

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengenai pengolahan sampah kertas dan pembuatan pupuk organik padat menjadi bahan pertimbangan dan landasan dalam pelaksanaan penelitian. Tujuan dari peninjauan studi pustaka yaitu untuk membandingkan penelitian yang sudah ada dengan ide baru maupun pembaruan yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

Penelitian dari Khan *et al.* (2013), menyatakan bahwa sampah kertas memiliki kadar nitrogen dalam bentuk nitroselulosa yang tinggi dan berpotensi sebagai pengganti pupuk nitrogen bagi tanaman. Penelitian ini menggunakan limbah kertas berupa kertas koran sebagai slow release fertilizer (pupuk lepas lambat) berbentuk tablet. Berdasarkan penelitian tersebut limbah kertas memiliki kandungan yang dibutuhkan oleh tanaman berupa N, P, K dan beberapa unsur nutrisi lainnya. Hasil analisis menunjukkan adanya beberapa zat logam berbahaya dari pengolahan limbah ini tetapi kandungannya masih terhitung sangat minimal sehingga tidak berpotensi sebagai racun. Limbah kertas yang telah dibuang tintanya (*deinked*) dengan menggunakan cairan alkalin, dapat digunakan sebagai pengganti pupuk kimia. Penggunaan kertas sebagai pupuk juga akan meningkatkan efisiensi dari pemupukan nitrogen dan mengurangi kerugian akibat pencucian (air hujan dan penyiraman) karena komponen kertas bisa menyimpan nutrisi pupuk lebih lama (Khan *et al.*, 2013).

Penelitian dari Agnes *et al.* (2020) juga menggunakan limbah kertas sebagai pupuk organik tanah. Penelitian ini menyebutkan bahwa penggunaan limbah kertas dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan populasi mikrobiota tanah. Limbah kertas difermentasi dalam air selama 4 hari sebelum digunakan sebagai pupuk. Penelitian ini berfokus pada pengubahan limbah kertas dengan metode biokonversi. Proses pengomposan dilakukan

selama 21 hari. Penelitian ini berhasil meningkatkan germinasi bijian sebesar 100%, berhasil mengisolasi 8 bakteri baik dalam tanah dan komposisi fungi.

Namun, ada beberapa kandungan pada limbah kertas bertinta yaitu Pb, Cu, Cr, Zn, Ni, Hg dan Cd yang bersifat toksik. Logam Pb tidak dibutuhkan oleh tanaman dan dikhawatirkan kandungan tersebut masuk ke tanah maupun badan air, pengurangan kandungan tinta dapat dilakukan dengan proses pengomposan (Rahmawati *et al.*, 2021). Pada penelitian Agnes *et al.* (2020) juga disebutkan bahwa pengomposan limbah kertas selama 4 hari dengan media air dapat menguraikan kandungan tinta yang ada di kertas tersebut.

Penelitian dari Rahmawati *et al.* (2021) menggunakan limbah kertas bertinta dengan penambahan rumen sapi untuk menurunkan kandungan Pb. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kandungan Pb pada limbah kertas dengan lama inkubasi bakteri dengan cairan rumen sapi dan komposisi bahan kompos yang berbeda. Hasil analisis menunjukkan kandungan rerata Pb pada limbah kertas yang mengandung tinta dengan penambahan cairan rumen sapi dan bahan kompos dengan waktu inkubasi yang berbeda, tidak berbeda nyata, tetapi kandungan Pb pada kedua perlakuan telah memenuhi SNI 19-7030-2004, sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan.

Menurut penelitian Irfan *et al.* (2020) tentang penggunaan sampah kertas menjadi bahan dasar pembuatan bokasi. Fokus pada penelitian ini yaitu lama fermentasi dan komposisi kertas dengan proporsi 15 – 45 %. Formula bahan baku bokasi menggunakan kotoran kambing, abu sekam, dedak, dan kertas serta menggunakan bioaktivator mikroorganisme lokal (MOL) yang terbuat dari limbah buah pisang dan limbah buah pepaya. Hasil yang didapatkan yaitu penambahan sampah kertas dengan proporsi hingga 35 % memberikan mutu bokasi terbaik dalam hal kadar air, pH, nitrogen, tekstur, aroma, warna dan pertumbuhan tanaman. Semakin lama fermentasi dilakukan (hingga 15 hari) secara umum semakin baik mutu bokasi yang dihasilkan, terutama dalam unsur C, N, C/N rasio, tekstur, aroma, warna dan pertumbuhan tanaman.

