

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR, DAN HIPOTESIS

#### 2.1 Tinjauan pustaka

##### 2.1.1 Kedelai edamame (*Glycine max* (L) Merril.)

Kedelai dikenal dengan beberapa nama, yaitu *Glycine soja* atau *soja max*. Pada tahun 1948 telah disepakati bahwa nama botani yang dapat diterima dalam istilah ilmiah yaitu *Glycine max* (L) Merril. Tanaman kedelai sayur (edamame) masih satu spesies dengan kedelai kuning dan kedelai hitam, yaitu *Glycine max* (L) Merril. Budidaya kedelai edamame tidak jauh berbeda dengan budidaya kacang kedelai lainnya. Perbedaannya pada periode panen. Edamame dipanen lebih awal, yaitu ketika polong sudah berisi penuh sehingga tidak memerlukan proses pengeringan brangkasan dan pembijian (Rukmana, 2014). Klasifikasi tanaman kedelai sayur (edamame) sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Polypetales
Famili	: Leguminoceae
Sub famili	: Papilionoideae
Genus	: Glycine
Spesies	: <i>Glycine max</i> (L) Merril. (Pambudi, 2013).

Karakteristik kedelai edamame yang dibudidayakan di Indonesia merupakan tanaman semusim berupa semak rendah, tubuh tegak, berdaun lebat, dengan beragam morfologi. Tinggi tanaman berkisar antara 30 sampai lebih dari 50 cm, dapat bercabang sedikit atau banyak tergantung kultivar lingkungan hidupnya. Kultivar edamame yang pernah dikembangkan di Indonesia seperti Ocumani, Tsurunoko, Tsurumidori, Taiso, dan Ryokkoh. (Rukmana, 2014).



Gambar 1. Kedelai Edamame (*Glycine Max* (L) Merril.)  
Sumber : Pacific Northwest Extension Publication (2018)

Morfologi kedelai edamame adalah sebagai berikut :

#### A. Biji

Biji merupakan salah satu komponen kedelai yang bernilai ekonomis. Bentuk biji kedelai beragam dari lonjong hingga bulat, dan sebagian besar kedelai yang ada di Indonesia ber kriteria lonjong (Adie dan Krisnawati, 2013). Ukuran, warna dan berat benih kedelai edamame bervariasi, yakni mempunyai berat antara 30-56 gram/100 biji, warna kuning hingga hijau, berbentuk bulat hingga bulat telur, dan warna hilum gelap hingga terang, warna bunga varietas Ryokkoh putih, sedangkan varietas edamame lainnya kebanyakan berwarna ungu (Rukmana, 2014). Polong kedelai pertama kali muncul ke permukaan tanah sekitar 10-14 hari setelah bunga mekar. Biasanya satu polong berisi satu hingga tiga biji, namun ada kalanya bervariasi dari satu hingga empat biji.

#### B. Batang

Batang tanaman kedelai berasal dari poros embrio yang terdapat pada biji masak. Hipokotil merupakan bagian terpenting pada poros embrio, yang berbatasan dengan bagian ujung bawah permukaan akar yang menyusun bagian kecil dari dari poros bakal akar hipokotil. Bagian atas poros embrio berakhir pada epikotil yang terdiri dari dua daun sederhana, yaitu primordia daun bertiga pertama dan ujung batang. Sistem perakaran di atas hipokotil berasal dari epikotil dan tunas aksiler. Pola percabangan akar dipengaruhi oleh varietas dan

lingkungan, seperti panjang hari, jarak tanam, dan kesuburan tanah (Adie dan Krisnawati, 2013).

Batang tanaman kedelai edamame berbentuk semak dengan ketinggian antara 30-100 cm, berwarna ungu atau hijau, serta dapat membentuk banyak cabang (Rukmana, 2014). Batang dapat membentuk 3-6 cabang, tetapi apabila jarak antar tanaman rapat, jumlah cabang menjadi berkurang.

### C. Akar

Sistem perakaran pada kedelai terdiri dari sebuah akar tunggang yang terbentuk dari calon akar, sejumlah akar sekunder yang tersusun dalam empat barisan sepanjang akar tunggang, cabang akar sekunder, dan cabang akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Panjang akar tunggang ditentukan oleh berbagai faktor, seperti kekerasan tanah, populasi tanaman, varietas dan sebagainya. Akar tunggang dapat mencapai kedalaman 200 cm, namun pada pertanaman tunggal dapat mencapai 250 cm. Populasi tanaman yang rapat dapat mengganggu pertumbuhan akar. Umumnya sistem perakaran terdiri dari akar lateral yang berkembang 10-15 cm diatas akar tunggang. Dalam berbagai kondisi, sistem perakaran terletak 15 cm diatas tanah yang tetap berfungsi mengabsorpsi dan mendukung kehidupan tanaman (Adie dan Krisnawati, 2013).

