

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Pupuk**

Pupuk merupakan nutrisi bagi tanaman untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Unsur hara yang diperlukan oleh tanaman adalah: C, H, O (ketersediaan di alam melimpah), N, P, K, Ca, Mg, S (hara makro), dan Fe, Mn, Cu, Zn, Cl, Mo, B (hara mikro). Pupuk dapat diberikan lewat tanah, daun, atau diinjeksi ke batang tanaman. Jenis-jenis pupuk adalah bentuk padat maupun cair (Kementrian Pertanian RI, 2015). Berdasarkan atas pembentukannya, pupuk dapat dibedakan menjadi pupuk alam dan pupuk buatan. Pupuk alam adalah pupuk yang langsung didapat dari alam misalnya pupuk organik (pupuk kandang dan kompos) dan sebagainya. Jumlah dan jenis unsur hara dalam pupuk alam terdapat secara alami. Pupuk buatan adalah pupuk yang di buat di pabrik dengan jenis dan kadar unsur hara sengaja ditambahkan ke dalam pupuk tersebut dalam jumlah tertentu. Pupuk anorganik misalnya: Pupuk N (Urea), P (TSP), KCL dan lain-lain (Harjowigeno, 1995). Jika dilihat berdasarkan sumber bahan yang digunakan, pupuk dibedakan menjadi pupuk anorganik dan pupuk organik.

#### **2.2 Pupuk Anorganik Cair**

Pupuk anorganik adalah pupuk yang berasal dari bahan-bahan sintetis atau bukan alami (kimia) yang pada umumnya hanya mengandung unsur tertentu. Terbuat dengan proses fisika, kimia, atau biologis. pada umumnya pupuk anorganik dibuat oleh pabrik. Bahan-bahan dalam pembuatan pupuk anorganik berbeda beda, tergantung kandungan yang diinginkan. Misalnya unsur hara fosfor terbuat dari batu fosfor, unsur hara nitrogen terbuat dari urea. Pupuk anorganik sebagian besar bersifat hidroskopis. Hidroskopis adalah kemampuan menyerap air di udara, sehingga semakin tinggi higroskopis semakin cepat pupuk mencair (Aditia dan Qoidani, 2017). Pupuk makro kimia dibuat sebagai hasil proses rekayasa secara kimia, fisik dan atau biologis, dan merupakan hasil industri pembuat pupuk, yang merupakan sumber hara N, P dan atau K dengan kandungan N,  $P_2O_5$  dan  $K_2O$  masing-masing minimal 10%. Untuk pupuk anorganik majemuk

(*compound*) yang mengandung lebih dari satu unsur hara (NPK, NK, NP, PK) harus mengandung minimal 10% berupa N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, maupun K<sub>2</sub>O bagi masing-masing unsur (Aditia dan Qoidani, 2017). Kandungan hara dalam pupuk anorganik terdiri atas unsur hara makro utama yaitu nitrogen, fosfor, kalium; hara makro sekunder yaitu: sulfur, calsium, magnesium; dan hara mikro yaitu: tembaga, seng, mangan, molibden, boron, dan kobal. Pupuk anorganik dikelompokkan sebagai pupuk hara makro dan pupuk hara mikro baik dalam bentuk padat maupun cair. Berdasarkan jumlah kandungan haranya pupuk anorganik dapat dibedakan sebagai pupuk tunggal dan pupuk majemuk.

### 2.3 Pupuk Organik Cair

Pupuk organik cair merupakan pupuk cair yang berasal dari sisa-sisa tanaman, dan kotoran hewan. Misalnya seperti sisa-sisa sayuran, limbah kulit buah-buahan, limbah ikan, kotoran sapi, urin kambing dan lainnya. Pupuk organik cair umumnya tidak berbahaya bagi tanah dan tanaman, meskipun digunakan secara sering. Manfaat pupuk organik cair, yaitu mengatasi kekurangan unsur hara pada tanaman. Unsur hara makro yang ada di pupuk organik cair sama dengan limbah padat organik yaitu, Nitrogen (N), Phosphor (P) dan Kalium (K) (Nur, T. dkk, 2016).



Sumber : Sulsel litbang pertanian (2022)

**Gambar 2. 2 Pupuk Organik Cair**

Selain itu, pupuk ini juga memiliki bahan pengikat, sehingga larutan pupuk yang diberikan ke permukaan tanah bisa langsung digunakan oleh tanaman.

Pupuk organik cair dalam proses pembuatannya memerlukan waktu yang lebih cepat dari pupuk organik padat (Nur, T. dkk, 2016).