Penelitian dari Utomo & Nurdiana, (2018) menguji pembuatan pupuk organik dengan bahan dasar daun kering dan sampah sayur dengan menggunakan *hot composting*. Penelitian ini menjelaskan bahwa proses dekomposisi terbaik akan menghasilkan suhu antara 55°C sampai dengan 65°C. Pembuatan kompos ini menghasilkan total 100kg pupuk dengan perbandingan daun kering dan sampah sayur yaitu 3:2 sehingga pada prosesnya diperlukan 60kg daun kering dan 40kg sampah sayur. Hasil yang didapatkan pada hari ke-18 kandungan pH 7,93, C-Organik 36,95%, N-Total 1,62%, C/N Rasio 23, P₂O₅ 0,26, K₂O 0,55 dan kadar air sebesar 45,35%. Pada hari ke-30 nilai kandungan pH 6,53, C-Organik 32,66%, N-Total 1,62%, C/N Rasio 23, P₂O₅ 0,26, K₂O 0,55 dan kadar air sebesar 45,35%.

Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	Khan <i>et al.</i> (2013)	Penggunaan limbah kertas sebagai pupuk nitrogen “ <i>slow release</i> ”	Penggunaan limbah kertas sebagai pupuk nitrogen lepas lambat terbukti dapat stabil digunakan pada media tanam tanah. Hasil dari pengolahan limbah kertas koran mampu menghasilkan N 28%, P 21,05%, dan K 13.02%. Sehingga pupuk dapat meningkatkan efisiensi dari pemupukan nitrogen dan mengurangi kerugian akibat pencucian.	Tujuan penelitian, metode menghilangkan tinta, bahan baku, variasi.

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
2.	Agnes <i>et al.</i> (2020)	Penggunaan limbah kertas sebagai pupuk organik melalui metode <i>bioconversion</i>	Penggunaan limbah kertas dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan populasi mikrobiota tanah. Limbah kertas difermentasi dalam air selama 4 hari untuk menghilangkan tinta sebelum digunakan sebagai pupuk. Penelitian ini berhasil meningkatkan germinasi bijian sebesar 100%, berhasil mengisolasi 8 bakteri baik dalam tanah dan komposisi fungi.	Metode pengomposan bahan baku, variasi, analisis uji.
3.	Rahmawati <i>et al.</i> (2021)	Membandingkan kandungan Pb pada limbah kertas dengan lama inkubasi bakteri dengan cairan rumen sapi dan komposisi bahan kompos	Kandungan rerata Pb pada limbah kertas yang mengandung tinta dengan penambahan cairan rumen sapi dan bahan kompos dengan waktu inkubasi yang berbeda, tidak berbeda nyata, tetapi kandungan Pb pada kedua perlakuan telah	Bahan baku, tujuan penelitian, metode menghilangkan tinta, variasi, analisis uji.

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		yang berbeda.	memenuhi SNI 19-7030-2004, sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan.	
4.	Irfan <i>et al.</i> (2020)	Mengetahui pengaruh lama fermentasi bokasi berbahan dasar kertas yang memiliki proporsi 15-45% dengan lama fermentasi berbeda-beda.	Penambahan limbah kertas dengan proporsi hingga 35 % memberikan mutu bokasi terbaik dalam hal kadar air, pH, nitrogen, tekstur, aroma, warna dan pertumbuhan tanaman. Semakin lama fermentasi dilakukan (hingga 15 hari) secara umum semakin baik mutu bokasi yang dihasilkan, terutama dalam unsur C, N, C/N rasio, tekstur, aroma, warna dan pertumbuhan tanaman	variasi, analisis uji, waktu pengomposan.
5.	Utomo & Nurdiana. (2018)	Pembuatan pupuk organik dengan bahan dasar daun kering dan sampah sayur	Hasil yang didapatkan pada hari ke-18 kandungan pH 7,93, C-Organik 36,95%, N-Total 1,62%, C/N Rasio 23, P ₂ O ₅ 0,26, K ₂ O 0,55	Metode pengomposan, bahan baku, waktu pengomposan