Selain berfungsi sebagai tempat bertumpunya tanaman dan alat pengangkut air maupun unsur hara, akar tanaman kedelai juga merupakan tempat terbentuknya bintil-bintil akar. Bintil akar berupa koloni dari bakteri pengikat nitrogen *Rhizobium japonicum* yang bersimbiosis secara mutualisme dengan kedelai. Pada tanah yang telah mengandung bakteri ini, bintil akar mulai terbentuk sekitar 15-20 hari setelah tanam. Bakteri bintil akar dapat mengikat nitrogen langsung dari udara dalam bentuk gas nitrogen yang kemudian dapat digunakan oleh kedelai setelah dioksidasi menjadi nitrat (Pambudi, 2013).

### D. Daun

Daun kedelai bersifat majemuk yang terdiri atas 3 helai anak daun (*trifoliolat*). Daun berbulu pendek, warna daun hijau tua atau hijau muda. Daun

pertama yang keluar dari buku sebelah atas *kotiledon* berupa daun tunggal berbentuk sederhana dan letaknya berseberangan (*unifoliolat*). Daun-daun yang terbentuk kemudian adalah daun-daun *trifoliolat* (daun bertiga) dan seterusnya. (Soewanto, Prasongko dan Soemarno., 2013).

#### E. Bunga

Kedelai merupakan tanaman menyerbuk sendiri yang bersifat kleistogami. Bunga kedelai sayur termasuk bunga kupu-kupu, yang tersusun dalam rangkaian bunga. Setiap rangkaian bunga terdiri atas 3-15 bunga yang terletak pada ruas-ruas batang atau ketiak daun, berwarna putih atau ungu. Setiap bunga mempunyai alat kelamin jantan dan alat betina, sehingga termasuk bunga sempurna (*Hermaphrodite*). Warna bunga kedelai sayur ialah putih atau ungu (Rukmana, 2014).

Pembungaan sangat dipengaruhi oleh lama penyinaran dan suhu. Tanaman kedelai di Indonesia umumnya telah berbunga pada umur 25-40 hari, pada saat tinggi tanaman baru mencapai 40-50 cm. Di wilayah subtropis, yang memiliki panjang hari 14-16 jam pada musim semi-musim panas, tanaman kedelai baru berbunga setelah berumur 50-70 hari, pada saat tinggi tanaman telah mencapai 150-160 hari. Perbedaan iklim tersebut merupakan salah satu penyebab perbedaan produktivitas kedelai di Indonesia dengan di wilayah sub-tropis (Soewanto, Prasongko dan Soemarno., 2013)

Pertumbuhan tanaman edamame pada dasarnya sama dengan kedelai, yakni mulai dari perkecambahan, perkembangan vegetatif pembungaan, pembentukan polong dan pengisian biji, sampai dengan penuaan/pemasakan biji. Edamame menghendaki ketinggian lahan minimal 200 m diatas permukaan laut (dpl), suhu berkisar 26-30°C, dengan penyinaran matahari penuh. Edamame menghendaki tanah yang subur dengan pengairan yang baik dan pH tanah yang netral (Pambudi, 2013).

Syarat tumbuh kedelai edamame adalah sebagai berikut :

#### A. Iklim

Faktor iklim yang sangat memengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai edamame adalah suhu dan kelembapan udara. Tipe iklim dan ketinggian tempat disuatu daerah merupakan salah satu prasyarat penting bagi keberhasilan usaha budidaya tanaman edamame (Rukmana, 2014). Kedelai dapat tumbuh baik ditempat yang berhawa panas, ditempat-tempat terbuka dan bercurah hujan 100-400 mm per bulan. Rata-rata curah hujan tiap tahun yang cocok bagi kedelai adalah 1500 sampai 2500 mm/thn dengan jumlah bulan kering 3-6 bulan dan hari hujan berkisar antara 95-122 hari selama setahun. Oleh karena itu, kedelai kebanyakan ditanam didaerah yang terletak kurang dari 400 m diatas permukaan laut. Pertumbuhan optimum tercapai pada suhu 20-25°C. Oleh karena itu tanaman kedelai akan tumbuh baik jika ditanam didaerah beriklim kering (Pambudi, 2013).