Pupuk organik adalah nama kolektif untuk semua jenis bahan organik asal tanaman dan hewan yang dapat dirombak menjadi hara tersedia bagi tanaman. Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Resti, 2012). Berdasarkan bentuknya, pupuk organik dibagi menjadi dua, yaitu pupuk cair dan pupuk padat. Pupuk cair adalah larutan yang mudah larut berisi satu atau lebih pembawa unsur yang dibutuhkan tanaman. Kelebihan dari pupuk cair yaitu dapat memberikan hara sesuai dengan kebutuhan tanaman (Hadisuwito, 2012).

### 2.3.1 Unsur Hara yang Dibutuhkan Tanaman

Unsur hara tanaman adalah unsur yang diserap oleh tumbuhan. Menurut Hanafiah, unsur kimiawi yang dianggap esensial sebagai unsur hara tanaman adalah jika memenuhi tiga kriteria sebagai berikut:

- a. Unsur ini harus terlibat langsung dalam penyediaan nutrisi yang dibutuhkan tanaman.
- b. Unsur ini tersedia agar tanaman dapat melengkapi siklus hidupnya.
- c. Jika tanaman mengalami defisiensi hanya dapat diperbaiki dengan unsur tersebut. Unsur hara makro esensial jika dibutuhkan dalam jumlah besar, biasanya diatas 500 ppm dan yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, biasanya kurang dari 50 ppm disebut mikro esensial. Yang tergolong ke dalam unsur hara makro antara lain nitrogen, hidrogen, oksigen, fosfor, kalium, belerang, kalsium dan magnesium. Sedangkan unsur hara mikro antara lain boron, besi, mangan, tembaga, seng, molibdenum, dan khlorin. Menurut Sutejo (2002) jumlah besar yang dibutuhkan tanaman unsur hara tanaman dibedakan menjadi unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro terdiri atas:

a. Carbon, Oksigen, dan Hidrogen (C, O, H)

Carbon, Oksigen, dan Hidrogen, merupakan bahan baku dalam pembentukan jaringan tubuh tanaman. Berada dalam bentuk  $H_2O$  (air),  $H_2CO_3$  (asam arang), dan  $CO_2$  dalam udara.

- a. Carbon (C) Penting sebagai pembangun bahan organik, karena sebagian besar bahan kering tanaman terdiri dari bahan organik, diambil dalam bentuk  $CO_2$ .
- b. Oksigen (O) Terdapat dalam bahan organik sebagai atom dan termasuk pembangun bahan organik, diambil dalam bentuk  $CO_2$ .
- c. Hidrogen (H) Merupakan elemen pokok pembangun bahan organik, suplai dari air.

b. Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman yang pada umumnya sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang, dan akar, tetapi kalau terlalu banyak dapat menghambat pembungaan dan pembuahan pada tanamannya.

Fungsi nitrogen bagi tanaman adalah sebagai berikut:

- a. Untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman.
- b. Dapat menyehatkan pertumbuhan daun, daun tanaman lebar dengan warna yang lebih hijau (pada daun muda berwarna kuning).
- c. Meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman.
- d. Meningkatkan kualitas tanaman penghasil daun-daunan.
- e. Meningkatkan berkembangbiaknya mikroorganisme di dalam tanah. Nitrogen diserap oleh akar tanaman dalam bentuk  $NO_3^-$  (nitrat).

$\text{NH}_4^+$  (amonium), akan tetapi nitrat ini segera tereduksi menjadi amonium. Kekurangan unsur Nitrogen dapat terlihat dimulai dari daunnya, warnanya yang hijau agak kekuningan selanjutnya berubah menjadi kuning lengkap. Jaringan daun mati daun mati inilah yang menyebabkan daun selanjutnya menjadi kering dan berwarna merah kecoklatan. Pada tanaman dewasa pertumbuhan yang terhambat ini akan berpengaruh pada pembuahan, yang dalam hal ini perkembangan buah tidak sempurna, umumnya kecil- kecil dan cepat matang. Kandungan unsur N yang rendah dapat menimbulkan daun penuh dengan serat, hal ini dikarenakan menebalnya membran-sel daun sedangkan selnya sendiri berukuran kecil-kecil.

#### c. Fosfor

Fosfor diambil tanaman dalam bentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  , dan  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Secara umum, fungsi dari fosfor (P) dalam tanaman dapat dinyatakan sebagai berikut:

- a. Dapat mempercepat pertumbuhan akar.
- b. Dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa.
- c. Dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji atau gabah.
- d. Dapat meningkatkan produksi biji-bijian.

