

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kelor (*Moringa oleifera*)

##### 2.1.1 Klasifikasi Tanaman Kelor

*Moringa oleifera* (*Moringaceae*), dalam bahasa Indonesia dikenal dengan istilah kelor, merupakan salah satu jenis tanaman yang tumbuh luas di daerah tropis dan subtropis pada semua jenis tanah dan tahan terhadap musim kering dengan toleransi terhadap kekeringan selama 6 bulan (Aminah dkk., 2015). Di beberapa daerah, tanaman ini dikenal dengan nama antara lain kelor (Sunda dan Melayu), kero, wori, atau keloro (Sulawesi), moranggih (Madura), murong (Aceh), dan kawona (Sumbawa) (Kurniasih, 2013). Menurut Fuglie dkk., (2001), tanaman bergizi tinggi yang mendapat julukan sebagai “*miracle tree*” dikarenakan ragam manfaatnya ini memiliki klasifikasi sebagai berikut:

<i>Kingdom</i>	: <i>Plantae</i>
<i>Sub Kingdom</i>	: <i>Tracheobionta</i>
<i>Super Division</i>	: <i>Spermatophyta</i>
<i>Division</i>	: <i>Magnoliophyta</i>
<i>Class</i>	: <i>Magnoliopsida</i>
<i>Subclass</i>	: <i>Dillenidae</i>
<i>Order</i>	: <i>Capparales</i>
<i>Family</i>	: <i>Moringaceae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Moringa</i>
<i>Species</i>	: <i>Oleifer</i>

Tanaman kelor tumbuh dalam bentuk pohon dan berumur panjang dengan tinggi 7-12 meter, tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi sampai ketinggian  $\pm 1000$  mdpl. Batang kayunya tegak dan mempunyai akar yang kuat. Daunnya berbentuk bulat telur dengan ukuran kecil-kecil tersusun majemuk dalam satu tangkai. Daun kelor dapat tumbuh 1,5 hingga 2 meter, yang biasanya memakan waktu 3 sampai 6 bulan. Bunga kelor merupakan tanaman yang berumur panjang dan berbunga sepanjang tahun. Umumnya, bunga kelor ada yang berwarna putih dan putih kekuning-kuningan. Buah kelor berbentuk panjang dan

segitiga dengan panjang sekitar 20-60 cm, berwarna hijau ketika masih muda dan berubah menjadi coklat ketika tua (Tilong, 2012). Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan tanaman perdu yang toleran kekeringan dan terhadap intensitas curah hujan tahunan 250-3000 mm (Prisdininggo, 2011).

### 2.1.2 Manfaat Tanaman Kelor

Tanaman kelor dikenal sebagai sahabat tani karena berguna bagi petani mulai dari pucuk hingga ke akarnya. Penambahan daun kelor dalam pembuatan pupuk organik cair karena kelor kaya akan zeatin, sitokinin, askorbat, fenolik dan mineral seperti Ca, K, dan Fe yang dapat mendorong pertumbuhan tanaman. Mengingat kandungan nutrisinya, ekstrak daun kelor merupakan pupuk yang paling baik untuk digunakan bagi semua jenis tanaman (Krisnadi, 2015).

Hasil penelitian Foidle dkk (2001) menunjukkan bahwa pupuk organik cair kelor yang disemprotkan pada tanaman, memiliki banyak efek yang menguntungkan pada tanaman, memiliki banyak efek yang menguntungkan pada tanaman. Pemberian pupuk cair dengan disemprotkan menunjukkan percepatan pertumbuhan tanaman muda, tanaman yang lebih kokoh, lebih tahan terhadap hama dan penyakit, memperpanjang masa hidup, meningkatkan berat akar, batang, daun, menghasilkan buah lebih banyak, dan peningkatan hasil panen. Oleh karena itu, daun kelor perlu ditambahkan dalam bahan pupuk organik cair ini agar menghasilkan unsur hara yang lengkap sehingga dapat meningkatkan hasil pertanian.