#### B. Tanah

Tanaman kedelai umumnya dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah, seperti Aluvial, Regosol, Grumusol, Latosol, dan Andosol, namun edamame menghendaki tanah berstruktur ringan, sedang sampai setengah berat dengan drainase yang baik dan jaminan kecukupan air (Suwanto, Prasongko dan Soemarno., 2013). Tanaman ini akan tumbuh dan produktif secara optimal pada tanah yang subur, gembur, banyak mengandung bahan organik, aerasi dan drainasenya baik, bertekstur lempung berpasir atau liat berpasir, serta kemasaman tanah (pH) 5,8- 7,0 (Rukmana, 2014).

Aerasi tanah (kandungan oksigen dan karbondioksida didalam tanah) sangat memengaruhi sistem perakaran suatu tanaman. Oksigen merupakan unsur yang penting untuk proses metabolisme. Kebutuhan oksigen pada setiap tanaman berbeda-beda. Pada kedelai kebutuhan oksigen dan pengambilan nitrogen lebih besar pada fase vegetatif dibandingkan fase generatif. (Pambudi, 2013).

### **2.1.2 Pupuk organik**

Pupuk adalah hara tanaman yang umumnya secara alami ada dalam tanah, atmosfer, dan dalam kotoran hewan. Namun demikian, hara yang ada itu tidak selalu tersedia dalam bentuk yang siap digunakan tanaman atau jumlahnya yang kurang mencukupi (Samekto, 2008). Pupuk merupakan kebutuhan utama bagi tanaman. Tanpa pupuk, tanaman tidak bisa tumbuh dengan optimal. Pupuk digolongkan menjadi dua, yaitu pupuk organik dan anorganik. Sisa-sisa atau seresah tanaman, limbah atau kotoran hewan yang dapat diubah di dalam tanah menjadi bahan-bahan organik tanah, disebut pupuk alam atau pupuk organik. (Sutedjo, 2008).

Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian atau seluruhnya terdiri dari bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, bisa berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk memasok hara tanaman, memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Bahan organik adalah sesuatu bahan yang utuh atau sebagian besar berasal dari makhluk hidup baik berupa kotoran, maupun makhluk hidup yang sudah mati. Perombakan bahan organik oleh pengurai (mikroorganisme) akan menghasilkan humus yang kaya akan bahan makanan. Sumber bahan organik dapat berupa pupuk kandang, pupuk hijau, pupuk kompos, sisa tanaman, limbah ternak, limbah industri yang menggunakan bahan pertanian dan limbah perkotaan (Sutriyono, 2017).

Bahan organik terdiri dari senyawa kandungan karbon yang kompleks. Atom-atom karbon tidak seperti unsur lainnya, secara alami dapat membentuk rangkaian panjang. Rangkaian yang panjang ini memberikan kerangka yang diikuti unsur lainnya seperti hidrogen, oksigen, nitrogen, dan belerang untuk membuat susunan yang kompleks. Dari susunan yang kompleks dari atom karbon ternyata merupakan senyawa organik yang penting untuk kehidupan (Nurhidayati, 2017). Senyawa-senyawa organik yang merupakan hasil perombakan bahan organik yang dilakukan jasad renik tanah kenyataannya sangat menunjang terbentuknya agregasi tanah yang terpelihara dengan baik, memungkinkan usaha pertanian akan mencapai keberhasilan yang memuaskan (Sutedjo, 2008).

Tidak hanya berfungsi sebagai sumber makanan, bahan organik juga berfungsi untuk memperbaiki aerasi tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), dan membantu proses nutrisi yang tidak tersedia menjadi tersedia melalui proses fiksasi. Selain itu, peran bahan organik dalam memperbaiki sifat fisik tanah sangat besar. Sifat fisik tanah sangat dipengaruhi antara lain oleh, tekstur tanah, struktur tanah, dan kapasitas menahan air. Ketiga sifat fisik tersebut sangat berpengaruh terhadap tingkat produktivitas tanah dan kesuburan tanah (Sutriyono, 2017). Tidak dapat dipungkiri bahwa pupuk organik mampu meningkatkan produksi pertanian, tetapi juga mempunyai berbagai kekurangan antara lain, pupuk organik bersifat ruah (*bulky*) sehingga diperlukan dalam jumlah yang besar dan kandungan unsur hara makro dan mikronya yang rendah.