Fosfor di dalam tanah dapat digolongkan dalam 2 bentuk, yaitu bentuk organik dan bentuk anorganis. Di dalam tanah fungsi P terhadap tanaman adalah sebagai zat pembangun dan terikat dalam senyawa-senyawa organik. Dan sebaliknya hanya sebagian kecil saja yang terdapat dalam bentuk anorganis sebagai ion-ion fosfat. Fungsi fosfat dalam tanaman adalah dapat mempercepat pertumbuhan akar semai, mempercepat pertumbuhan tanaman, meningkatkan produk biji-bijian dan dapat memperkuat tubuh tanaman padi-padian sehingga tidak mudah rebah.

Bagian-bagian tubuh tanaman yang bersangkutan dengan pembiakan generatif, seperti daun-daun bunga, tangkai-tangkai sari, kepala- kepala sari,

butir-butir tepung sari, daun buah seta bakal biji ternyata mengandung P. Jadi, unsur banyak diperlukan untuk pembentukan bunga dan buah. Defisiensi unsur hara ini akan menimbulkan hambatan pada pertumbuhan sistem perakaran, daun, batang, seperti misalnya pada tanaman serelia (padi-padian, rumput-rumputan penghasil biji yang dapat dimakan, jewawut, gandum, jagung), daun-daunnya berwarna hijau tua/keabu-abuan, mengkilap, sering pula terdapat pigmen merah pada daun bagian bawah, selanjutnya mati. Tangkai-tangkai daun kelihatan lancip-lancip. Pembentukan buah jelek, merugikan hasil biji.

#### d. Kalium

Kalium diserap dalam bentuk  $K^+$  (terutama pada tanaman muda). Kalium banyak terdapat pada sel-sel muda atau bagian tanaman yang banyak mengandung protein, inti-inti sel tidak mengandung kalium. Zat kalium mempunyai sifat mudah larut dan hanyut, selain itu mudah difiksasi dalam tanah. Zat Kalium yang tidak diberikan secara cukup, maka efisiensi N dan P akan rendah, dengan demikian maka produksi yang tinggi tidak dapat diharapkan. Kalium berperan membantu:

- a. Pembentukan protein dan karbohidrat.
- b. Mengeraskan jerami dan bagian kayu dari tanaman.
- c. Meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit.
- d. Meningkatkan kualitas biji/buah.

Defisiensi gejala yang terdapat pada daun, pada awalnya tampak agak mengkerut dan kadang-kadang mengkilap, selanjutnya sejak ujung dan tepi daun tampak menguning, warna seperti ini tampak pula diantara tulang- tulang daun, pada akhirnya daun tampak bercak-bercak kotor, berwarna coklat, dan jatuh kemudian mengering dan mati. Gejala yang terdapat pada batang yaitu batangnya lemah dan pendek-pendek, sehingga tanaman tampak kerdil. Gejala yang tampak pada buah, misalnya buah kelapa dan jeruk yaitu buahnya banyak yang berjatuhan sebelum masak, sedang masak buahnya berlangsung lambat. Bagi tanaman yang berumbi yang mengalami defisiensi K hasil umbinya sangat kurang dan kadar hidrat arangnya demikian rendah.

### 2.3.2 Dampak Penggunaan Pupuk Kimia

Pupuk kimia merupakan pupuk yang dibuat di pabrik secara kimia, seperti Urea, Phonska, dan lain lain. Manfaat dari penggunaan pupuk kimia menghasilkan peningkatan produktifitas tanaman yang cukup tinggi. Namun penggunaan pupuk kimia dalam jangka waktu yang relatif lama umumnya berakibat buruk pada kondisi tanah. Tanah menjadi cepat mengeras, kurang mampu menyimpan air dan pH tanah menjadi asam yang pada akhirnya akan menurunkan produktifitas tanaman (Parman, 2007).

Penggunaan pupuk kimia selalu diikuti dengan masalah lingkungan, baik terhadap kesuburan biologis maupun kondisi fisik tanah serta dampak pada konsumen. Pemberian pupuk kimia dapat merangsang pertumbuhan secara keseluruhan khususnya cabang, batang, daun, dan berperan penting dalam pembentukan hijau daun (Lingga, 2008).