Kelor dikenal di seluruh dunia sebagai tanaman bergizi dan WHO telah memperkenalkan kelor sebagai salah satu pangan alternatif untuk mengatasi masalah gizi (Broin, 2010). Tidak hanya alternatif mengatasi masalah gizi, daun kelor juga merupakan sahabat bagi petani untuk membantu meningkatkan hasil panen tanaman. Kandungan unsur hara yang terdapat dalam kelor tergolong tinggi, hal ini didukung dalam buku Krisnadi (2005) yang berjudul Kelor, Super Nutrisi, unsur kalium yang terdapat dalam daun kelor adalah 1324 mg kalium/100gr daun kering, dan 259mg/100gr daun segarnya. Kandungan kalium dalam kelor 15 kali lebih banyak dibanding pisang, 3,5 kali lebih banyak dibanding susu, dan 9 kali lebih banyak dari telur. Sedangkan kandungan fosfor terdapat 204mg/100gr daun kering. Selain itu, daun kelor juga kaya akan nutrisi,

diantaranya kalsium, besi, protein, vitamin A, vitamin B, dan Vitamin C (Misra dkk., 2014). Sehingga daun kelor dapat dimanfaatkan khususnya dalam usaha pembuatan pupuk organik cair.

### 2.1.3 Daun Kelor dan Kandungannya

Daun kelor berbentuk bulat telur dengan tepi daun rata dan ukurannya kecil-kecil bersusun majemuk dalam satu tangkai. Daun kelor muda berwarna hijau muda dan berubah menjadi hijau tua pada daun sudah tua (Aminah dkk., 2015). Di bawah ini terdapat gambar dari daun kelor yaitu:



Gambar 2.1 Daun Kelor (*Moringa oleifera*)  
(Ade, 2019)

Daun berwarna hijau tua biasanya digunakan untuk membuat tepung atau *powder* daun kelor (Aminah dkk., 2015). Salah satu bagian dari tanaman kelor ini telah banyak diteliti kandungan gizi dan kegunaannya. Menurut Joshi dan Mehta (2010) daun kelor memiliki kandungan vitamin A, kalsium, protein, dan *zinc* yang cukup tinggi. Sutjijanto (2014), menyatakan bahwa daun kelor yang telah diekstrak mengandung jenis hormon sitokinin yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Dalam penelitian lain, disebutkan juga bahwa daun kelor mengandung berbagai macam asam amino, antara lain asam amino yang berbentuk asam aspartat, asam glutamat, alanin, valin, leusin, isoleusin, histidin, lisin, arginin, venilalanin, triftopan, sitein, dan methionin. Daun kelor juga memiliki bau langu khas yang mendominasi. Hal ini disebabkan karena adanya enzim lipoksidase di dalam daun kelor (Simbolan dkk., 2007). Daun kelor juga mengandung senyawa

fitokimia seperti alkaloid, steroid, tannin, saponin, antakuinon, dan terpenoid setelah dilakukan uji fitokimia menggunakan pelarut eter/etanol. Daun kelor menjadi sumber antioksidan alami yang baik karena kandungan dari berbagai jenis senyawa antioksidan seperti asam askorbat, flavonoid, phenolic, dan karotenoid (Anwar dkk., 2007).

Adapun kandungan protein dalam daun kelor adalah sebagai berikut: protein yang berasal dari tumbuh-tumbuhan selama ini hanya diketahui didapatkan dari kacang-kacangan yaitu sebesar 23-35 gram protein per 100 gram kacang-kacangan. Namun selain kacang-kacangan ada tumbuhan lain yang kandungan proteinnya tergolong tinggi dibandingkan sayuran jenis lain. Yaitu daun kelor. Per 100 gram daun kelor mengandung 6,7 gram protein dan tepung daun kelor mengandung 27 gram protein. (Suwahyono, 2008).

Tanaman kelor memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk cair (Krisnadi, 2012). Menurut Adiaha (2017) daun kelor memiliki potensi bahan pupuk yang tinggi. Kelor memiliki kapasitas untuk meningkatkan nutrisi, keamanan pangan, pengembangan pedesaan dan menjamin keberlanjutan hara tanah. Penelitian Adiaha (2017) menyatakan bahwa kelor sangat aktif, efektif, dan produktif menjadi agen nutrisi untuk menghasilkan pupuk. Bagian daun kelor yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk adalah daun. Daun kelor akan dimanfaatkan sebagai pupuk dengan cara membuat ekstrak daun. Komposisi kandungan hara daun kelor pada Penelitian Adiaha (2017) disajikan pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Komposisi Hara Daun Kelor

N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	C-org (%)	C:N
4,02	1,17	1,8	12,3	0,10	1,16	11,1	2,8

(Adiaha, 2017)