Seperti halnya pupuk anorganik, jenis pupuk organik sangat beragam. Salah satu pupuk organik yang dapat digunakan untuk mensuplai unsur hara dalam tanah adalah pupuk organik fermentasi (porasi). Porasi merupakan hasil fermentasi bahan organik yang dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk menyuburkan tanah dan meningkatkan pertumbuhan serta hasil tanaman. Porasi dibuat dengan memfermentasikan bahan organik oleh mikroorganisme efektif sehingga dapat mempercepat dekomposisi bahan organik (Priyadi, 2011). Porasi mengandung hara-hara mineral yang penting bagi tanaman. Porasi merupakan bahan organik yang telah mengalami proses fermentasi oleh mikroorganisme pengurai, sehingga dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Namun bila sisa hasil tanaman tidak dikelola dengan baik, maka akan berdampak negatif bagi lingkungan (Setyorini dkk., 2006). Proses fermentasi berjalan secara aerobik dan anaerobik yang saling menunjang pada kondisi lingkungan tertentu. Secara keseluruhan, proses ini disebut dekomposisi (Yuwono, 2009).

Pada dasarnya tujuan mendekomposisi bahan organik yaitu untuk menurunkan perbandingan (rasio) antara karbohidrat dan nitrogen. Nilai rasio yang diperlukan adalah mendekati atau sama dengan nilai rasio C/N tanah. (Soeryoko, 2011). Tergantung jenis tanamannya, rasio C/N sisa tanaman yang masih segar umumnya tinggi sehingga mendekati rasio C/N tanah. Apabila

bahan organik yang memiliki rasio C/N tinggi tidak difermentasikan terlebih dahulu, maka proses penguraiannya akan terjadi di dalam tanah. (Lingga dan Marsono, 2007).

Akibatnya, CO<sub>2</sub> dalam tanah meningkat sehingga dapat berpengaruh buruk bagi pertumbuhan tanaman. Bahkan, untuk tanah ringan dapat mengakibatkan daya ikatnya terhadap air menjadi kecil serta struktur tanahnya menjadi kasar dan berserat (Lingga dan Marsono, 2007). Pupuk organik yang sudah jadi atau siap digunakan mengandung sebagian besar unsur hara makro dan mikro yang sangat dibutuhkan oleh tanaman, seperti yang dijelaskan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kandungan rata-rata hara pada bahan organik

<b>Komponen</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Kadar Air	41,00 – 43,00
C-Organik	4,83 – 8,00
N	0,10 – 0,51
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,35 – 1,12
K <sub>2</sub> O	0,32 - -0,80
Ca	1,00 – 2,09
Mg	0,10 – 0,19
Fe	0,50 – 0,64
Al	0,50 – 0,92
Mn	0,02 – 0,04

Sumber : Yuwono, 2009

Dalam pemberian pupuk untuk tanaman, ada beberapa hal yang harus diingat, yaitu ada tidaknya pengaruh terhadap perkembangan sifat fisik tanah (fisik, kimia, maupun biologi) yang merugikan serta ada tidaknya gangguan keseimbangan unsur hara dalam tanah yang akan berpengaruh terhadap penyerapan unsur hara tertentu oleh tanaman. Banyak dilaporkan bahwa penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus menjadi tidak efisien dan dapat mengganggu keseimbangan sifat tanah sehingga dapat menurunkan

produktivitas lahan dan mempengaruhi produksi. Oleh karena itu, perlu adanya peningkatan efisiensi penggunaan pupuk yang dikaitkan dengan aspek pendukung kelestarian alam. Penggunaan pupuk organik tidak akan meninggalkan residu pada hasil tanaman sehingga aman bagi kesehatan manusia (Musnawar, 2009).

