

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Hasil Penelitian Terdahulu**

1. Stephanus Hendra Rinaldi, Tb Benito A Kurnani, Bambang Sudiarto, 2015

Penelitian dengan judul “Pengaruh Perbandingan Limbah Peternakan Sapi Perah dan Limbah Kubis (*Brassica oleracea*) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair terhadap Kandungan NPK”.

Peneliti tersebut menyimpulkan bahwa penggunaan berbagai tingkat perbandingan limbah peternakan sapi perah (feses dan sisa pakan ternak/ rarapen) dan limbah kubis pada pembuatan pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap kandungan NPK di dalam pupuk organik cair yang dihasilkan. Sedangkan kandungan NPK di dalam pupuk organik cair tertinggi dicapai pada penggunaan perbandingan 70% limbah peternakan sapi dan 30% limbah kubis, yaitu 0,071% N, 0,018% P, dan 0,285% K. Namun N dan P pupuk organik cair yang dihasilkan masih dibawah SNI, sedangkan N telah mencukupi bahkan lebih tinggi.

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang yaitu :

Pada penelitian terdahulu menggunakan bahan limbah peternakan sapi perah (feses dan sisa pakan ternak/rarapen) dan limbah kubis dengan variasi konsentrasi masing-masing bahan. Sedangkan pada penelitian sekarang menggunakan limbah sayuran pasar yaitu kubis ditambah dengan air leri serta urine sapi dan limbah sayuran pasar yaitu kubis ditambah dengan air leri serta urine kelinci dengan konsentrasi bahan yang sama.

2. Wardiah, Linda, dan Hafnati Rahmatan, 2014

Penelitian dengan judul “Potensi Air Cucian Beras sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan Pakchoy (*Brassica rapa L.*)”.

Hasil dari penelitian tersebut yaitu berbagai konsentrasi air cucian beras berpengaruh nyata dalam meningkatkan tinggi tanaman pada 10 dan 20 hari setelah tanam dan berat kering. Sebaliknya, air cucian beras tersebut tidak memberikan pengaruh nyata pada jumlah daun. Selanjutnya, konsentrasi terbaik air leri pada semua parameter adalah 100 %.

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang yaitu :

Pada penelitian terdahulu menggunakan bahan air leri saja dengan variasi konsentrasi bahan. Sedangkan pada penelitian sekarang menggunakan limbah sayuran pasar yaitu kubis ditambah dengan air leri serta urine sapi dan limbah sayuran pasar yaitu kubis ditambah dengan air leri serta urine kelinci dengan konsentrasi bahan yang sama.

3. Kusnadi, I. Tivani, 2017

Penelitian dengan judul “Pengaruh Pemberian Urine Kelinci dan Air Kelapa terhadap Pertumbuhan Rimpang dan Kandungan Minyak Atsiri Jahe Merah ”.

Hasil dari penelitian tersebut yaitu terdapat pengaruh pemberian urine kelinci dan air kelapa terhadap pertumbuhan rimpang dan kandungan minyak atsiri jahe merah. Perlakuan C (air kelapa 50%) dan H (urine kelinci 50% + air kelapa 25%) menghasilkan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, jumlah anakan, dan berat kering rimpang jahe merah yang lebih tinggi daripada perlakuan lainnya pada umur 20 mst. Perlakuan C (air kelapa 50%) dan H (urine kelinci 50% + air kelapa 25% ) juga menghasilkan kandungan minyak atsiri yang lebih tinggi daripada perlakuan lainnya, masing-masing sebesar 1,48 g (0,98%) dan 1,40 g (0,93%) pada umur 32 mst.

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang yaitu :

Pada penelitian terdahulu menggunakan bahan urine kelinci dan air kelapa dengan variasi konsentrasi bahan. Sedangkan pada penelitian sekarang menggunakan limbah sayuran pasar yaitu kubis ditambah dengan air leri serta urine sapi dan limbah sayuran pasar yaitu kubis ditambah dengan air leri serta urine kelinci dengan konsentrasi bahan yang sama.

4. Noor Adi Susetyo, 2013

Penelitian dengan judul “Pemanfaatan Urine Sapi sebagai Pupuk Organik Cair (POC) dengan Penambahan Akar Bambu Melalui Proses Fermentasi dengan Waktu yang Berbeda”.

Hasil dari penelitian tersebut yaitu pada pemanfaatan urine sapi untuk pupuk organik cair dengan penambahan akar bambu melalui proses fermentasi dengan waktu yang berbeda yaitu 7 hari dan 14 hari yang paling efektif yaitu pada perlakuan X<sub>2</sub>Kc (menambahkan 2% PGPR akar bambu dari urine sapi melalui proses fermentasi 14 hari).

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang yaitu :

Pada penelitian terdahulu menggunakan bahan urine sapi ditambah akar bambu dengan variasi konsentrasi bahan dan variasi waktu fermentasi. Sedangkan pada penelitian sekarang menggunakan limbah sayuran pasar yaitu kubis ditambah dengan air leri serta urine sapi dan limbah sayuran pasar yaitu kubis ditambah dengan air leri serta urine kelinci dengan konsentrasi bahan yang sama dan waktu fermentasi yang sama.

5. Karno, Beny Suyanto, Hery Koesmantoro, 2013

Penelitian dengan judul “Penggunaan Urine sebagai Bahan Baku Pupuk Organik Cair (POC) dalam Memproduksi Makanan Organik Sehat”.

Hasil Penelitian tersebut yaitu

- a. Urine manusia setelah melalui proses aerasi dan fermentasi dalam 7 hari, kadar N meningkat dari 0,14% menjadi 0,20% (meningkat 42,86%), kadar K juga meningkat 22,31%. Sementara itu, kadar P turun drastis 82,45%. Secara fisik, warna urine tidak berubah.
- b. Urine manusia setelah melalui proses aerasi dan fermentasi dalam 14 hari, kadar N meningkat 100% dan kadar K juga meningkat 30,77%. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin lama proses fermentasi, semakin tinggi tingkat nitrogen dan kalium dalam urine. Sebaliknya, semakin lama fermentasi, kadar P turun 94,12%.
- c. Urine manusia setelah 21 hari fermentasi, kadar N meningkat 107,14% dan kadar K juga meningkat 30,77%. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi, semakin tinggi tingkat nitrogen, sedangkan, kadar kalium tidak meningkat. Sementara itu, kadar P menurun 58,82%.

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang yaitu :

- a. Pada penelitian terdahulu menggunakan bahan urine manusia sedangkan pada penelitian sekarang menggunakan limbah sayuran pasar (kubis) dengan penambahan air leri dan urine sapi, dan urine kelinci.
- b. Pada penelitian terdahulu menggunakan proses fermentasi dan aerasi serta perbandingan lama fermentasi sedangkan pada penelitian sekarang menggunakan proses fermentasi serta perbandingan jenis bahan.