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		dengan menggunakan metode <i>hot composting</i> .	dan kadar air sebesar 45,35%. Pada hari ke-30 nilai kandungan pH 6,53, C-Organik 32,66%, N-Total 1,62%, C/N Rasio 23, P ₂ O ₅ 0,26, K ₂ O 0,55 dan kadar air sebesar 45,35%, sehingga pada hari ke-30 telah memenuhi SNI (19-7030-2004) karena terjadi perubahan kualitas C-organik dan pH kompos.	

2.2 Teori Teori yang Relevan

2.2.1. Sampah Kertas

Bahan baku pembuatan kertas yaitu serat kayu sehingga kandungan pada sampah kertas yaitu lignin, selulosa dan hemiselulosa (Rahmawati *et al.*, 2021). Sekitar 93% bagian dari kertas terbentuk dari kayu dimana memiliki kandungan selulosa yang tinggi (Al Azkawi *et al.*, 2018). Jenis sampah kertas ini bermacam-macam seperti kertas HVS, kertas kraft, koran, majalah, kertas *tissue* dan kardus. Kertas kardus dibuat dengan menghubungkan lapisan kertas gelombang dan kertas datar secara bergantian dengan perekat berupa lem kanji. Kertas kardus memiliki sifat fisik yaitu dapat dilipat, mudah robek, mudah terbakar dan mudah menyerap air sedangkan sifat kimia kertas kardus memiliki kadar selulosa 57,6%, hemiselulosa 20,8% dan lignin 16,6% (Kurniawan & Hendrasarie, 2022). Selulosa merupakan sumber karbohidrat yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman, hemiselulosa merupakan

senyawa gula seperti hexoses yaitu glukosa, manosa dan galaktosa, lignin berfungsi sebagai penyusun sel kayu sehingga dapat menguatkan batang tanaman (Fatimah, 2018). Serat selulosa merupakan material hidrofilik yang akan membentuk struktur lebih kompak (Mulyawan *et al.*, 2015). Sehingga, bahan ini jika ditambahkan ke tanah akan meningkatkan kemampuan tanah untuk menampung cairan dan memperbaiki struktur serta kondisi tanah yang ada. Sampah kertas dicampurkan dengan bahan organik lain seperti sisa tanaman atau kotoran hewan dapat dijadikan pupuk organik (Irfan *et al.*, 2020). Penelitian yang telah dilakukan Irfan *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa dengan penambahan sampah kertas dapat meningkatkan nitrogen sebesar 1,1%.

Sampah kertas kardus memiliki daya serap air yang tinggi sehingga dapat membantu proses pembuatan kompos. Kompos dengan penambahan sampah kertas kardus yang diaplikasikan pada tanaman memiliki keunggulan yaitu dapat mengurangi kerugian akibat pencucian (air hujan atau penyiraman) karena kertas kardus bisa menyimpan nutrisi pupuk lebih lama dan tanaman tidak mengalami mudah mengalami keracunan karena pupuk dengan penambahan sampah kertas kardus dapat menyalurkan nutrisinya secara perlahan (*slow release fertilizer*) (Khan *et al.*, 2013). Sedangkan kekurangannya, media kertas kardus mengandung zat kimia yang dapat mempengaruhi kandungan pupuk yang dihasilkan (Siregar, 2018).