Menurut Krisnadi dalam Rahman dkk (2017) bahwa daun kelor dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair. Menurut Adiaha (2017) dan Hala dkk (2017) bahwa daun kelor memiliki potensi bahan pupuk yang tinggi. Tanaman kelor mengandung hormon tumbuh yaitu sitokinin dan zeatin. Sitokinin merupakan hormon tanaman yang menginduksi pembelahan sel. Zeatin merupakan antioksidan kuat dengan sifat anti penuaan (Pusat Informasi Dan Pengembangan

Tanaman Kelor Indonesia, 2010). Tanaman kelor diketahui memiliki konsentrasi zeatin yang berkisar antara 0,00002  $\mu\text{g}$  sampai 0,02  $\mu\text{g/g}$  (Krisnadi, 2015). Daun kelor dalam aplikasi pemupukan harus dilakukan ekstrak dahulu. Mengingat kandungan nutrisinya, ekstrak daun kelor merupakan pupuk yang paling baik untuk digunakan bagi semua jenis tanaman. Menurut hasil penelitian Foidl dkk (2001) daun kelor digunakan sebagai pupuk cair yang diujikan ke berbagai tanaman seperti kacang tanah, kedelai, dan jagung. Hasilnya sangat signifikan pada hasil panen tanaman yang diberi pupuk cair daun kelor yaitu sebesar 20-35% lebih besar dari pada hasil panen tanaman tanpa diberi pupuk cair daun kelor.

## 2.2 Limbah Cair Industri Tempe

Tempe merupakan produk fermentasi kedelai yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Kehadiran industri tempe seringkali dijumpai di daerah permukiman penduduk sehingga tempe menjadi produk *home* industri yang banyak dijalani pelaku usaha produk makanan. Kedelai dengan nama latin *Glycine max* (kedelai kuning), merupakan tumbuhan serbaguna. Kedelai merupakan sumber protein nabati paling populer bagi masyarakat Indonesia pada umumnya. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian memprediksi produksi kedelai untuk dikonsumsi oleh sebagian besar masyarakat Indonesia, rata-rata kebutuhan kedelai per tahun adalah 2,7 juta ton (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2020). Konsumsi utamanya dalam bentuk tempe dan tahu yang merupakan lauk-pauk utama bagi masyarakat Indonesia. Tempe merupakan salah satu dari komoditas usaha kecil menengah berbahan baku kedelai (*Glycine max*) yang banyak dijumpai di beberapa daerah. Mulai dari perkotaan sampai pedesaan industri pembuatan tempe mulai dikembangkan. Hal ini disebabkan karena proses produksi tahu yang cukup sederhana (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2020).

Industri tempe saat ini sudah menjamur di Indonesia, dan rata-rata masih dilakukan teknologi yang sederhana, sehingga tingkat efisiensi penggunaan air dan bahan baku masih rendah dan tingkat produksi limbahnya juga relatif tinggi (Fibriani, 2007). Banyaknya industri tempe yang berkembang memberi dampak positif, yaitu mampu mencukupi permintaan pasar yang terus meningkat dari waktu ke waktu, akan tetapi dampak pencemaran lingkungan akan terjadi apabila

limbah cair sisa produksi tidak diolah dengan baik. Limbah yang diperoleh dari proses pengolahan tempe dapat berupa limbah cair dan limbah padat. Sebagian besar limbah padat yang berasal dari kulit kedelai, kedelai yang rusak dan mengambang dalam proses pencucian. Sedangkan limbah cair berasal dari proses perendaman, pencucian, dan perebusan kedelai yang biasanya langsung di buang ke badan air seperti sungai tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Hasil studi kasus tentang karakteristik air buangan industri tempe, dilaporkan bahwa air buangan industri tempe mengandung BOD, COD, dan TSS berturut-turut adalah 3298 mg/l, 5892 mg/l, dan 2396 mg/l (Sayow dkk., 2020). Sedangkan baku mutu limbah cair industri tempe menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. P-68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016, kadar maksimum yang diperbolehkan untuk BOD, COD, dan TSS berturut-turut adalah 30 mg/l, 100 mg/l, dan 30 mg/l, sehingga jelas bahwa limbah cair industri tempe telah melampaui baku mutu yang dipersyaratkan. Di bawah ini terdapat gambar limbah cair industri tempe yang ditampilkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Limbah Cair Industri Tempe  
(Wardani, 2018)