Tabel II.1 Penelitian-Penelitian yang Relevan

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Waktu dan Lokasi Penelitian	Variabel Penelitian	Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Stephanus Hendra Rinaldi, Tb Benito A Kurnani, Bambang Sudiarto, 2015	Pengaruh Perbandingan Limbah Peternakan Sapi Perah dan Limbah Kubis ( <i>Brassica oleracea</i> ) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair terhadap Kandungan NPK	Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai pada bulan Februari 2015 di Laboratorium Mikrobiologi dan Pengelolaan Limbah Peternakan, Fakultas Peternakan	Limbah peternakan sapi perah (feses, sisa pakan ternak / rorapen), limbah kubis, Kandungan NPK pada pupuk organik cair, suhu dan pH	Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL)	Penggunaan berbagai tingkat perbandingan limbah peternakan sapi perah dan limbah kubis pada pembuatan pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap kandungan NPK di dalam pupuk organik cair yang dihasilkan. Sedangkan kandungan NPK di dalam pupuk organik cair tertinggi dicapai pada penggunaan perbandingan 70% limbah peternakan sapi dan 30% limbah kubis, yaitu 0,071% N, 0,018% P, dan 0,285% K. Namun N dan P pupuk organik cair yang dihasilkan masih dibawah SNI, sedangkan N telah mencukupi bahkan lebih tinggi.

2.	Wardiah, Linda, dan Hafnati Rahmatan, 2014	Potensi Air Cucian Beras sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan Pakchoy ( <i>Brassica rapa L.</i>	Penelitian ini dilaksanakan di Desa Meunasah Tutoeng, Kecamatan Montasik Kabupaten Aceh Besar selama 30 hari	Variasi konsentrasi bahan air leri, variasi waktu pertumbuhan tanaman, tinggi tanaman dan jumlah daun	Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK)	Berbagai konsentrasi air cucian beras berpengaruh nyata dalam meningkatkan tinggi tanaman pada 10 dan 20 hari setelah tanam dan berat kering. Sebaliknya, air cucian beras tersebut tidak memberikan pengaruh nyata pada jumlah daun. Selanjutnya, konsentrasi terbaik air leri pada semua parameter adalah 100%
3.	Kusnadi, I. Tivani, 2017	Pengaruh Pemberian Urine Kelinci dan Air Kelapa terhadap Pertumbuhan Rimpang dan Kandungan Minyak Atsiri Jahe Merah	Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Farmasi pada Bulan April sampai September 2017.	Variasi konsentrasi bahan urine kelinci dan air kelapa, pertumbuhan rimpang, dan kandungan minyak atsiri jahe merah	Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL)	Terdapat pengaruh pemberian urine kelinci dan air kelapa terhadap pertumbuhan rimpang dan kandungan minyak atsiri jahe merah. Perlakuan C (air kelapa 50%) dan H (urine kelinci 50% + air kelapa 25%) menghasilkan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, jumlah anakan, dan

					berat kering rimpang jahe merah yang lebih tinggi daripada perlakuan lainnya pada umur 20 mst. Perlakuan C (air kelapa 50%) dan H (urine kelinci 50% + air kelapa 25% ) juga menghasilkan kandungan minyak atsiri yang lebih tinggi daripada perlakuan lainnya, masing-masing sebesar 1,48 g (0,98%) dan 1,40 g (0,93%) pada umur 32 mst.	
4.	Noor Adi Susetyo, 2013	Pemanfaatan Urine Sapi sebagai Pupuk Organik Cair (POC) dengan Penambahan Akar Bambu Melalui Proses Fermentasi dengan Waktu yang Berbeda	Penelitian dilakukan pada tanggal 31 Mei 2013 di kost peneliti karang asem dan Laboratorium FMIPA UNS	Variasi konsentrasi bahan urine sapi dan akar bambu, variasi waktu fermentasi, dan kandungan NPK	Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL)	Pada pemanfaatan urine sapi untuk pupuk organik cair dengan penambahan akar bambu melalui proses fermentasi dengan waktu yang berbeda yaitu 7 hari dan 14 hari yang paling efektif yaitu pada perlakuan X <sub>2</sub> Kc (menambahkan 2% PGPR akar bambu dari

						urine sapi melalui proses fermentasi 14 hari).
5.	Karno, Beny Suyanto, Hery Koesmantoro, 2013	Penggunaan Urine sebagai Bahan Baku Pupuk Organik Cair (POC) dalam Memproduksi Makanan Organik Sehat	Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai bulan Agustus 2013 di Prodi D3 Kesehatan Lingkungan Magetan	Urine manusia, waktu fermentasi, pH, kandungan NPK	Jenis penelitian yang digunakan yaitu pra eksperimen dengan desain penelitian one group pretest posttest design	a. Urine manusia setelah melalui proses aerasi dan fermentasi dalam 7 hari, kadar N meningkat dari 0,14% menjadi 0,20% (meningkat 42,86%), kadar K juga meningkat 22,31%. Sementara itu, kadar P turun drastis 82,45%. Secara fisik, warna urine tidak berubah. b. Urine manusia setelah melalui proses aerasi dan fermentasi dalam 14 hari, kadar N meningkat 100% dan kadar K juga meningkat 30,77%. Kondisi ini menunjukkan



---

bahwa semakin lama proses fermentasi, semakin tinggi tingkat nitrogen dan kalium dalam urine. Sebaliknya, semakin lama fermentasi, kadar P turun 94,12%.

c. Urine manusia setelah 21 hari fermentasi, kadar N meningkat 107,14% dan kadar K juga meningkat 30,77%. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi, semakin tinggi tingkat nitrogen, sedangkan, kadar kalium tidak meningkat. Sementara itu, kadar P menurun 58,82%.

---

## **B. Telaah Pustaka Lain yang Relevan dengan Masalah**

### **1. Limbah**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Limbah adalah sisa hasil usaha dan/atau kegiatan. Limbah merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber aktifitas manusia maupun alam yang belum memiliki nilai ekonomi. Limbah selalu identik dengan barang sisa atau hasil buangan yang sudah tidak layak pakai baik yang bersumber dari tanaman maupun hewan (Mulyanti, 2018).

Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia senyawa organik dan senyawa anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah. Karakteristik limbah dipengaruhi oleh ukuran partikel (mikro), sifatnya dinamis, penyebarannya luas dan berdampak panjang atau lama. Sedangkan kualitas limbah dipengaruhi oleh volume limbah, kandungan bahan pencemar dan frekuensi pembuangan limbah. Berdasarkan karakteristiknya, limbah industri dapat digolongkan menjadi 4 yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas dan partikel serta limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Upaya untuk mengatasi limbah diperlukan pengolahan dan penanganan limbah. (Endang, 2009).

## 2. Limbah Sayuran

Limbah sayuran merupakan limbah yang jumlahnya banyak di pasar khususnya pasar tradisional. Limbah sayuran adalah bagian dari sayuran atau sayuran yang sudah tidak dapat digunakan atau dibuang. Limbah sayuran terdiri dari limbah sawi hijau, sawi putih, dan kubis serta masih banyak lagi limbah-limbah sayuran lainnya. Limbah sayuran berpeluang digunakan sebagai bahan untuk pembuatan pupuk organik karena ketersediannya yang melimpah serta mudah didapatkan (Nisa Sulastri, 2017). Limbah sayuran yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah kubis, karena limbah sayuran yang paling banyak dihasilkan di pasar sayur yaitu limbah kubis.