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 2. 1 Sampah Kardus

2.2.2. Kubis

Kubis memiliki nama latin *Brassica oleracea*. Kubis merupakan sayuran yang menghasilkan sampah seberat 4 - 5 helai setiap harinya, hal ini dikarenakan pembuangan bagian luar kubis untuk memperbaiki penampilannya. Menurut Damanik, (2020) berdasarkan taksonominya, kubis diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*

Division : *Magnoliophyta*

Class : *Magnoliosida*

Ordo : *Capparales*

Family : *Brassicaceae*

Genus : *Brassica*

Species : *Brassica oleracea L.*

Kandungan gizi dalam 100 gram kubis dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Kandungan Gizi 100 Gram Kubis

No	Komposisi	Jumlah
1	Air	86,2 gram
2	Energi	51 Kal
3	Protein	2,5 gram
4	Lemak	1,1 gram
5	Karbohidrat	8,0 gram
6	Serat	3,4 gram
7	Abu	2,2 gram
8	Kalsium	100 gram
9	Fosfor	50 gram
10	Besi	100 mg
11	Natrium	50 mg
12	Kalium	100 mg
13	Seng	0,6 mg
14	Tembaga	0,9 mg

(Sumber : (Damanik, 2020))

Menurut penelitian yang telah dilakukan Setyawati *et al.* (2021), sampah kubis dapat meningkatkan kadar fosfor sebesar 0,3% dan kadar kalium sebesar 2,12% sehingga telah memenuhi SNI 19-7030-2004.

2.2.3. Sawi Hijau

Sawi hijau atau biasa disebut caisim. Sawi hijau memiliki nama latin *Brassica chinensis var. parachinensis*. Berdasarkan taksonominya sawi hijau diklasifikasikan sebagai berikut :

Kongdom : *Plantae*
Division : *Magnoliophyta*
Class : *Magnoliopsida*
Ordo : *Caparalles*
Family : *Brassicaceae*
Genus : *Brassica*
Species : *Brassica rapa L.*

Kandungan gizi dalam 100 gram sawi hijau dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Kandungan Gizi 100 Gram Sawi Hijau

No	Komposisi	Jumlah
1	Air	92,2 gram
2	Energi	28 Kal
3	Protein	2,3 gram
4	Lemak	0,3 gram
5	Karbohidrat	4,0 gram
6	Serat	2,5 gram
7	Abu	1,2 gram
8	Kalsium	220 gram
9	Fosfor	38 gram
10	Besi	2,9 mg
11	Natrium	22 mg
12	Kalium	436,5 mg
13	Seng	0,2 mg
14	Tembaga	0,12 mg

(Sumber : (Damanik, 2020))

Menurut penelitian yang telah dilakukan Setyawati *et al.* (2021), sampah sawi hijau dapat meningkatkan kadar nitrogen sebesar 1,06% sehingga telah memenuhi SNI 19-7030-2004.

2.2.4. Daun Mangga

Tanaman mangga memiliki nama latin *Manggifera indica L.* Daun mangga memiliki panjang tangkai bervariasi mulai dari 1,25 cm sampai 12,5 cm. umur daun dapat mencapai 1 tahun lebih (Husna, 2019). Daun kering mangga memiliki komposisi selulosa sebesar 45%, hemiselulosa sebesar 20 – 30% dan sisanya lignin. Daun mangga memiliki kandungan senyawa *alelopat* yang dapat digunakan sebagai pengendali gulma alami pada tanaman (Santosa & Asnur, 2021).

Ditinjau dari kandungan nutrisi, daun mangga mengandung beberapa unsur penting yang dapat dijadikan acuan dalam mengolahnya menjadi bahan yang lebih bermanfaat. Kandungan nutrisi daun mangga dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Kandungan Nutrisi Daun Mangga

Unsur Hara	Presentase	Status
C-organik	37,59 %	Sangat Tinggi
N Total	1,12 %	Sangat Tinggi
C/N Rasio	33,56	Sangat Tinggi
P Total	0,03 %	Sangat Rendah
K Total	0,33 %	Rendah

(Sumber : (Husna, 2019))

2.2.5. Pupuk Organik

Peraturan Menteri Pertanian Nomor 01 Tahun 2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah menjelaskan pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan, dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah, serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan/atau biologi tanah. Proses pembuatan pupuk organik padat yaitu dengan proses pengomposan. Pengomposan merupakan dekomposisi bahan-bahan organik oleh mikroba dapat menghasilkan pupuk organik yang dapat menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang serta

dapat berpengaruh pada sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Bachtiar & Ahmad, 2019). Jenis pupuk organik yaitu pupuk kandang dan pupuk kompos. Pupuk kompos yang terbentuk secara alami tanpa bantuan manusia memerlukan waktu bertahun – tahun yaitu humus. Pupuk organik padat merupakan salah satu jenis pupuk kompos yang berbentuk padat dan diproses secara cepat dengan bantuan bioaktivator. Penggunaan pupuk organik padat dapat memperbaiki struktur fisik tanah sehingga tanah menjadi gembur dan mampu menyimpan air, memperbaiki mikrobiologi tanah, serta mampu meningkatkan unsur hara di dalam tanah (Putro *et al.*, 2016).