Besarnya beban pencemaran yang ditimbulkan menyebabkan gangguan yang cukup serius terutama untuk perairan di sekitar industri tempe menimbulkan bau busuk dari limbah cair tempe jika dibuang ke sungai akan menurunkan kualitas sungai (Prasetio dan Widyastuti, 2020). Limbah tempe dengan kandungan protein merupakan salah satu limbah yang masih bernilai ekonomis, karena kandungan senyawa organik dan *nutrient* yang terdapat didalamnya masih relatif tinggi jika dibandingkan dengan *yeast extract*. Pemanfaatan limbah cair tempe

dari proses perendaman dan perebusan dapat dibuat sebagai pupuk organik cair. Pupuk cair berisi bakteri yang bermanfaat untuk menyuburkan tanah dan tanaman. Pupuk organik cair dari limbah industri tempe memiliki fungsi sebagai sumber makanan bagi bakteri bermanfaat sehingga bakteri akan memperbanyak diri sebelum pupuk digunakan (Cybetext, 2019). Peran bakteri bermanfaat dalam pupuk cair ini adalah mengikat nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), dan unsur lain untuk kebutuhan tanaman, sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman (Sayow dkk., 2020). Limbah cair industri tempe tersebut memiliki kandungan senyawa kompleks yang terdiri dari protein, lemak, karbohidrat, air, kalsium, fosfor, dan besi yang disajikan pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Kandungan Limbah Cair Industri Tempe

Protein (%)	Lemak (%)	Karbohidrat (%)	Air (%)	Kalsium (ppm)	Posfor (ppm)	Besi (ppm)
0,42	0,13	0,11	98,87	13,60	1,74	4,55

(Diba dkk., 2013)

Dari kandungan senyawa kompleks yang terkandung pada limbah cair industri tempe diatas, maka limbah cair industri tempe memiliki peluang untuk dijadikan pupuk organik cair. Hasil penelitian Prasetio dan Widyastuti (2020) pada pembuatan pupuk organik cair dari limbah cair industri tempe menghasilkan pupuk organik cair dengan kandungan hara makro nitrogen 1,14% dan fosfor sebesar 3,66%.

### 2.3 Pupuk

Pupuk adalah bahan yang diberikan ke dalam tanah baik yang organik maupun yang anorganik dengan maksud untuk mengganti kehilangan unsur hara dari dalam tanah dan bertujuan untuk meningkatkan produksi tanaman dalam keadaan lingkungan yang baik (Indranada, 1989). Pupuk memiliki peranan penting sebagai salah satu faktor dalam peningkatan produksi komoditas pertanian. Hal ini menjadikan pupuk sebagai sarana produksi yang strategis. Untuk menyediakan pupuk di tingkat petani diupayakan memenuhi 6 azas tepat yaitu: tempat, jenis, waktu, jumlah, mutu, dan harga yang layak sehingga petani dapat menggunakan pupuk sesuai kebutuhan (Marson, 2001). 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.

### 2.3.1 Pupuk Anorganik

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 higroskopis. Higroskopis 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,  $P_2O_5$ , maupun  $K_2O$  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.

### 2.3.2 Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan bahan yang berasal dari sisa-sisa tanaman, hewan, seperti pupuk kandang, kompos, pupuk hijau, jerami, dan bahan lain yang dapat berperan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Bahan organik tidak dapat menggantikan peran dari pupuk anorganik sebagai pemasok hara, karena kandungan unsur hara dalam bahan organik relatif rendah, namun demikian bahan organik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik (Soedardjo, 2000). Pupuk organik mengandung unsur karbon dan nitrogen dalam jumlah yang sangat bervariasi, dan imbangannya sangat penting dalam mempertahankan atau memperbaiki kesuburan tanah. Nisbah karbon nitrogen tanah harus selalu dipertahankan setiap waktu karena nisbah kedua unsur tersebut merupakan salah satu kunci penilaian kesuburan tanah. Nisbah C/N kebanyakan tanah subur berkisar 1 sampai 2. Penambahan bahan organik dengan nisbah C/N tinggi mengakibatkan tanah mengalami perubahan imbangannya C dan N dengan cepat, karena mikroorganisme tanah menyerang sisa tanaman dan terjadi perkembangbiakan secara cepat (Sutanto, 2002).