### 1) Klasifikasi Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)

Menurut klasifikasi dalam tata nama (sistem tumbuhan) tanaman kubis termasuk ke dalam :

Tabel II. 2 Klasifikasi Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)

Komponen	Keterangan
Kingdom	Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	Spermatophyta (tanaman berbiji)
Sub Divisi	Angiospermae (biji berada di dalam buah)
Kelas	Dicotyledonae (biji berkeping dua atau biji belah)
Sub Kelas	Dilleniidae
Ordo	Capparales
Famili	Brassicaceae (suku sawi-sawian)
Genus	Brassica
Spesies	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.

Sumber: <https://majalah.stfi.ac.id/kubis-brassica-oleracea-var-capitata-l/>

Kubis merupakan sayuran daun yang cukup populer di Indonesia. Di beberapa daerah orang lebih sering menyebutnya sebagai kol (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) . Kubis memiliki ciri khas membentuk krop. Kubis mengandung air > 90% sehingga mudah mengalami pembusukan (Saenab, 2010 dalam Septiawan, 2018). Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) merupakan salah satu jenis sayuran yang banyak tumbuh di daerah dataran tinggi. Jenis kubis ada beberapa macam, diantaranya kubis putih dan kubis hijau yang banyak tumbuh di daerah dataran tinggi Sumatera Barat. Kubis mempunyai cita rasa yang enak dan lezat, juga mengandung gizi yang cukup tinggi (Khumalawati & Ulfa, 2009).

2) Morfologi Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)

Kepala kubis lebih tepat digambarkan sebagai tunas akhir tunggal yang besar, yang terdiri atas daun yang saling bertumpang-tindih secara ketat, yang menempel dan melingkupi batang pendek tidak bercabang. Tinggi tanaman umumnya berkisar antara 40 dan 60 cm. Pada sebagian kultivar, pertumbuhan daun awalnya memanjang dan tiarap. Daun berikutnya secara progresif lebih pendek, lebih lebar, lebih tegak, dan mulai menindih daun yang lebih muda. Pembentukan daun yang terus berlangsung dan pertumbuhan daun terbawah dari daun yang saling bertumpangtindih meningkatkan kepadatan kepala yang berkembang. Bersamaan dengan pertumbuhan daun, batang juga lambat laun memanjang dan membesar. Pertumbuhan kepala bagian dalam yang terus berlangsung melewati fase matang (keras) dapat menyebabkan pecahnya kepala. Variabel komoditas yang penting adalah ukuran kepala, kerapatan, bentuk, warna, tekstur daun, dan periode kematangan (Vincent, 1998 dalam Rusmiati *et al*, 2007).

3) Kandungan Gizi Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)

Kubis mengandung zat gizi yang baik bagi tubuh dan kandungan tersebut juga baik jika dijadikan pupuk. Kandungan gizi kubis setiap 100 g diuraikan dalam Tabel 2. 3 berikut :

Tabel II .3 Kandungan Gizi Kubis Setiap 100 g

No.	Komposisi	Jumlah
1.	Air (g)	92,4
2.	Energi (Kal)	29
3.	Protein (g)	1,4
4.	Lemak (g)	0,2
5.	Karbohidrat (g)	5,3
6.	Serat (g)	1,9
7.	Abu (g)	0,9
8.	Kalsium (mg)	46
9.	Fosfor (mg)	31
10.	Besi (mg)	0,5
11.	Natrium (mg)	28
12.	Kalium (mg)	236,8
13.	Tembaga (mg)	0,29
14.	Seng (mg)	0,3
15.	B-Karoten (mcg)	46
16.	Karoten Total (mcg)	80
17.	Thiamin (mg)	0,06
18.	Riboflavin (mg)	0,07
19.	Niasin (mg)	0,3
20.	Vitamin C (mg)	50

Sumber : (Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat RI 2017)

### 3. Air Leri atau Air Cucian Beras

#### a. Pengertian Air Leri atau Air Cucian Beras

Padi (*Oryza sativa*) jika diolah hasilnya beras yang mengalami pelepasan tangkai serta kulit biji dengan cara digiling maupun ditumbuk. Komponen terbesar beras adalah karbohidrat yang sebagian besar terdiri dari pati yang berjumlah 85- 90%. Kandungan yang lain selain karbohidrat adalah selulosa, hemiselulosa dan *pentosan*. Zat pati tertinggi terdapat pada bagian *endosperm*, makin ke tengah kandungan patinya makin menipis (Agustri, 2012 dalam Chandra *et al*, 2017).

Beras merupakan sumber energi dan protein, mengandung berbagai unsur mineral dan vitamin. Air leri juga mudah didapatkan karena sebagian besar masyarakat Indonesia menggunakan beras (nasi) sebagai makanan pokok. Air leri merupakan air bekas cucian beras yang belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Hal tersebut disebabkan karena masyarakat belum mengetahui manfaat dari air leri. Air leri belum dimanfaatkan secara optimal, meski masih mengandung banyak vitamin, mineral dan unsur lainnya (Kalsum *et al*, 2011).

#### b. Kandungan Air Leri atau Air Cucian Beras

Limbah air cucian beras yang banyak terdapat di hampir seluruh rumah penduduk Indonesia memiliki kandungan nutrisi yang berlimpah, diantaranya karbohidrat berupa pati 85-90%, lemak, protein gluten, selulosa, hemiselulosa, gula dan vitamin yang tinggi. Air cucian beras mengandung vitamin seperti niasin, riboflavin, *piridoksin* dan *thiamin*, serta mineral seperti Ca, Mg dan Fe yang diperlukan untuk pertumbuhan jamur (Astuti, 2013 dalam Chandra, Dewi, & Prastiyanto, 2017).

Kandungan beberapa unsur kimia air limbah cucian beras secara umum disajikan dalam tabel berikut :

Tabel II. 4 Kandungan Air Leri atau Air Cucian Beras

No.	Komposisi	Jumlah (%)
1.	Karbohidrat	90
2.	Protein	8,77
3.	Lemak	1,09
4.	Vitamin B1	70
5.	Vitamin B3	90
6.	Vitamin B6	50
7.	Mangan (Mn)	50
8.	Fosfor (f)	60
9.	Zat Besi (Fe)	50
10.	Nitrogen (N)	0,015
11.	Magnesium (Mg)	14,525
12.	Kalium (K)	0,02
13.	Kalsium (Ca)	2,94

*Sumber : (Wardiah 2014 dalam Chandra, Dewi, & Prastiyanto, 2017)*

#### 4. Urine Sapi

##### a. Pengertian Urine Sapi

Urine sapi merupakan limbah peternakan yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair. Urine sapi ini memiliki kandungan N dan K yang tinggi dan terdapat cukup kandungan P untuk perkembangan tanaman. Selain dapat bekerja dengan cepat, Urine sapi ternyata mengandung hormon tertentu yang dapat merangsang perkembangan tanaman (Sutedjo, 2010 dalam Kurniawan *et al*, 2017).

