* R. Br.) perlu diuji pada komoditas lain sehingga pemanfaatannya dapat digunakan secara luas. Diagram alir (*fishbone*) kerangka berpikir dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir kerangka berpikir

2.3 Hipotesis

Hipotesis yang dapat diajukan dalam penelitian ini yaitu, terdapat pengaruh interaksi antara dosis fungi mikoriza arbuskular (FMA) dengan pupuk Azolla (*Azolla pinnata* R. Br.) terhadap pertumbuhan dan hasil bunga marigold (*Tagetes erecta* L.).