Pupuk organik merupakan bahan pembenah tanah yang paling baik dan alami dari pada bahan pembenah buatan/sintesis. Pada umumnya pupuk organik mengandung hara makro N, P, K rendah tetapi mengandung hara mikro dalam jumlah cukup yang sangat diperlukan pertumbuhan tanaman. Sebagai bahan pembenah tanah, pupuk organik mencegah terjadinya erosi, pergerakan permukaan tanah (*Crusting*) dan retakan tanah, dan mempertahankan kelengasan tanah. Penempatan pupuk organik ke dalam tanah dapat dilakukan seperti pupuk kimia (Sutanto, 2002). Kelebihan pupuk organik dibandingkan dengan pupuk anorganik antara lain dapat meningkatkan produksi tanaman, kandungan unsur hara yang lengkap baik hara makro maupun mikro yang dapat memperbaiki struktur maupun sifat fisik tanah dan mampu mengikat air. Selain itu, pupuk organik juga dapat menggemburkan tanah, memacu pertumbuhan mikroorganisme dalam tanah, serta aman dipakai dalam jumlah yang besar. Sedangkan kelemahan pupuk organik adalah takaran volume yang dibutuhkan lebih banyak dari pupuk anorganik. Pembuatan pupuk organik membutuhkan waktu yang cukup lama. Untuk satu tahapan proses, minimal membutuhkan waktu 10-30 hari. Selain

masalah aplikasi dan pembuatannya, pupuk organik tidak dapat distandarkan kandungannya karena bahan bakunya berasal dari berbagai tempat dengan jenis dan proses yang beragam. (Hadisuwito, 2012).

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).

### 2.3.3 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 penguatan 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) dan  $NH_4^+$  (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 penguatan, 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  $\text{HPO}_4$ . 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 anorganik. 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 anorganik 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.

#### 2.3.4 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.

## **2.4 Fermentasi**

Kombinasi daun kelor dan limbah cair industri tempe 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).

Dalam penelitian ini proses fermentasi yang dilakukan adalah fermentasi anaerob. Fermentasi anaerob sebagai proses pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerobik, yaitu tanpa memerlukan oksigen. Senyawa yang dapat dipecah dalam proses fermentasi terutama karbohidrat, sedangkan asam amino hanya dapat difermentasi oleh beberapa jenis bakteri tertentu. Fermentasi dengan

suatu proses dimana komponen-komponen kimiawi dihasilkan sebagai akibat adanya pertumbuhan maupun metabolisme mikroba. Pengertian ini mencakup fermentasi aerob dan anaerob (Fardiaz dan Srikandi, 1992).

Proses fermentasi merupakan proses biokimia dimana terjadi perubahan-perubahan atau reaksi-reaksi kimia dengan pertolongan jasad renik penyebab fermentasi tersebut bersentuhan dengan zat makanan yang sesuai dengan pertumbuhannya. Akibat terjadinya fermentasi sebagian atau seluruhnya akan berubah menjadi alkohol setelah beberapa waktu lamanya (Endah dkk., 2007).

#### 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).

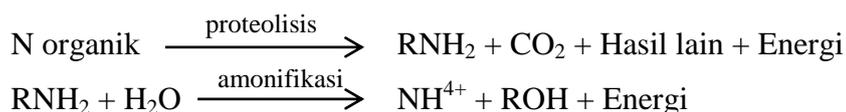
#### d. Fase Kematian

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.

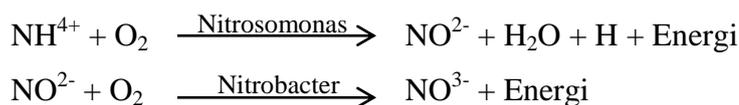
### 2.4.2 Proses Degradasi

#### 2.4.2.1 Penguraian Nitrogen

Penguraian N organik terutama protein melibatkan dua proses mikrobiologi yaitu amonifikasi dan nitrifikasi. Amonifikasi merupakan mengubah N organik menjadi amonium melalui proses proteolisis dan aminifikasi. Proteolisis adalah pelepasan amino dari bahan organik. Aminifikasi adalah reduksi N amino menjadi  $\text{NH}_3$ . Adapun reaksinya adalah sebagai berikut (Aditia dan Qoidani, 2017):



Apabila  $\text{O}_2$  tersedia dan faktor-faktor lingkungan lain mendukung  $\text{NH}_4$  akan mudah dioksidasi menjadi  $\text{NO}^{2-}$  (nitrit) dan  $\text{NO}^{3-}$  (nitrat). Oksidasi ini disebut nitrifikasi dan berlangsung dengan dua langkah yaitu nitritasi dan nitratasi. Secara sederhana proses nitrifikasi adalah sebagai berikut:



#### 2.4.2.2 Penguraian Fosfor

Menurut (Aditia dan Qoidani, 2017), konversi secara mikrobial pada fosfor disebut mineralisasi. Konversi yang terjadi adalah menguraikan P organik (misalnya: asam nukleat, fosfolipid, dan inositol fosfat) menjadi  $\text{H}_2\text{PO}_4^{4-}$  atau  $\text{HPO}_4^{2-}$ , yang merupakan P terlarut bagi tumbuhan atau disebut sebagai ortofosfat.