Urine sapi yang difermentasi memiliki kadar nitrogen, fosfor, dan kalium lebih tinggi dibanding dengan sebelum difermentasi, sedangkan kadar C-organik pada Urine sapi yang telah difermentasi menurun. Sebenarnya Urine sapi sudah banyak dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk organik cair

dalam bidang pertanian dengan tujuan meningkatkan produksi tanaman. Urine sapi telah digunakan sebagai pupuk organik contohnya pada tanaman jagung manis (Kurniawan, 2017).

b. Kandungan Urine Sapi

Kotoran hewan memungkinkan dijadikan sebagai bahan baku pupuk organik karena kandungan unsur haranya yang cukup baik. Adapun kandungan zat hara pada beberapa kotoran ternak padat dan cair terlihat pada tabel berikut :

Tabel II. 5 Jenis dan Kandungan Zat Hara pada Beberapa Kotoran Ternak Padat dan Cair

No.	Nama ternak dan bentuk kotorannya	Nitrogen (%)	Fosfor (%)	Kalium (%)	Air (%)
1.	Kuda-padatir	0,55	0,30	0,40	75
2.	Kuda-cair	1,40	0,02	1,60	90
3.	Kerbau-padat	0,60	0,30	0,34	85
4.	Kerbau-cair	0,50	0,15	1,50	92
5.	Sapi-padat	0,40	0,20	0,10	85
6.	Sapi-cair	1,00	0,50	1,50	92
7.	Kambing-padat	0,60	0,30	0,17	60
8.	Kambing-cair	1,50	0,13	1,80	85
9.	Domba-padat	0,75	0,50	0,45	60
10.	Domba-cair	1,35	0,05	2,10	85
11.	Babi-padat	0,95	0,35	0,40	80
12.	Babi-cair	0,40	0,10	0,45	87
13.	Ayam-padat dan cair	1,00	0,80	0,40	55

Sumber : (Lingga, 1991 dalam Jasmidi, M, & Prastowo, 2018)

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa kotoran hewan padat maupun cair atau urinenya mengandung zat hara berupa unsur nitrogen, fosfor dan kalium. Pada tabel tersebut terlihat pula kandungan zat hara pada urine sapi, terutama jumlah kandungan nitrogen, fosfor, kalium, lebih banyak jika dibandingkan dengan kotoran sapi padat.



## 5. Urine Kelinci

### a. Pengertian Urine Kelinci

Urin kelinci merupakan salah satu limbah peternakan dan bahan yang dapat dijadikan sebagai pupuk organik cair (POC) yang memiliki kelebihan pada kandungan unsur hara baik mikro maupun makro yang melebihi kandungan urin sapi, kambing dan domba (Rasyid, 2017).

Pupuk organik cair urine kelinci dapat meningkatkan perkembangbiakan mikroorganisme dalam tanah yang aktif merombak dan melepaskan unsur hara dalam proses pelapukan, sehingga proses dekomposisi akan menggabungkan butir-butir tanah lepas yang menyebabkan daya serap air menjadi lebih baik. Pemberian POC urin kelinci mampu menyediakan hara untuk menunjang pertumbuhan vegetatif dan produksi tanaman serta meningkatkan kandungan unsur hara dan dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Rasyid, 2017).

### b. Kandungan Urine Kelinci

Pupuk organik cair yang berasal dari urine kelinci mempunyai kandungan unsur hara yang cukup tinggi. Manfaat pupuk organik cair dari urine kelinci yaitu membantu meningkatkan kesuburan tanah serta meningkatkan produktivitas tanaman (Sembiring *et al*, 2017). Adapun kandungan unsur hara pada urine kelinci disajikan pada tabel berikut :

Tabel II. 6 Kandungan Urine Kelinci

No.	Komposisi	Jumlah (%)
1.	Nitrogen	2,72
2.	Fosfor	1,1
3.	Kalium	0,5

Sumber : *Badan Penelitian Ternak (Balitnak) tahun 2015*

Urin kelinci adalah salah satu pupuk organik cair yang memiliki kandungan nitrogen (N) yang melimpah dimana kandungan tersebut penting

bagi tanaman. Unsur N diperlukan oleh tanaman untuk pembentukan bagian vegetatif tanaman, seperti daun, batang, dan akar serta berperan vital pada saat tanaman melakukan fotosintesa, sebagai pembentuk klorofil (Rosdiana, 2015).

## **6. Mikroorganisme Lokal (MOL)**

Mikroorganisme lokal (MOL) menjadi alternatif penunjang kebutuhan unsur hara dalam tanah sebagai pemanfaatan penggunaan pupuk cair. Dalam larutan MOL terdapat kandungan unsur hara makro, mikro, dan mikroorganisme yang berpotensi sebagai perombak bahan organik, perangsang pertumbuhan, dan agen pengendali hama dan penyakit tanaman sehingga baik digunakan sebagai dekomposer, pupuk hayati, dan pestisida organik. Faktor-faktor yang menentukan kualitas larutan MOL antara lain media fermentasi, kadar bahan baku atau substrat, bentuk dan sifat mikroorganisme yang aktif di dalam proses fermentasi, pH, temperatur, lama fermentasi, dan rasio C/N larutan MOL (Seni *et al*, 2013 dalam Wulandari, 2015).

Mikroorganisme Lokal (MOL) dapat bersumber dari bermacam-macam bahan lokal, antara lain urine sapi, batang pisang, daun gamal, buah-buahan, nasi basi, sampah rumah tangga, rebung bambu, serta rumput gajah dan dapat berperan dalam proses pengelolaan limbah ternak, baik limbah padat untuk dijadikan kompos maupun limbah cair ternak untuk dijadikan *bio-urine* (Sutari, 2010 dalam Budiyan *et al*, 2016).

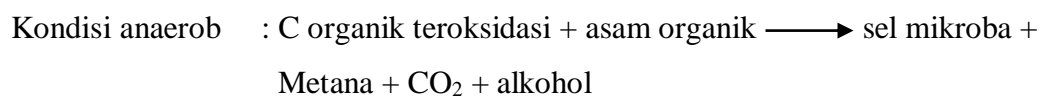
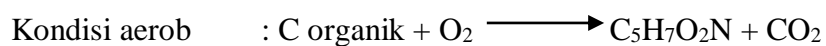
## **7. Fermentasi**

Fermentasi merupakan proses pemecahan senyawa organik menjadi senyawa sederhana yang melibatkan mikroorganisme. Fermentasi merupakan segala macam proses metabolisme (enzim, jasad renik secara oksidasi, reduksi, hidrolisa, atau reaksi kimia lainnya) yang melakukan perubahan kimia pada suatu substrat organik dengan menghasilkan produk akhir. Prinsip dari fermentasi ini adalah bahan limbah organik dihancurkan oleh mikroba dalam kisaran temperatur dan kondisi tertentu yaitu fermentasi. Studi tentang jenis bakteri yang respon

untuk fermentasi telah dimulai sejak tahun 1892 sampai sekarang. Ada dua tipe bakteri yang terlibat yaitu bakteri fakultatif yang mengkonversi selulosa menjadi glukosa selama proses dekomposisi awal dan bakteri obligate yang respon dalam proses dekomposisi akhir dari bahan organik yang menghasilkan bahan yang sangat berguna dan alternatif energi pedesaan (Huda, 2013).