Menurut Panji Nugroho (2013), manfaat yang diperoleh dari pupuk organik cair ini adalah sebagai berikut:

1. Menyehatkan lingkungan, yakni daur ulang sampah organik menjadi produk pupuk tidak hanya dapat menyuburkan tanaman tetapi juga turut menyehatkan lingkungan serta tidak meninggalkan residu pada tanaman dan aman untuk dikonsumsi.
2. Revitalisasi produktivitas tanah, yakni berperan sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme tanah dan dapat meningkatkan jumlah mikroorganisme tanah sehingga tanah menjadi gembur (mudah menyerap air).
3. Menekan biaya, yakni pupuk organik lebih murah daripada pupuk anorganik yang akan mengurangi biaya operasional pengolahan lahan dan dapat meningkatkan hasil panen.
4. Meningkatkan kualitas produk, yakni tanaman yang dipupuk dengan menggunakan pupuk organik akan lebih berkualitas

Penggunaan pupuk cair memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut :  
(Erickson, 2013).

1. Penggunaannya lebih mudah jika dibandingkan dengan penggunaan pupuk organik padat.
2. Unsur hara yang terdapat di dalam pupuk cair mudah diserap tanaman.
3. Mengandung mikroorganisme yang jarang terdapat dalam pupuk organik padat.
4. Pencampuran pupuk cair organik dengan pupuk organik padat dapat mengaktifkan unsur hara yang ada dalam pupuk organik padat tersebut.



Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Cair Berdasarkan Peraturan Pertanian (Peraturan Menteri Pertanian No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019).

**Tabel 1. Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Cair Organik**

No.	Parameter	Satuan	Standar Mutu
1.	C – Organik	% (w/v)	Minimum 10
	<b>Hara makro :</b>		
2.	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	% (w/v)	2 – 6
3.	N – Organik	% (w/v)	Minimum 0,5
	<b>Hara mikro**</b>		
	Fe total	ppm	90 – 900
	Mn total	ppm	25 – 500
4.	Cu total	ppm	25 – 500
	Zn total	ppm	25 – 500
	B total	ppm	12 – 250
	Mo total	ppm	2 – 10
5.	pH	-	4 – 9
		Cfu/ ml Atau	< 1 x 10 <sup>2</sup>
	<i>E.coli</i>	MPN/ ml	
6.		Cfu/ ml Atau	< 1 x 10 <sup>2</sup>
	<i>Salmonella sp</i>	MPN/ ml	
	<b>Logam berat</b>		
	As	ppm	Maksimum 5,0
	Hg	ppm	Maksimum 0,2
7.	Pb	ppm	Maksimum 5,0
	Cd	ppm	Maksimum 1,0
	Cr	ppm	Maksimum 40
	Ni	ppm	Maksimum 10

<b>Unsur/senyawa lain***</b>			
8.	Na	ppm	Maksimum 2.000
	Cl	ppm	Maksimum 2.000

Sumber : Peraturan Menteri Pertanian (2019).

### 2.3.3 *Parts Per Million* (ppm)

Dalam larutan yang persen massa atau persen volume komponennya sangat rendah, sehingga dapat diubah ke satuan lain untuk mendeskripsikan konsentrasi larutan. Contohnya, 1 mg zat terlarut/L. larutan hanya 0,001 gr/L. Larutan yang seencer ini akan mempunyai densitas yang sama dengan densitas air, sekitar 1 g/ml. sehingga konsentrasi larutan adalah 0,001 gr zat terlarut/ 1000 gr larutan, yang sama dengan 0,0001 gr zat terlarut/1.000.000 gr larutan. Hal tersebut dapat mendeskripsikan konsentrasi zat terlarut lebih tepat sebagai 1 *Parts Per Million* (ppm) (Petrucci, R.H. dkk., 2011)

Satu ppm ekuivalen dengan 1 mg zat terlarut dalam 1 Liter larutan.

Jadi,

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ mg zat terlarut}}{1 \text{ liter larutan}}$$

$$1 \text{ ppm} = \frac{0,001 \text{ g}}{1000 \text{ gr larutan}} = \frac{1}{100000}$$

$$1 \text{ ppm} = 0,0001 \%$$

$$\text{Maka, } \% = \frac{\text{ppm}}{10000}$$

## 2.4 Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses perubahan kimia pada substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Proses fermentasi dibutuhkan starter sebagai mikroba yang akan ditumbuhkan dalam substrat. Starter merupakan populasi mikroba dalam jumlah dan kondisi fisiologis yang siap diinokulasikan pada media fermentasi (Rasmito, A. dkk, 2019). Kombinasi daun lamtoro dan limbah cair tahu dapat digunakan sebagai pupuk organik cair yang harus melalui proses fermentasi. Fermentasi merupakan aktivitas mikroorganisme baik aerob maupun anaerob yang mampu mengubah atau mentransformasikan senyawa kimia ke substrat organik. Fermentasi dapat terjadi karena ada aktivitas mikroorganisme penyebab fermentasi pada substrat organik

yang sesuai, proses ini dapat menyebabkan perubahan sifat bahan tersebut (Jajo, 2013).