### 2.1.3 Azolla

Azolla merupakan tanaman paku hidrofit yang mungkin masih belum terlalu dikenal masyarakat luas. Namun sebenarnya, tanaman paku air yang berada di dalam famili Salviniceae ini memiliki beragam manfaat antara lain untuk pakan ternak dan dijadikan pupuk (Effendi dan Ilahi, 2019). Azolla mempunyai beberapa spesies yaitu, *A.caroliniana*, *A.filiculoides*, *A.mexicana*, *A.microphylla*, *A.rubra*, *A.nilotica*, dan *A.pinnata*. Azolla banyak ditemukan tumbuh dilahan sawah, pada ketebalan air sekitar 3 – 5 cm, maupun pada permukaan tanah yang berlumpur (Bakar dkk., 2015). *Azolla microphylla* merupakan salah satu spesies azolla yang mulai banyak dibudidayakan di Indonesia. *Azolla microphylla* jauh lebih toleran terhadap temperatur agak tinggi dibandingkan spesies lainnya, sehingga sangat cocok bila dikembangkan dan dibudidayakan pada iklim tropis seperti di Indonesia (Utama, Firnia dan Nathanael., 2015).

Klasifikasi tanaman Azolla sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Pteridophyta
Kelas	: Pteridopsida
Ordo	: Salvinales
Famili	: Salviniceae
Genus	: Azolla
Spesies	: <i>Azolla</i> sp. (Sudjana, 2014)

Pada kondisi lingkungan yang optimal pertumbuhan azolla dapat mencapai 35% per hari. Kandungan nutrisi azolla cukup memadai, yaitu protein 24-30% dan asam amino lisin 0,42%. Azolla juga memiliki rasio C/N yang

rendah, antara 12 – 18 %, sehingga dalam waktu satu minggu biomassa telah terdekomposisi secara sempurna (Paulus, 2010). Jumlah produksi biomassa *Azolla microphylla* cukup tinggi, yaitu per m<sup>2</sup> bobotnya mencapai 1-2 kg tergantung kesuburan kolam, dengan kandungan protein yang cukup tinggi yaitu berkisar 19-28 % (Sunaryo, 2020).

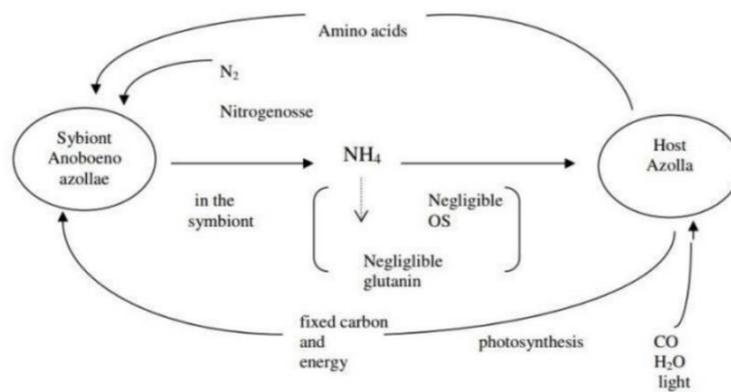


Gambar 2. *Azolla microphylla* Kaulf  
Sumber : <https://steemit.com> (2018)

Secara morfologi, tanaman *azolla* mempunyai tiga bagian penting yaitu akar, rhizoma, dan daun. Ukuran tumbuhan *azolla* relatif kecil, dengan panjang sekitar 2-4 cm berbentuk segitiga atau segiempat. Akar *azolla* bertipe soliter, menggantung di air dan berbulu. Panjang akarnya sekitar 1- 5 cm dengan membentuk kelompok 3 – 6 rambut akar *Azolla* tidak memiliki organ batang, melainkan rhizoma yang terbentuk dari generasi sporofit, daun kecil, membentuk 2 barisan, menyirip bervariasi, duduk melekat dengan cuping yang dorsal (Paulus, 2010). Bentuk daun kecil dengan ukuran panjang 1-2 mm dengan posisi saling menindih. Permukaan daun *azolla* berwarna hijau, coklat atau kemerah-merahan. Ketika tumbuh dibawah sinar matahari penuh, *azolla* dapat memproduksi antosianin kemerah-merahan didalam daunnya (Sudjana, 2014).