#### 2.4.2.3 Penguraian Kalium

Ion K diabsorpsi oleh tanaman yang akan membantu proses fisiologi tanaman seperti fotosintesis atau respirasi sehingga kalium diserap dalam bentuk  $K^+$ . Kalium pada sel tanaman zat ini terdapat sebagai ion didalam cairan sel dan keadaan demikian akan merupakan bagian yang penting dalam melaksanakan turgor yang disebabkan oleh tekanan osmosis. Berdasarkan ketersediaan kalium bagi tanaman kalium dibagi menjadi K tidak tersedia (K dalam batuan mineral), K lambat tersedia (K yang tidak dapat dipertukarkan) dan K tersedia (K yang dapat dipertukarkan dan K dalam larutan tanah). K yang dapat dipertukarkan adalah K dalam bentuk organik (Aditia dan Qoidani, 2017)

#### 2.4.3 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 Microorganisms 4* (EM4)

EM4 merupakan suatu cairan berwarna kecoklatan dan beraroma manis asam (segar) yang didalamnya berisi campuran beberapa mikroorganisme hidup yang menguntungkan bagi proses penyerapan/persediaan unsur hara dalam tanah. EM4 merupakan campuran dari mikroorganisme bermanfaat yang terdiri dari lima kelompok, 10 Genus 80 Spesies dan setelah di lahan menjadi 125 Spesies. EM4 berupa larutan coklat dengan pH 3,5-4,0. Terdiri dari mikroorganisme aerob dan anaerob. 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 mikroorganisme 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 *Actinomyces*

d. *Actinomyces*

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

e. Jamur Fermentasi

Jamur fermentasi (*Aspergillus* dan *Penicillium*) 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).

## 5. 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 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 Standar Pupuk Organik Cair

Pada pembuatan pupuk organik cair juga perlu memperhatikan persyaratan atau standar kadar-kadar bahan kimia serta pH yang terkandung di dalam pupuk organik tersebut. Parameter yang terdapat dalam standar kualitas mutu pupuk organik tidak semua diuji dalam penelitian ini. Parameter yang akan diuji adalah kandungan unsur hara nitrogen, fosfor, dan kalium yang terdapat dalam pupuk hasil fermentasi 6, 8, 10, 12, dan 14 hari. Ketiga parameter tersebut dipilih karena nitrogen, kalium, dan fosfor merupakan unsur hara yang paling banyak dibutuhkan oleh tanaman. Sehingga perlu dilakukan pengujian kadar unsur hara yang disesuaikan dengan standar mutu kualitas pupuk organik cair. Berikut adalah persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati, dan pembedah tanah berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No.261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dapat dilihat pada Tabel 2.3 di bawah ini:

Tabel 2.3 Standar Kualitas Mutu Pupuk Organik Cair

No.	Parameter	Satuan	Standar
1.	C-Organik	% (w/v)	minimum 10
2.	pH	-	4-9
3.	Hara makro: N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O	Ppm	20000-60000
4.	Hara mikro**		
	Fe total	ppm	90-900
	Mn total	ppm	25-500
	Cu total	ppm	25-500
	Zn total	ppm	25-500
	B total	ppm	12-250
	Mo total	ppm	2-10
5.	<i>E-coli</i>	Cfu/ml atau MPN/ml	<1x10 <sub>2</sub>
	<i>Salmonella sp</i>	cfu/ml atau MPN/ml	<1x10 <sub>2</sub>
6.	Logam berat		
	As	ppm	maksimum 5,0
	Hg	ppm	maksimum 0,2
	Pb	ppm	maksimum 5,0
	Cd	ppm	maksimum 1,0
	Cr	ppm	maksimum 40
	Ni	ppm	maksimum 10
7.	Unsur/senyawa lain***		
	Na	ppm	maksimum 2000
	Cl	ppm	maksimum 2000

(Permentan No. 261 Tahun 2019)

\*) Dalam prosesnya tidak boleh menambahkan bahan kimia sintetis

\*\*) Minimum 3 (tiga) unsur

\*\*\*) Khusus untuk pupuk organik hasil ekstraksi rumput laut dan produk laut