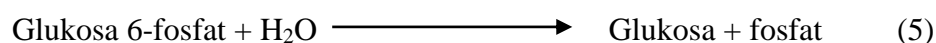
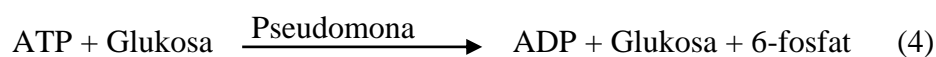
Proses fermentasi yang terjadi pada limbah organik akan merubah N organik menjadi senyawa nitrat agar dapat diserap oleh tanaman. Reaksi yang terjadi dalam proses fermentasi untuk mendapatkan unsur hara nitrogen : (Widari, N. S., dkk, 2020).



Reaksi pembentukan unsur  $\text{NO}_3^-$  yang akan diserap oleh tanaman :



Sedangkan untuk mendapatkan *phosphate*, bakteri pelarut *phospat pseudomonas sp* memanfaatkan ATP (*Adenosine Tri Phosphate*) yang sebelum terbentuk pada awal proses fermentasi



#### 2.4.1 Fase Pertumbuhan Bakteri

Fase pertumbuhan bakteri merupakan fase pembelahan sel bakteri yang melalui beberapa fase yaitu, Fase lag, Fase Logaritma/Exponensial, Fase Stasioner dan Fase Kematian.

##### a. Fase Lag (Fase Penyesuaian)

Fase Lag merupakan fase penyesuaian bakteri dengan lingkungan yang baru. Lama fase lag pada bakteri sangat bervariasi, tergantung pada komposisi media, pH, suhu, aerasi, jumlah sel pada inokulum awal dan sifat fisiologis mikro organisme pada media sebelumnya (Riadi, 2016).

##### b. Fase Logaritma/Exponensial

Fase Logaritma/eksponensial ditandai dengan terjadinya periode pertumbuhan

yang cepat. Setiap sel dalam populasi membelah menjadi dua sel. Variasi derajat pertumbuhan bakteri pada fase eksponensial ini sangat dipengaruhi oleh sifat genetik yang diturunkannya (Riadi, 2016).

c. Fase Stasioner

Fase stasioner terjadi pada saat laju pertumbuhan bakteri sama dengan laju kematiannya. Sehingga jumlah bakteri keseluruhan bakteri akan tetap. Keseimbangan jumlah keseluruhan bakteri ini terjadi karena adanya pengurangan derajat pembelahan sel. Hal ini disebabkan oleh kadar nutrisi yang berkurang dan terjadi akumulasi produk toksik sehingga mengganggu pembelahan sel. Fase stasioner ini dilanjutkan dengan fase kematian yang ditandai dengan peningkatan laju kematian yang melampaui laju pertumbuhan, sehingga secara keseluruhan terjadi penurunan populasi bakteri (Riadi, 2016).

d. Fase Kematian

Fase Kematian merupakan fase dimana laju kematian lebih besar (Riadi, 2016). Kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan tetap hidup merupakan suatu hal yang penting untuk diketahui.

#### 2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Fermentasi

Dalam proses fermentasi pembuatan pupuk organik cair, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan agar proses fermentasi berjalan dengan baik, yaitu suhu, pH awal fermentasi, lama fermentasi, inokulum, substrat, dan kandungan nutrisi medium:

1. Suhu

Proses pembuatan pupuk organik cair secara anaerob akan berjalan dengan baik jika bahan pembuatan pupuk memiliki suhu yang sesuai untuk pertumbuhan mikroorganisme pengurai bahan atau substrat. Suhu yang baik untuk fermentasi pupuk organik cair sekitar 30-50°C. Apabila suhu tinggi mikroorganisme akan mati namun apabila suhu relatif rendah maka mikroorganisme masih dalam

keadaan normal (Indriani, 2003).

## 2. pH (Derajat Keasaman)

Keasaman atau pH dalam media fermentasi juga mempengaruhi aktivitas mikroorganisme. Derajat keasaman pada awal proses pengomposan akan mengalami penurunan karena sejumlah mikroorganisme yang terlibat dalam pengomposan mengubah bahan organik menjadi anorganik. Pada proses selanjutnya, mikroorganisme dari jenis lain akan mengkonversikan asam organik yang telah terbentuk sehingga bahan memiliki derajat keasaman yang rendah dan mendekati pH normal (Djuarnani dkk., 2005).