Secara fisiologi, tanaman *azolla* bersimbiosis dengan endotifik *Cynobacteria* yang dikenal dengan nama *Anabaena azollae*. Simbiosis tersebut terdapat pada rongga daun *Azolla*. Di dalam rongga daun terdapat rambut-rambut epidermal yang berperan dalam kegiatan metabolisme *azolla* dengan *Anabaena azollae*. *Anabaena* berada pada posisi ventral lobus dorsal setiap daun vegetatif. *Anabaena azollae* akan memfiksasi N<sub>2</sub> udara melalui ATP yang

berasal dari peredaran fosforilasi, dengan enzim ini maka *Anabaena azollae* dapat mengubah nitrogen menjadi ammonia ( $\text{NH}_4^+$ ) yang selanjutnya diangkut ke inang (*Azolla*). Inang menginkorporasikan hasil fiksasi  $\text{N}_2$  menjadi asam amino. Jika pada daun *Azolla* tidak terdapat *Anabaena* maka unsur N yang diserap dari air sawah bersama fosfat tidak bisa diubah menjadi ammonia, sehingga dalam tubuh *Azolla* terjadi penumpukan N. Apabila terjadi akumulasi N dalam tubuh *Azolla* yang melewati batas kemampuan daya tampung N dalam tubuhnya, maka sel-sel tubuh *Azolla* akan mengalami lisis akibat keracunan N, dengan adanya simbiosis antara *Anabaena* dengan *Azolla* sehingga akan menghasilkan *Anabaena azolla* yang mempunyai enzim nitrogenase sehingga mampu mengubah  $\text{N}_2$  dari udara bebas menjadi ammonia (Suarsana, 2011).



Gambar 3. Laju nitrifikasi  $\text{N}_2$  di udara oleh *Anabaena azollae*

Pemanfaatan azolla sebagai pupuk memang sangat memungkinkan. *Azolla* dapat dijadikan pupuk organik dan ramah lingkungan. Porasi *azolla* dapat dikombinasikan dengan pupuk N anorganik sebagai penyedia unsur hara nitrogen pada tanaman. *Azolla* mengandung unsur nitrogen 3-5 % dan kalium 2,00 - 4,50%. Jika ditinjau dari segi kimia, Porasi *azolla* dapat meningkatkan unsur hara makro dan mikro didalam tanah, sedangkan jika ditinjau dari segi biologi, pupuk *azolla* dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah. (Ramadhani, Refnizuida dan Kesuma., 2020).

*Azolla* mempunyai kandungan unsur hara essensial yang lengkap, baik unsur hara makro seperti N, P, K, Ca, Mg, dan S, serta unsur mikro seperti Fe,

Zn, Mn, Co, Na, Cl, dan lain-lain (Paulus, 2010). Oleh karena itu, pemanfaatan azolla sebagai pupuk organik dapat menghemat penggunaan pupuk anorganik, disamping menjaga keseimbangan hara dalam tanah. Azolla dapat difungsikan sebagai pupuk yang dapat memperbaiki keadaan fisik, kimia, serta biologi didalam tanah sehingga sangat bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman (Syafi'i, 2016)

Tabel 2. Kandungan unsur hara pada Azolla

<b>Unsur</b>	<b>Jumlah</b>
N	1,96 – 5,3 %
P	0,16 – 1,59 %
K	0,31 – 5,97 %
Ca	0,45 – 1,70 %
Mg	0,22 – 0,66 %
S	0,22 – 0,66 %
Si	0,16 – 3,35 %
Na	0,16 – 1,31 %
Cl	0,62 – 0,90 %
Al	0,04 – 0,59 %
Fe	0,04 – 0,59 %
Mn	66 – 2944 ppm
Co	0,264 ppm
Zn	26 – 989 ppm

Sumber : Paulus, 2010

Pertumbuhan azolla dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti tanah, ketersediaan unsur hara, derajat keasaman (pH), ketersediaan air, intensitas cahaya, temperatur, kelembaban, angin yang satu sama lain saling berkaitan sebagai syarat keberlangsungan hidupnya. Menurut Syafi'i (2016) ada beberapa faktor lingkungan yang menjadi syarat tumbuh azolla, yaitu :

#### A. Tanah

Tekstur tanah tidak sarang (*porous*) agar kehilangan air yang cukup banyak akibat infiltrasi ataupun perlokasi dapat dihindari. Sedangkan struktur tanah liat lebih baik bagi pertumbuhan azolla dibandingkan tanah berpasir, sebab porositas tanah liat lebih kecil.

#### B. Unsur hara

Pertumbuhan azolla sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, terutama unsur hara makro berupa fosfor (P). tanah yang baik bagi pertumbuhan azolla biasanya mengandung fosfat tinggi, namun kapasitas absorpsi fosfat rendah. Apabila kebutuhan unsur fosfat kurang tercukupi, maka azolla akan tumbuh kecil, warna agak merah sampai merah tua, vigor rendah, dan total nitrogen dalam azolla menjadi rendah.