Tabel 2. 5 Standar Kualitas Pupuk Organik Padat Menurut SNI 19-7030-2004

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar Air	%	-	50
2	Temperatur	°C		Suhu air tanah
3	Warna			Kehitaman
4	Bau			Berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,80	7,49
8	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur makro				
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Karbon	%	9,80	32
12	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0,10	-
13	C/N-rasio		10	20
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	*
Unsur Mikro				
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Kobal (Co)	mg/kg	*	34
18	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (See)	mg/kg	*	2

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
Unsur lain				
25	Kalsium	%	*	25,50
26	Magnesium (Mg)	%	*	0,60
27	Besi (Fe)	%	*	2,00
28	Aluminium (Al)	%	*	2,20
29	Mangan (Mn)	%	*	0,10
Bakteri				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3
Keterangan : *Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum				

2.2.6. Kandungan Unsur Hara yang dibutuhkan Tanaman

Tanaman memerlukan makanan berupa unsur hara untuk tumbuh dan berkembang. Unsur hara yang dibutuhkan tanaman dibagi menjadi dua golongan yaitu unsur hara makro yang dibutuhkan dalam jumlah banyak dan unsur hara mikro yang diperlukan dalam jumlah sedikit (Rika, 2022). Unsur hara makro terpenting dalam kompos yang dibutuhkan tanaman terdiri dari nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan karbon (C).

a. Nitrogen (N)

Nitrogen sebagai unsur utama bagi tanaman yang diperlukan untuk mendukung pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman, seperti daun, batang dan akar. Kelebihan kandungan nitrogen pada tanaman dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu seperti daun menguning dan tanaman menjadi kurus kering (Wahyuningati, 2017).

b. Fosfor (P)

Fosfor merupakan bagian dari protoplasma dan inti sel, yang berperan dalam pembelahan sel dan perkembangan jaringan meristem. Fungsi unsur hara fosfor pada tanaman yaitu mempercepat pertumbuhan akar, mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman, serta dapat

meningkatkan produksi biji dan mempercepat pemasakan buah (Laila, 2019). Kekurangan unsur hara fosfor dapat menyebabkan tanaman menjadi kerdil, pertumbuhan kurang baik, serta pemasakan buah terlambat (Makiyah, 2013).

c. Kalium (K)

Unsur kalium berperan pada pembentukan protein dan karbohidrat, mengeraskan kayu dari tanaman, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama penyakit, serta meningkatkan kualitas biji dan buah (Makiyah, 2013).

d. Karbon (C)

Unsur hara karbon organik merupakan kandungan yang membedakan pada pupuk organik dan pupuk anorganik. Unsur karbon pada tanaman menggambarkan besarnya kekuatan tanaman dapat mengikat CO₂ dari udara. Sebagian unsur karbon dimanfaatkan tanaman sebagai energi untuk proses fisiologi tanaman dan sebagian masuk ke dalam struktur tanaman dan menjadi bagian dari tanaman, misalnya sebagai selulosa yang tersimpan pada batang, akar, ranting dan daun (Ariyanti, 2021). Kandungan karbon dapat meningkatkan tekstur tanah dan agregasi tanah yang akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Nurmahribi, 2021).