## 3. Tetes Tebu (Molase)

Tetes tebu merupakan hasil samping industri gula yang mengandung senyawa nitrogen, unsur pertumbuhan, dan kandungan gula yang cukup tinggi. Tetes tebu kaya akan biotin, asam pantotenat, tiamin, fosfor, dan sulfur. Selain itu juga mengandung gula yang terdiri dari sukrosa 30-40%, glukosa 4-9%, dan fruktosa 5-12% (Hidayat dkk., 2006).

Tetes tebu digunakan secara luas sebagai sumber karbon untuk denitrifikasi, fermentasi anaerobik, pengolahan limbah erobik, dan diaplikasikan pada budidaya perairan. Karbohidrat yang terdapat dalam tetes tebu sudah siap digunakan untuk fermentasi tanpa perlakuan pendahuluan karena sudah berbentuk gula (Hidayat dkk., 2006).

Prinsip fermentasi adalah proses pemecahan senyawa organik menjadi senyawa sederhana yang melibatkan mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut berperan untuk menjaga keseimbangan karbon (C) dan nitrogen (N) yang merupakan faktor penentu keberhasilan dalam proses fermentasi. Karbon (C) berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme perombak bahan organik dan nitrogen digunakan oleh mikroorganisme untuk pembentukan protein dalam tubuhnya. Oleh karena itu, dibutuhkan tambahan material tetes tebu yang mengandung komponen nitrogen yang diperlukan untuk menambah kandungan unsur hara agar proses fermentasi berjalan dengan sempurna. Selain itu, tetes tebu

yang mengandung karbohidrat dalam bentuk gula yang tinggi (64%) serta disertai berbagai nutrisi yang diperlukan mikroorganisme juga dapat meningkatkan kecepatan proses fermentasi menjadi pupuk dalam waktu yang relatif singkat (Wijaya, 2008).

#### 4. *Effective Microorganism 4* (EM 4)

*Effective microorganism 4* (EM4) pertama kali ditemukan oleh Prof. Dr. Teuro Higa dari Universitas Ryukyus, Jepang. Larutan EM4 ini mengandung mikroorganisme fermentasi. Jumlah mikroorganisme fermentasi EM4 sangat banyak, sekitar 80 genus. Dari sekian banyak mikroorganisme, ada lima golongan utama yang terkandung di dalam EM4, yaitu bakteri fotosintetik, *Lactobacillus sp.*, *Streptomyces sp.*, ragi (*yeast*), *Actinomycetes*. Mikroorganisme efektif atau EM adalah suatu kultur campuran berbagai mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai inokulum untuk meningkatkan keragaman mikroba tanah dan dapat memperbaiki kesehatan serta kualitas tanah (Rasmito, A. dkk, 2019).



Sumber : Kampus Tani (2022)

#### **Gambar 2.4 Bioaktivator EM 4**

Meski berbeda, dalam tanah memberikan *multiple effect* yang secara dramatis meningkatkan mikro flora tanah. Bahan terlarut seperti asam amino, sacharida, alkohol dapat diserap langsung oleh akar tanaman. Kandungan EM4 terdiri dari bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, actinomicetes, ragi dan jamur fermentasi. Bakteri fotosintetik membentuk zat-zat bermanfaat yang menghasilkan asam amino, asam nukleat dan zat-zat bioaktif yang berasal dari gas berbahaya dan

berfungsi untuk mengikat nitrogen dari udara. Bakteri asam laktat berfungsi untuk fermentasi bahan organik menjadi asam laktat, mempercepat perombakan bahan organik, lignin dan selulosa, dan menekan patogen dengan asam laktat yang dihasilkan. Actinomicetes menghasilkan zat anti mikroba dari asam amino yang dihasilkan bakteri fotosintetik. Ragi menghasilkan zat antibiotik, menghasilkan enzim dan hormon, sekresi ragi menjadi substrat untuk mikroorganisme efektif bakteri asam laktat actinomicetes. Cendawan fermentasi mampu mengurai bahan organik secara cepat yang menghasilkan alkohol ester anti mikroba, menghilangkan bau busuk, mencegah serangga dan ulat merugikan dengan menghilangkan pakan. EM4 mengandung beberapa mikroorganisme utama yaitu bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, Ragi ( *yeast* ), *Actinomyces* dan jamur fermentasi.