Penguraian bahan organik akan berlangsung melalui jalur-jalur proses yang sudah dikenal, yang secara keseluruhan disebut dengan proses fermentasi. Bahan organik tersebut pada tahap awal akan diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti gula, gliserol, asam lemak dan asam amino. Selanjutnya akan dilanjutkan dengan proses lain baik secara aerobik maupun anaerob (Suriawiria 2003 dalam Fitria 2008).

Kondisi aerobik dan kondisi anaerobik sangat berperan dalam tahap-tahap penguraian bahan organik. Secara umum penguraian aerobik menghasilkan unsur C dalam bentuk CO<sub>2</sub> dan penguraian anaerobik menghasilkan unsur C dalam bentuk alkohol. Karbon digunakan sebagai sumber energi dan nitrogen sebagai sumber protein untuk perkembangan dan pertumbuhan mikroorganisme. Pada kondisi aerobik karbon diubah menjadi CO<sub>2</sub> dan sel bakteri, sedangkan dibawah kondisi anaerobik karbon organik diubah menjadi CO<sub>2</sub>, metana dan senyawa produksi lainnya (Jenie dan Rahayu 1993 dalam Fitria, 2008). Secara sederhana reaksi sebagai berikut :

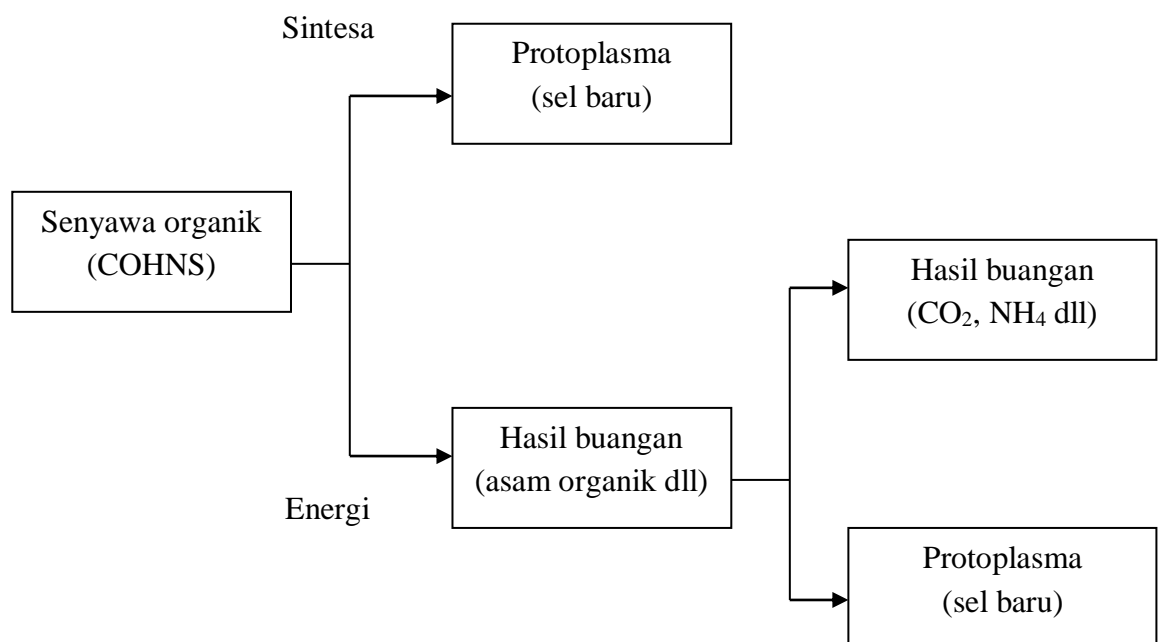


Pada kondisi anaerob senyawa-senyawa tertentu akan dihasilkan seperti CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, asam laktat dan sebagainya. Pada kondisi anaerob, senyawa organik bertindak sebagai donor elektron, dimana pada kondisi ini produksi biomasa sel akan rendah, penguraian senyawa organik sangat rendah (Suriawiria 2003 dalam Fitria, 2008).

Pada kondisi aerob mikroorganisme mengambil oksigen dari udara dan makanan dari bahan organik. Bahan organik tersebut di konversi menjadi produk metabolisme biologi berupa  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan energi. Energi yang digunakan sebagian digunakan untuk gerakan dan pertumbuhan mikroorganisme baru, sisanya dibebaskan sebagai panas (Dalzell *et al* 1987 diacu dalam Nengsih 2002).

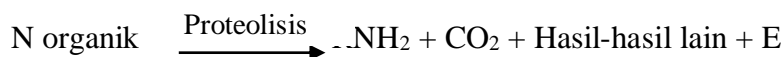
Penguraian bahan organik dapat dilakukan secara konvensional dan nonkonvensional. Proses nonkonvensional melibatkan penambahan inokulan bakteri bahan lain. Hasil metabolik utama dari penguraian bahan organik secara aerobik menurut Gaur (1983) diacu dalam Nengsih (2002) akan menghasilkan  $\text{CO}_2$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ ; dan panas, sedangkan hasil penguraian bahan organik secara anaerobik akan menghasilkan metana;  $\text{CO}_2$ ; dan senyawa antara berupa asam organik (Indriani, 1999 dalam Fitria, 2008).

Mekanisme proses penguraian bahan organik secara anaerob dapat dilihat pada bagan berikut (Suriawiria, 2003 dalam Fitria, 2008).

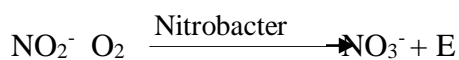
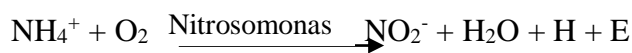


Bagan II. 1 Proses penguraian senyawa organik secara anaerob

Penguraian N organik terutama protein melibatkan dua proses mikrobiologi yaitu amonifikasi dan nitrifikasi. Amonifikasi merupakan mengubah N organik menjadi amonium melalui proses proteolisis dan amonifikasi. Proteolisis adalah pelepasan N amino dari bahan organik. Amonifikasi adalah reduksi N amino menjadi NH<sub>3</sub>. Adapun reaksinya adalah sebagai berikut (Notohadiprawiro, 1999 dalam Fitria, 2008).



Apabila O<sub>2</sub> tersedia dan faktor-faktor lingkungan lain mendukung, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> akan mudah dioksidasi menjadi NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (nitrit) dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrat). Oksidasi ini disebut nitrifikasi dan berlangsung dengan dua langkah yaitu nitritasi dan nitratasi. Secara sederhana proses nitrifikasi adalah sebagai berikut.