#### C. Derajat keasaman (pH) tanah dan air

Agar kondisi pertumbuhan azolla berjalan baik, tingkat keasaman tanah yang optimum berkisar 4,5 – 7,0. Tanah dengan pH terlalu rendah dapat menimbulkan keracunan aluminium (Al), besi (Fe), dan defisiensi fosfor pada tanaman azolla, sedangkan pH air optimum berkisar 5,0 – 6,0. Derajat keasaman air tersebut dapat menghasilkan azolla segar dengan laju pertumbuhan yang tinggi.

#### D. Ketersediaan air

Azolla merupakan tumbuhan air yang tumbuh dan berkembang di atas permukaan air. Azolla sangat peka terhadap kekeringan, sehingga habitat yang berair merupakan kebutuhan yang utama. Oleh karena itu, ketersediaan air harus terjamin dan mencukupi selama pertumbuhan azolla. Air yang cukup dapat meningkatkan laju pertumbuhan, total biomassa, dan kandungan nitrogen. Disamping itu, azolla juga menghendaki kualitas air yang baik dan bebas dari pencemaran.

#### E. Intensitas cahaya

Sama halnya dengan tumbuhan hijau lainnya, azolla juga membutuhkan sinar matahari sebagai fotosintesis dan nitrogenase. Intensitas

cahaya matahari dapat mempengaruhi pertumbuhan azolla, sebab apabila cahaya matahari terhalang, pertumbuhan bisa terhambat. Kebutuhan cahaya matahari yang dapat diterima langsung oleh azolla paling sedikit 25-50%, sedangkan intensitas cahaya yang optimum untuk fiksasi  $N_2$  oleh bakteri *Anabaena azollae* sekitar 40-60 klux.

#### F. Temperatur

Salah satu faktor penting bagi pertumbuhan azolla adalah suhu atau temperatur. Temperatur yang optimum berkisar 20-35°C. Dengan adanya azolla, temperatur air cenderung berada pada kondisi lingkungan tumbuh yang baik.

#### G. Kelembaban

Kelembaban optimum bagi pertumbuhan azolla relatif antara 85-90%. Apabila kelembaban dibawah 60% maka dapat menyebabkan daun azolla mengering dan mudah terserang penyakit. Sedangkan apabila kelembaban relatif sangat tinggi dapat mengakibatkan periode terjadinya embun menjadi lebih lama sehingga azolla mudah terserang penyakit.

#### H. Angin

Populasi azolla yang tumbuh diatas air dapat mudah terdorong angin yang keras dan berkumpul di ruang tertentu. Akibatnya azolla menjadi padat, hal ini dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangannya.

## 2.2 Kerangka berpikir

Tanaman *Azolla microphylla* memiliki potensi sebagai bahan pakan ternak khususnya unggas dan ikan, serta dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pupuk organik. Beberapa potensi azolla yaitu memiliki pertumbuhan yang cepat dengan waktu penggandaan hanya 3,7-6 hari tergantung kesuburan kolam sehingga layak dikembangkan sebagai stok bahan hijauan (Effendi dan Ilahi, 2019).

Dalam proses pertumbuhan, tanaman kedelai sangat memerlukan nitrogen dalam jumlah yang cukup. Unsur hara ini digunakan untuk pembentukan asam amino (protein). Kedelai bisa mendapatkan nitrogen bebas dari udara melalui fiksasi oleh *Rhizobium* yang hidup pada bintil-bintil akar

(Septiatin, 2012). Selain dari genus *Rhizobium*, penambahan N didalam tanah juga dapat diperoleh diantaranya melalui fiksasi bebas oleh azofikasi, dari hujan, pupuk buatan, pupuk kandang dan pupuk hijau (Pambudi, 2013).

Faktor lain pemicu rendahnya produksi kedelai yakni kurang tersedianya hara mineral pada tahap awal pertumbuhan khususnya kandungan hara mineral nitrogen. Mengingat pada tahap awal pertumbuhan bintil akar tanaman kedelai belum terbentuk sehingga belum mampu memfiksasi hara nitrogen, oleh sebab itu diperlukan tambahan asupan hara mineral N pada media tanam agar langsung dapat diserap oleh tanaman kedelai untuk digunakan dalam proses pertumbuhan dan perkembangannya (Nazirah, 2019).