2.2.7. *Effective Microorganisms 4* (EM4)

Effective Microorganisms 4 atau EM4 merupakan mikroorganisme hidup yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman dan bermanfaat bagi kesuburan tanah. Jumlah mikroorganisme fermentasi dalam EM4 sekitar 80 genus. Kandungan EM4 terdiri dari 5 golongan pokok yaitu bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*), *Streptomyces sp.*, *Actinomyces*, ragi (*yeast*) dan jamur untuk fermentasi. Bakteri asam laktat berfungsi sebagai bakteri yang dapat mempercepat penguraian bahan organik, penghancur bahan organik seperti lignin dan selulosa (Manuel & Sandryan, 2017). Kegunaan EM4 yaitu dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, meningkatkan produksi tanaman dan menjaga kestabilan produksi. Sedangkan penambahan EM4 pada pembuatan pupuk organik berfungsi

untuk mempercepat proses penguraian bahan organik dan meningkatkan kualitas pupuk organik sehingga dapat diaplikasikan dalam pembuatan kompos (Pamungkas *et al.*, 2022).

2.2.8. Mikroorganisme Lokal (MOL)

Mikroorganisme lokal (MOL) merupakan larutan starter yang berasal dari hasil fermentasi bahan organik yang berasal dari tumbuhan maupun hewan. MOL mengandung unsur hara makro dan mikro serta mengandung bakteri yang digunakan sebagai pengurai bahan organik, perangsang pertumbuhan dan obat tanaman (Hadi, 2019). Menurut Permana *et al.*, (2020) bahan utama dalam pembuatan MOL diantaranya karbohidrat sebagai sumber energi bagi mikroorganisme yang dapat bersumber dari air cucian beras, nasi basi, singkong kentang dan gandum, glukosa bersumber dari cairan gula merah, cairan gula pasir, air kelapa, sumber bakteri berasal dari bahan yang mengandung mikroorganisme antara lain buah-buahan dan sayuran busuk, dan keong mas. Menurut Kurniawan, (2018) menyebutkan bahwa dalam MOL terdapat mikroba *Azobacter sp.*, *Lactobacillus.*, bakteri fotosintetik dan jamur pengurai selulosa yang berfungsi sebagai pengurai bahan organik.

2.2.9. Limbah Air Cucian Beras

Beras yang akan diolah menjadi nasi menghasilkan produk samping berupa limbah cair dari proses pencucian. Menurut penelitian Yulianingsih, (2017) menyatakan bahwa air cucian beras mengandung banyak nutrisi yang terlarut didalamnya meliputi 80% vitamin B1, 70% vitamin B3, 90% vitamin B6, 50% mangan, 50% fosfor, 60% zat besi. Air cucian beras putih mengandung unsur hara nitrogen, fosfor, magnesium dan sulfur (Maura, 2022). Kulit ari beras mengandung karbohidrat yang cukup tinggi yang dapat dijadikan sumber makanan bagi mikroorganisme serta terdapat mikroba yang dapat mempercepat proses pembusukan bahan organik sehingga air cucian beras dapat dijadikan sebagai aktivator dalam proses pengomposan (Maulida & Swandayani, 2022). Air cucian beras mengandung mikroorganisme yang dapat membantu proses pengomposan. Bakteri *Lactobacillus* sebagai pengurai bahan organik dan dapat mencegah terganggunya proses

pengomposan yang disebabkan mikroba pengganggu, Khamir yang dapat membuat substrat yang dapat menjadi sumber energi bagi bakteri perombak bahan organik (Maura, 2022).

2.2.10. Sisa Kecap Botol

Berdasarkan SNI 01-3543-2013, kecap manis merupakan produk berbentuk cair dari hasil fermentasi kacang kedelai (*Glycine max L.*) dan gula merah tidak kurang dari 40%, dengan atau tanpa penambahan bahan lain. Jenis kapang yang terkandung pada kecap manis meliputi *Penicillium sp*, *Aspergillus sp*, *Rhizopus sp*, dan *Mucor sp* (Humairoh, 2017). Basi terjadi karena adanya proses fermentasi oleh mikroorganisme patogen yang hidup dan berkembang serta dapat menyebabkan kerusakan makanan (pembusukan) sehingga daya tahan makanan telah berkurang. Bahan baku pembuatan kecap yaitu kacang kedelai yang merupakan sumber karbohidrat. Sumber karbohidrat ini sering dicemari oleh berbagai jenis kapang, seperti *Aspergillus*, *Penicillium*, *Phusarium*, *Rhizopus* dan *Monilia*. Kerusakan pada kecap terjadi karena adanya mikroba berupa khamir dan bakteri tahan garam, seperti *Zygosaccharomyces* (khamir) dan *Lactobacillus* (bakteri) yang berasal dari moromi (Huda & Tuntun, 2015).