a. Bakteri Fotosintetik (*Rhodospseudomonas sp.*)

Bakteri ini adalah mikroorganisme mandiri dan swasembada. Bakteri ini membentuk senyawa-senyawa bermanfaat dari sekresi akar tumbuhan, bahan organik dan gas-gas berbahaya dengan sinar matahari dan panas bumi sebagai sumber energi. Zat-zat bermanfaat yang terbentuk antara lain, asam amino asam nukleik, zat bioaktif dan gula yang semuanya berfungsi mempercepat pertumbuhan Hasil metabolisme ini dapat langsung diserap tanaman dan berfungsi sebagai substrat bagi mikroorganisme lain sehingga jumlahnya terus bertambah.

b. Bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*)

Dapat mengakibatkan kemandulan ( sterilizer) oleh karena itu bakteri ini dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan; meningkatkan percepatan perombakan bahan organik, menghancurkan bahan organik seperti lignin dan selulosa serta memfermentasikannya tanpa menimbulkan senyawa beracun yang ditimbulkan dari pembusukan bahan organik Bakteri ini dapat menekan pertumbuhan fusarium, yaitu mikroorganime merugikan yang menimbulkan penyakit pada lahan/ tanaman yang terus menerus ditanami.

c. Ragi/*Yeast (Saccharomyces sp.)*

Melalui proses fermentasi, ragi menghasilkan senyawa-senyawa bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dari asam amino dan gula yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintetik atau bahan organik dan akar-akar tanaman. Ragi juga menghasilkan zat-zat bioaktif seperti hormon dan enzim untuk meningkatkan jumlah sel aktif dan perkembangan akar. Sekresi Ragi adalah substrat yang baik bakteri asam laktat dan Actinomycetes.

d. *Actinomycetes*

Menghasilkan zat-zat anti mikroba dari asam amino yang dihasilkan bakteri fotosintetik. Zat-zat anti mikroba ini menekan pertumbuhan jamur dan bakteri. Actinomycetes hidup berdampingan dengan bakteri fotosintetik bersama-sama menongkatkan mutu lingkungan tanah dengan cara meningkatkan aktivitas anti mikroba tanah.

e. Jamur Fermentasi

Jamur fermentasi (*Aspergillus* dan *Penicilium*) menguraikan bahan secara cepat untuk menghasilkan alkohol, ester dan zat-zat anti mikroba. Pertumbuhan jamur ini membantu menghilangkan bau dan mencegah serbuan serangga dan ulat-ulat merugikan dengan cara menghilangkan penyediaan makanannya (Indri, 2018)

5. Lama Fermentasi

Lama fermentasi merupakan faktor yang akan diteliti dalam penelitian ini. Lama fermentasi berkaitan dengan fase pertumbuhan mikroba yang akan terus berubah dari waktu ke waktu selama proses fermentasi berlangsung sehingga dapat mempengaruhi kadar unsur hara yang dihasilkan. Lama fermentasi yang singkat dapat mengakibatkan terbatasnya kesempatan mikroba untuk terus tumbuh dan berkembang sehingga komponen substrat yang dapat diubah menjadi sedikit. Sebaliknya semakin lama waktu kesetimbangan yakni jumlah mikroorganisme akan mencapai kesetimbangan artinya jumlah mikroorganisme



yang dihasilkan sama dengan jumlah yang mati, hal ini disebabkan karena kurangnya makanan atau nutrisi bagi mikroorganismenya. Begitu juga sebaliknya, apabila nutrisi dalam media fermentasi masih tersedia, maka mikroorganismenya dapat menggunakan nutrisi untuk memperbanyak diri sehingga fase pertumbuhan semakin cepat (Suprihatin, 2010).

#### 6. Nitrifikasi dan Denitrifikasi

Nitrifikasi merupakan perubahan ammonia menjadi nitrit dan nitrat. Nitrifikasi melibatkan bakteri antara lain *Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrosogle*, *Nitrococcus*, dan *Nitrobacter*. Dalam bentuk  $\text{NO}_3^-$ , nitrogen mudah keluar dari daerah perakaran. Nitrogen dalam bentuk  $\text{NO}_3^-$  juga dapat tereduksi secara mikrobiologis menjadi NO,  $\text{N}_2\text{O}$ , atau  $\text{N}_2$  yang menguap yang menguap atau disebut dalam proses denitrifikasi. Nitrogen lainnya yang bisa hilang melalui penguapan yaitu  $\text{NH}_3$ . Senyawa gas ini dihasilkan dari  $\text{NH}_4^+$  dalam sebuah proses yang disebut volatilisasi (Naibaho, 2019)

### 2.5 Limbah Cair Tahu

Limbah cair tahu adalah limbah yang ditimbulkan dalam proses pembuatan tahu dan berbentuk cairan. Limbah cair sisa air tahu yang tidak menggumpal, potongan tahu yang hancur pada saat proses karena kurang sempurnanya proses penggumpalan. Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia dan biologi. Perkiraan jumlah limbah cair = 100 kg kedelai bahan baku akan menimbulkan 1,5–2m<sup>3</sup> limbah cair (Auliana, 2012).