Menurut Syamsiah (2018) bahwa disamping dapat menambat nitrogen di udara, azolla memiliki kelebihan yaitu memiliki sifat yang cepat dalam proses berkembang biak. Azolla biasanya ditemukan di sawah, sungai, danau atau kolam. Penggunaan dan pemanfaatan azolla sebagai sumber bahan organik tanah, pada saat ini belum optimal dan belum banyak diketahui oleh masyarakat terutama para petani (Syamsiyah dkk., 2021).

Bahan organik yang layak dijadikan pupuk harus memiliki pertumbuhan dan perkembangbiakan yang cepat, mempunyai kandungan unsur hara nitrogen yang cukup tinggi, cepat dan mudah terdekomposisi, mempunyai perbandingan C/N ratio tanah yaitu 10-12, kemampuan menyerap air yang lebih besar serta tidak mengandung logam berat (Nazirah, 2019).

Menurut Rukmana (2014) bahwa kedelai edamame sangat cocok ditanam pada tanah yang subur, gembur, dan banyak mengandung bahan organik. Menurut Hairiah dkk (2000) bahwa suatu bahan organik akan mudah terdekomposisi jika nisbah C/N nya  $< 20$ . Bahan organik yang memiliki kandungan N  $> 2,5\%$ , kandungan lignin  $< 15\%$  dan polifenol  $< 4\%$  dikatakan berkualitas tinggi (Hamawi, Sebayang dan Tyasmoro 2015).

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No. 01 tahun 2019 menjelaskan bahwa pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair dapat diperkaya dengan bahan

mineral atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah, serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Menurut Priyadi (2011) bahwa Porasi merupakan hasil fermentasi bahan organik yang dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk menyuburkan tanah dan meningkatkan pertumbuhan serta hasil tanaman. Porasi dibuat dari bahan-bahan organik yang segar atau belum matang dengan cara difermentasi oleh mikroorganisme tertentu (Priyadi, 2011).

Hasil penelitian Herviyanti dan Saidi (2000) melaporkan bahwa pemberian azolla 10 ton per hektar dapat menurunkan penggunaan pupuk urea sebesar 50% dan meningkatkan produksi gabah sebesar 4,37 ton per hektar. Menurut Haryanto (2008) pemupukan dengan pupuk buatan yang dikombinasikan dengan azolla dapat meningkatkan produksi padi sekitar 10-30% dibandingkan dengan pemupukan dengan urea pada takaran rekomendasi (Paulus, 2010).

Menurut Nurmawati dkk (2011) menginformasikan bahwa pemberian *Azolla microphylla* sebanyak 1,13 ton / ha memberikan hasil yang baik pada parameter tinggi tanaman padi pada umur 2-6 MST, dan jumlah anakan 2-7 MST (Bakar dkk, 2015). Hasil ini sejalan dengan penelitian Rahmatika (2010) yang menunjukkan bahwa pemberian azolla yang dikombinasikan dengan urea memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman padi (Gunawan, 2014).

Menurut Putra, Soenaryo dan Tyasmoro (2013) bahwa kombinasi pupuk N dan pupuk organik azolla memberikan pengaruh positif terhadap jumlah daun, bobot kering per tanaman, dan kadar gula jagung dibandingkan aplikasi azolla segar (Putra, Soenaryo dan Tyasmoro., 2013)

Menurut Soelaksini, Irawan dan Anni (2022) bahwa pupuk azolla dengan dosis 6 ton/ha mampu meningkatkan produksi tanaman kacang hijau. Pemberian pupuk azolla berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman 7 dan 35 HST, bobot polong basah per plot dengan rata-rata tertinggi 953,3 gram dan berat biji kering kacang hijau plot dengan rata-rata tertinggi 811,67 gram.

Menurut Quridho (2015) bahwa perlakuan pupuk organik azolla dosis 22,22 g/tanaman dan dosis 33,33 g/tanaman memberikan hasil terbaik pada tinggi tanaman kedelai umur 14, 28 dan 42 hst. Karena semakin banyak bahan organik yang diaplikasikan ke dalam tanah, maka unsur hara dalam tanah semakin meningkat dan dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Quridho, 2015).

### **2.3 Hipotesis penelitian**

Berdasarkan uraian diatas, diajukan hipotesis sebagai berikut :

1. Pemberian porasi azolla berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai edamame.
2. Diketahui takaran porasi azolla yang berpengaruh paling baik terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai edamame.