Penguraian bahan organik dapat berlangsung terbatas atau tuntas. Proses penguraian bahan organik yang berlangsung terbatas akan menghasilkan bahan organik yang lebih sederhana daripada sebelumnya. Penguraian bahan organik yang berlangsung tuntas akan membebaskan unsur-unsur yang semula berada dalam ikatan molekul organik menjadi senyawa-senyawa anorganik. Fase perombakan bahan organik terjadi atas tiga fase yang saling tumpang tindih yaitu :

- a. Fase pemecahan mekanik
- b. Fase biokimia awal. Pada poses ini terjadi hidrolisis dan oksidasi. Pada proses hidrolisis terjadi pemecahan parsial senyawa-senyawa polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti pemecahan protein menjadi peptide dan

asam amino. Pada proses oksidasi terjadi penguraian yang menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

- c. Fase penguraian mikrobiologi oleh mikroorganisme. Pada fase ini terjadi proses enzimatik dan oksidasi. Enzim diproduksi oleh mikroorganisme akan menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Hasil penguraian ini sebagian akan digunakan untuk membangun tubuh dan sebagian lagi digunakan sebagai sumber energi,

Hasil penguraian bahan organik secara aerob dan anaerob dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel II. 7 Penguraian Senyawa Organik

Senyawa	Enzim	Hasil akhir	
		Proses anaerobik	Proses aerobik
Protein	Proteinase	Asam amino, ammonia, H <sub>2</sub> S, metan, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , alkohol, asam organik, fenol, indol	Amonia, nitrit, nitrat, H <sub>2</sub> S, alkohol, asam organik, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
Karbohidrat	Karbohidrase	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , alkohol, asam lemak	Alkohol, asam lemak, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
Lemak/lipid	Lipase	Asam lemak, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , alkohol	Asam lemak, gliserol, alkohol, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O

*Sumber : (Sariawiria , 2003 dalam Fitria, 2008)*

Laju penguraian organik ditentukan oleh faktor bahan organik itu sendiri dan faktor luar (lingkungan). Faktor lingkungan bertindak lewat pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme. Faktor lingkungan yang terutama berpengaruh ialah suhu, nilai C/N, dan pH (Notohadiprawiro, 1999 dalam Fitria 2008).

Suhu akan mempengaruhi metabolisme pola mikroorganisme. Penguraian akan berlangsung optimal ada suhu optimal mikroorganisme. Nilai C/N dalam bahan organik menentukan mekanisme penguraian yang terjadi. Mikroorganisme akan mengikat nitrogen tetapi tergantung pada ketersediaan karbon (Aminah *et al*, 2003 dalam Fitria, 2008). Apabila ketersediaan karbon terbatas (C/N terlalu rendah) tidak cukup senyawa sebagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan mikroorganisme untuk mengikat nitrogen bebas. Nilai pH

mempengaruhi proses penguraian yang berlangsung. Nilai pH optimum berkisar antara 5,0 dan 8,0. Bakteri lebih senang pada pH netral, fungsi berkembang cukup baik pada kondisi pH agak asam.

## **8. Pupuk Organik Cair**

### **1. Pengertian**

Menurut Kurniawan (2017), Pupuk organik cair adalah cairan yang mengandung unsur hara makro dan mikro dan juga mengandung bakteri yang dapat berperan sebagai perombak bahan organik. Pupuk organik cair dibuat dengan menggunakan bahan dasar limbah organik, sehingga biaya yang digunakan dalam pembuatannya tidak begitu banyak. Pupuk cair biasanya digunakan sebagai perangsang pertumbuhan tanaman atau sebagai pupuk untuk tanaman, selain itu pupuk organik cair juga dapat berfungsi sebagai dekomposer dalam pembuatan pupuk kompos dan dapat digunakan sebagai pestisida organik.

### **2. Keuntungan Pupuk Organik Cair**

Untung (2012) dalam Kurniawan (2017) menjelaskan bahwa pupuk cair memiliki beberapa keuntungan, yaitu:

- a. Mudah untuk dilakukan. Pemberian pupuk organik cair dapat dilakukan dengan sangat mudah yaitu hanya perlu disemprotkan langsung ke tanaman atau disiram pada permukaan tanah sekitar pangkal batang tanaman
- b. Bahan dasar yang murah. Bahan pembuatan pupuk cair yang berasal dari limbah-limbah organik yang mudah didapat, menyebabkan pembuatannya tidak terlalu membutuhkan banyak biaya
- c. Waktu pembuatan yang singkat . Waktu pembuatan pupuk cair tidak lama, setidaknya hanya memerlukan 1-3 minggu hingga selesai fermentasi. Jika dibandingkan dengan waktu pembuatan pupuk kompos yang membutuhkan waktu secepatnya yaitu satu bulan

- d. Ramah lingkungan. Pupuk cair terbuat dari bahan dasar organik, menyebabkan penggunaan pupuk ini tidak meninggalkan residu negatif bagi tanaman
- e. Meningkatkan hasil panen. Unsur hara serta mikroba yang terkandung di dalam pupuk cair dapat menyuburkan dan memperkaya unsur hara tanah. Tanah yang subur dan kaya unsur hara menjadi media yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman
- f. Menghasilkan pupuk yang mengandung mikroba
- g. Memperbaiki kualitas tanah

### 3. Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Pupuk Organik Cair

Pembuatan pupuk organik cair dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

- a. Nilai C/N bahan  
Semakin besar nilai C/N bahan maka proses penguraian oleh bakteri akan semakin lama. Proses pembuatan kompos akan menurunkan C/N rasio sehingga menjadi 12-20 (Indriani, 2004 dalam Rasyid, 2017).
- b. Ukuran Bahan  
Bahan yang berukuran lebih kecil akan lebih cepat proses pengomposannya karena semakin luas bahan yang tersentuh bakteri (Indriani, 2004 dalam Rasyid, 2017).
- c. Komposisi bahan  
Pengomposan dari beberapa macam bahan akan lebih baik dan lebih cepat. Pengomposan bahan organik dari tanaman akan lebih cepat bila ditambah dengan kotoran hewan (Indriani, 20014 dalam Rasyid, 2017).
- d. Jumlah mikroorganisme  
Dengan semakin banyaknya jumlah mikroorganisme maka proses pengomposan diharapkan akan semakin cepat. Jumlah mikroorganisme fermentasi didalam EM4 sangat banyak, sekitar 80 genus. Mikroorganisme tersebut dipilih yang dapat bekerja efektif dalam memfermentasikan bahan organik. Dari sekian banyak mikroorganisme ada lima golongan yang pokok yaitu, bakteri fotosintesis, *Lactobasilius*



sp, *Aspergillus* sp, ragi (*yeast*) dan *Actinomycetes* (Indriani, 2004 dalam Rasyid, 2017).

e. Kelembaban

Umumnya mikroorganisme tersebut dapat bekerja dengan kelembaban sekitar 40-60%. Kondisi tersebut perlu dijaga agar mikroorganisme dapat bekerja secara optimal (Indriani, 2004 dalam Rasyid, 2017).

f. Suhu

Faktor suhu sangat berpengaruh terhadap proses pengomposan karena berhubungan dengan jenis mikroorganisme yang terlibat. Bila suhu terlalu tinggi mikroorganisme akan mati. Bila suhu relatif rendah mikroorganisme belum dapat bekerja atau dalam keadaan dorman. Proses fermentasi mikroba menguraikan bahan organik menjadi CO<sub>2</sub>, uap air dan panas. Setelah sebagian besar bahan telah terurai maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan (Rasyid, 2017).