Sumber : Agrotekno Net (2022)

**Gambar 2.5 Limbah Cair Tahu.**

Air limbah tahu yang dihasilkan masih banyak mengandung zat organik, seperti protein, karbohidrat, lemak dan zat terlarut yang mengandung padatan tersuspensi. Zat organik yang memiliki jumlah paling besar adalah protein dan lemak dengan presentase sebesar 40-60% protein, 20 - 50% karbohidrat dan 10% lemak. Adanya bahan organik yang cukup tinggi menyebabkan mikroba menjadi aktif dan menguraikan bahan organik tersebut secara biologis menjadi senyawa asam-asam organik.

## **2.6 Daun Lamtoro**

Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) merupakan tanaman polong, dengan sistem perakaran yang mampu bersimbiosis dengan bakteri rhizobium, yang mampu membentuk bintil akar yang berfungsi untuk mengikat nitrogen dari udara. Daun lamtoro mengandung alkaloid, saponin, flavonoid, triterpenoid, leukanin, protein, lemak, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin A, vitamin B dan juga asam amino yang mudah larut di dalam air.



Sumber : Argotek (2022)

### **Gambar 2. 6 Daun Lamtoro**

#### Klasifikasi Tanaman Lamtoro

Divisi	: <i>Tracheophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Famili	: <i>Fabaceae</i>
Genus	: <i>Leucaena</i>
Spesies	: <i>Leucaena leucocephala</i> .

Sejalan dengan Palimbungan (2006) dalam Tiara et al (2019), yang menyatakan bahwa kandungan N pada pupuk organik cair daun lamtoro merupakan kandungan yang tertinggi yaitu 3,84%, jika dibandingkan dengan kandungan P (0,20%) dan K (2,06%). Kandungan air pada POC cukup tinggi, sehingga dosis pemberiannya juga harus memperhatikan konsentrasi larutan yang akan diaplikasikan pada tanaman. Pemberian pupuk dengan konsentrasi yang berlebihan, mengakibatkan timbulnya gejala kelayuan pada tanaman, karena tanaman mengalami keracunan dan mudah terserang hama penyakit. Sebaliknya jika dosis pupuk organik yang diberikan sangat kurang, pertumbuhan tanaman menjadi terganggu (Rizqiani et al., 2007).

## 2.7 Kulit Pisang

Tanaman pisang banyak mengandung manfaat. Misalnya, daun pisang dapat dimanfaatkan sebagai pembungkus makanan, batang pisang dapat dimanfaatkan sebagai pembungkus bibit tanaman, buah pisang dapat dimanfaatkan sebagai vitamin dan mineral, dan juga bunga atau jantung pisang dapat dibuat sayuran atau diolah menjadi manisan (BPT Sulbar, 2021).



Sumber : BPT Sulbar (2022)

**Gambar 2. 7 Tanaman Pisang**

### Klasifikasi Tanaman Pisang

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub Divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledonae</i>
Famili	: <i>Musaceae</i>
Genus	: <i>Musa</i>
Spesies	: <i>Musa paradisiaca L.</i>

Kulit pisang merupakan bahan organik yang mengandung unsur kimia seperti magnesium, sodium, fosfor dan sulfur yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Pembuatan pupuk organik dengan bahan kulit pisang dapat dalam

bentuk padat atau cair. Berdasarkan hasil analisis pada pupuk organik padat dan cair dari kulit pisang kepok, diketahui bahwa kandungan unsur hara yang terdapat di pupuk padat kulit pisang kepok yaitu, Corganik 6,19%; N-total 1,34%; P2O5 0,05%; K2O 1,478%; C/N 4,62% dan pH 4,8 sedangkan pupuk cair kulit pisang kepok yaitu, C-organik 0,55%; N-total 0,18%; P2O5 0,043%; K2O 1,137%; C/N 3,06% dan pH 4,5.



Sumber : Share Panduan (2022)

**Gambar 2. 8 Kulit Pisang Kepok**