Bila suhu atau temperatur terlalu tinggi maka mikroorganisme akan mati. Bila suhu atau temperatur relatif lebih rendah maka mikroorganisme belum dapat bekerja atau masih dalam keadaan dorman. Aktifitas mikroorganisme dalam proses pembuatan pupuk organik umumnya menghasilkan panas sehingga untuk menjaga suhu tetap optimal sering dilakukan pembalikan atau pengadukan. Suhu atau temperatur optimal pupuk organik sekitar 30 – 50°C (hangat) (Indriani, 2004 dalam Rasyid, 2017).

g. Keasaman (pH)

Jika bahan yang dikomposkan terlalu asam, pH dapat dinaikkan dengan cara menambahkan kapur. Sebaliknya, jika nilai pH tinggi (basa) bisa diturunkan dengan menambahkan bahan yang bereaksi asam (mengandung nitrogen) seperti urea atau kotoran hewan (Indriani, 2004 dalam Rasyid, 2017).

Derajat keasaman pada proses awal proses pengomposan akan mengalami penurunan karena sejumlah mikroorganisme yang terlibat dalam pengomposan mengubah bahan organik menjadi asam organik.

Pada proses selanjutnya mengkonversikan asam organik yang telah terbentuk sehingga bahan memiliki derajat keasaman yang tinggi dan mendekati netral (Rasyid, 2017).

Pada proses fermentasi pH agak turun pada awal proses pengomposan karena aktivitas bakteri yang menghasilkan asam. Dengan munculnya mikroorganisme lain dari bahan yang didekomposisikan, maka pH bahan akan naik setelah beberapa hari dan kemudian berapapun pada kondisi netral (Indriani, 2004). pH yang optimum setelah proses pengomposan adalah berkisar 5,5-6,5 dan kurang dari 8 (Rasyid, 2017).

#### h. Warna dan Bau

Ciri fisik pupuk organik cair yang telah matang dengan sempurna adalah berwarna kuning kecoklatan dan berbau bahan pembentuknya sudah membusuk serta adanya bercak-bercak putih (semakin banyak semakin bagus) (Indriani, 2004). (Indriani, 2004 dalam Rasyid, 2017)

#### 4. Unsur Hara

Menurut hasil penelitian, setiap tanaman memerlukan paling sedikit 16 unsur (ada yang menyebutnya zat) agar pertumbuhannya normal. Dari ke-16 unsur tersebut, 3 unsur (karbon, hidrogen, dan oksigen) diperoleh dari udara, sedangkan 13 unsur lagi disediakan oleh tanah. Jadi, tanah sebagai dapur bagi tanaman setidaknya harus tersedia 13 jenis menu agar pertumbuhannya normal. Ke-13 unsur tersebut adalah nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), sulfur atau belerang (S), klorin (Cl), ferum atau besi (Fe), mangan (Mn), kuprum atau tembaga (Cu), zink atau seng (Zn), boron (B), dan *molybdenum* (Mo) (Pinus & Marsono, 2008).

Kalau dilihat dari jumlah yang disedot tanaman, dari ke-13 unsur tersebut hanya enam unsur saja yang diambil tanaman dalam jumlah banyak. Unsur yang dibutuhkan dalam jumlah banyak tersebut disebut unsure makro. Keenam jenis unsur tersebut adalah N, P, K, S, Ca, dan Mg. Namun bisa dilihat kegunaan ke-6 unsur tersebut hanya tiga unsure saja yang mutlak ada

di dalam tanah dan perlu bagi tanaman. Sementara tiga unsure lainnya lagi boleh ada dan boleh tidak meskipun dibutuhkan dalam jumlah banyak. Ketiga unsur yang mutlak harus ada ialah N, P, dan K. Oleh karena hanya ketiga unsur tersebut saja yang dibutuhkan dalam jumlah banyak dan mutlak harus ada maka sejak dulu pupuk yang diciptakan pun diutamakan yang mengandung ketiga unsur tersebut. Sehingga, lahirlah pupuk yang mengandung N seperti urea, P seperti TSP, dan K seperti KCl (Pinus & Marsono, 2008).

Menurut Pinus & Marsono (2008), kegunaan atau manfaat unsur hara makro dan mikro yang tersedia di dalam tanah sebagai berikut :

a. Nitrogen

Peranan utama nitrogen (N) bagi tanaman adalah untuk merangsang pertumbuhan secara keseluruhan, khususnya batang, cabang, dan daun. Selain itu, nitrogen pun berperan penting dalam pembentukan hijau daun yang sangat berguna dalam proses fotosintesis. Fungsi lainnya ialah membentuk protein, lemak, dan berbagai persenyawaan organik lainnya.

b. Fosfor

Unsur fosfor (P) bagi tanaman berguna untuk merangsang pertumbuhan akar, khususnya akar benih dan tanaman muda. Selain itu, fosfor berfungsi sebagai bahan mentah untuk pembentukan sejumlah protein tertentu; membantu asimilasi dan pernapasan; serta mempercepat pembungaan, pemasakan biji, dan buah.

c. Kalium

Fungsi utama kalium (K) ialah membantu pembentukan protein dan karbohidrat. Kalium pun berperan dalam memperkuat tubuh tanaman agar daun, bunga, dan buah tidak mudah gugur. Kalium pun merupakan sumber kekuatan bagi tanaman dalam menghadapi kekeringan dan penyakit.

d. Kalsium

Bagi tanaman, kalsium (Ca) bertugas untuk merangsang pembentukan bulu-bulu akar, mengeraskan batang tanaman, dan merangsang

pembentukan biji. Kalsium yang terdapat pada batang dan daun ini berkhasiat untuk menetralkan senyawa atau suasana yang tidak menguntungkan pada tanah.

e. Magnesium

Magnesium berguna agar tercipta hijau daun yang sempurna dan terbentuk karbohidrat, lemak, dan minyak-minyak. Magnesium (Mg) pun memegang peranan penting dalam transportasi fosfat dalam tanaman. Dengan demikian, kandungan fosfat dalam tanaman dapat dinaikkan dengan jalan menambah unsur magnesium.

f. Belerang

Belerang (S) berperan dalam pembentukan bintil-bintil akar. Sulfur ini merupakan unsur yang penting dalam beberapa jenis protein seperti asam amino. Unsur ini pun membantu pertumbuhan tanaman. Selain itu, sulfur merupakan bagian penting pada tanaman-tanaman penghasil minyak, sayuran seperti cabai, kubis, dan lain-lain.

g. Klorin

Memperbaiki dan meningkatkan hasil kering tanaman seperti tembakau, kapas, kentang, dan tanaman sayuran umumnya adalah peran dari klorin (Cl). Unsur ini pun banyak ditemukan dalam air sel semua bagian tanaman.

h. Besi

Untuk pernapasan tanaman dan pembentukan hijau daun merupakan peran dari besi (Fe). Kehadirannya tidak boleh dianggap enteng. Sekali tidak ada, terutama pada tanah yang mengandung banyak kapur, tanaman akan langsung merana.

i. Mangan

Peran mangan (Mn) tak jauh beda dengan unsur besi. Selain sebagai komponen untuk memperlancar proses asimilasi, unsur ini pun merupakan komponen penting dalam berbagai enzim

j. Tembaga

Fungsi tembaga (Cu) ini pun baru sedikit diketahui. Kehadirannya dapat mendorong terbentuknya hijau daun dan dapat menjadi bahan utama dalam berbagai enzim.

k. Boron

Boron (B) berfungsi mengangkut karbohidrat ke dalam tubuh tanaman dan menghisap unsure kalsium. Selain itu, boron berperan dalam perkembangan bagian-bagian tanaman untuk tumbuh aktif. Pada tanaman penghasil biji, unsur ini pun berpengaruh terhadap pembagian sel dan yang paling nyata ialah perannya dalam menaikkan mutu tanaman sayuran dan tanaman buah.

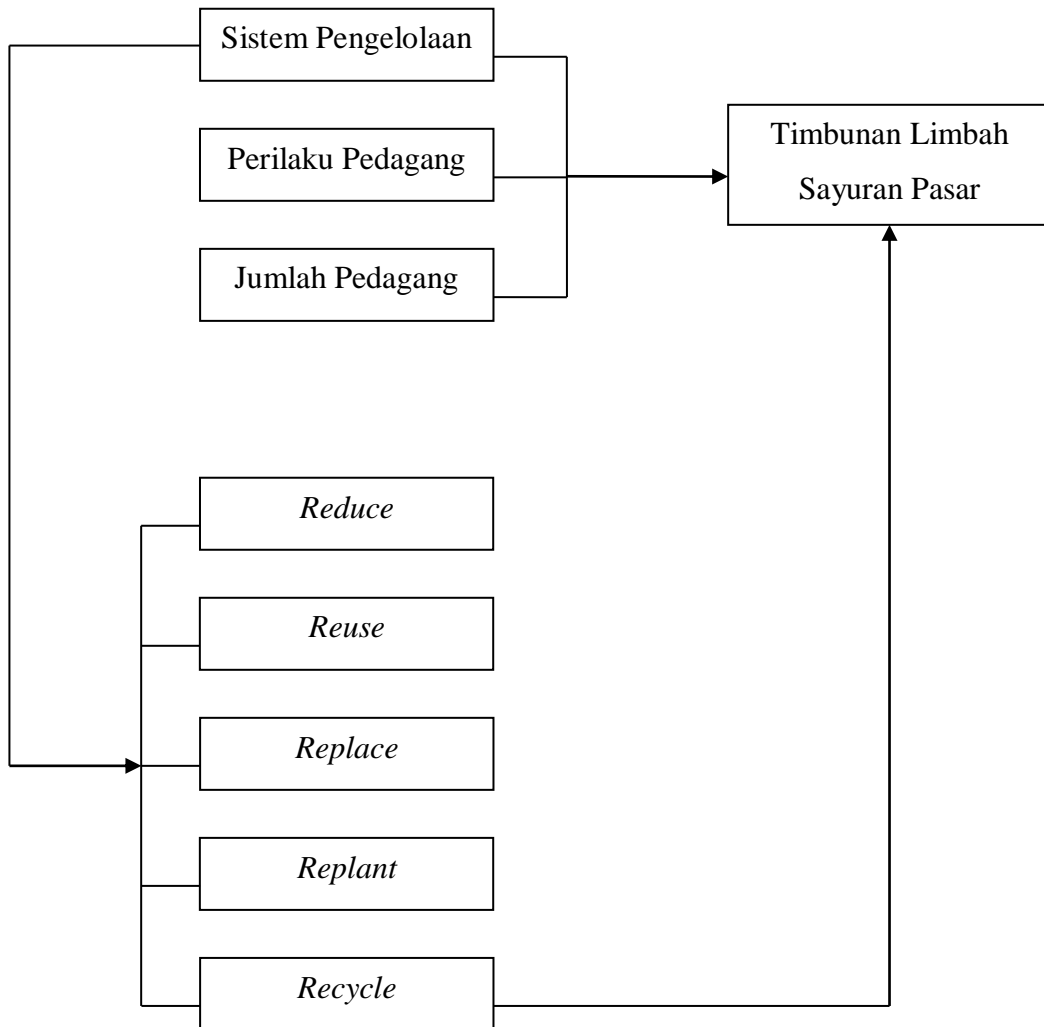
l. *Molibdenum*

Sama halnya dengan tembaga, hingga kini diketahui masih sedikit peranan *molibdenum* (Mo) bagi tanaman. Unsur ini sangat berguna bagi tanaman jeruk dan sayuran. Untuk tanaman pupuk hijau, *molibdenum* membantu mengikat nitrogen dari udara bebas. Ini disebabkan unsur ini merupakan bagian dari komponen penyusun enzim-enzim pada bakteri nodula akar tanaman pupuk hijau.

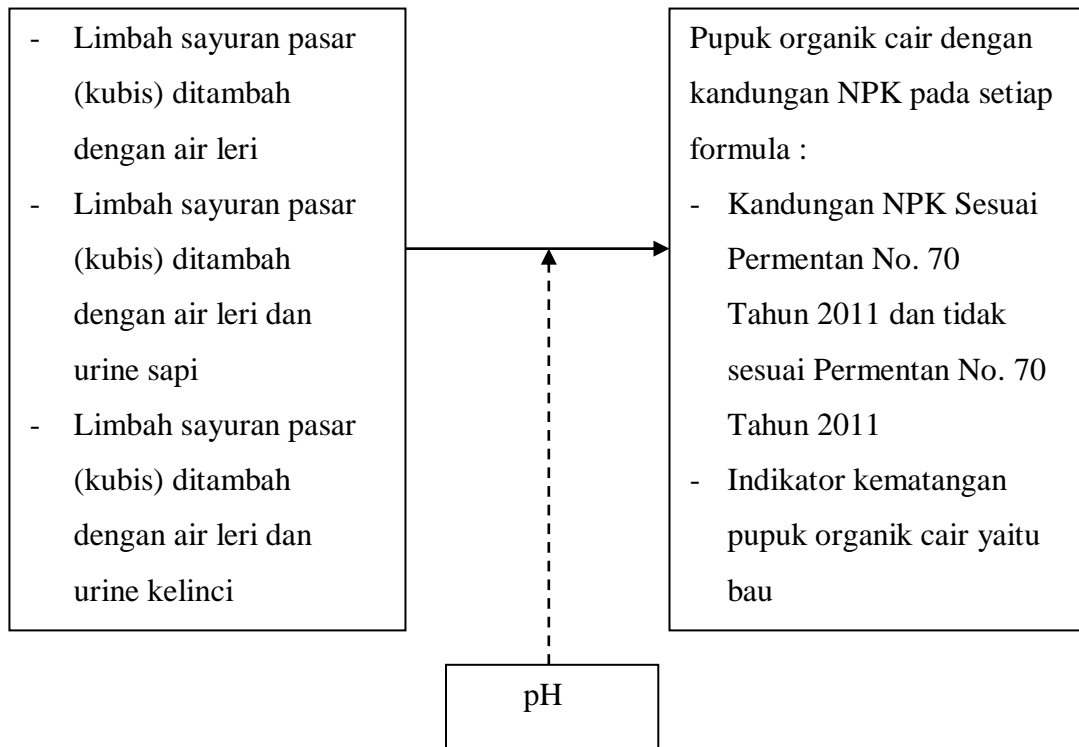
m. Seng

Seng (Zn) berfungsi member dorongan terhadap pertumbuhan tanaman karena diduga Zn dapat berfungsi membentuk hormone tumbuh.

### C. Kerangka Teori



#### D. Kerangka Konsep



—————> : Diteliti  
-----> : Tidak diteliti