Penjual makanan seperti bakso, mie ayam, soto dan lain-lain menggunakan kecap manis untuk menambah cita rasa. Kecap manis yang digunakan merupakan kecap manis botol, pada botol tersebut masih tersisa kecap yang menempel. Botol kemudian dikembalikan kepada penjual untuk ditukarkan pada saat membeli kecap manis, sehingga penyimpanan kecap sisa tersebut tidak tertutup dan akan menyebabkan pencemaran oleh debu, kotoran, mikroorganisme sehingga kecap manis menjadi tidak layak konsumsi (Huda & Tuntun, 2015). Pemanfaatan kecap manis tersebut dapat dilakukan sebagai sumber energy bagi mikroorganisme yang bersifat spontan (lebih mudah dicerna) (Lubis, 2020).



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 2. 2 Sisa Kecap Botol

2.2.11. Faktor yang mempengaruhi proses pengomposan

Proses pengomposan menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik sehingga membutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai. Untuk menciptakan kondisi optimum dalam proses pengomposan maka faktor-faktor yang mempengaruhi pengomposan harus diperhatikan. Faktor yang mempengaruhi pengomposan yaitu :

a. C/N Rasio

C/N Rasio yang efektif dalam proses pengomposan berkisar antara 30 – 40 dan bahan dasar pengomposan dengan nisbah C/N 20 - 35, baik untuk proses pengomposan (Maura, 2022). Pada C/N rasio diantara 30 sampai dengan 40 mikroba mendapatkan cukup karbon untuk sumber energi dan nitrogen untuk sintesis protein. Apabila C/N rasio terlalu tinggi mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat. Semakin lama proses pengomposan maka C/N rasio yang dihasilkan akan semakin kecil. Jika C/N rasio rendah meskipun pada awalnya terjadi dekomposisi yang sangat cepat, tetapi kecepatannya akan menurun. Hal ini dikarenakan kadar C semakin berkurang oleh aktivitas mikroorganisme sedangkan kadungan N akan hilang melalui penguapan (Hadi, 2019).

b. Ukuran Partikel

Permukaan area yang luas dapat meningkatkan kontak antar mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Sehingga semakin kecil ukuran partikel akan semakin cepat proses dekomposisi bahan organik (Hadi, 2019).

c. Aerasi

Aerasi secara alami terjadi pada saat peningkatan temperatur yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam proses pengomposan. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kelembapan. Apabila aerasi terhambat maka akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos (Hadi, 2019).

d. Kelembapan

Kisaran optimum kelembapan untuk metabolisme mikroba sebesar 40 – 60%. Apabila kelembapan dibawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan. Apabila kelembapan lebih dari 60% maka unsur hara akan tercuci, volume udara berkurang dan aktivitas mikroba akan menurun (Hadi, 2019).

e. Temperatur

Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak mengonsumsi oksigen dan akan semakin cepat proses dekomposisi. Temperatur optimum untuk proses pengomposan berada pada kisaran 30 - 60 °C (Hadi, 2019).

f. Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH optimum selama proses pengomposan berkisar 6,5 sampai 7,5 (Hadi, 2019). Proses pengomposan akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pada kadar pH. Pelepasan asam secara temporer akan menyebabkan penurunan pH sedangkan produksi ammonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. Kompos yang matang memiliki pH yang mendekati netral.

g. Kadar Air

Kadar air merupakan presentase kandungan air dari suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah dan berat kering. Apabila kandungan air terlalu rendah atau tinggi dapat mengurangi efisiensi proses pengomposan (Khoirunnisa *et al.*, 2018). Kadar air optimum dalam proses pengomposan berkisar antara 50-60% (Widarti *et al.*, 2015).

2.2.12. Pengomposan Anaerob

Pengomposan anaerob adalah pengomposan yang terjadi tanpa adanya bantuan oksigen pada prosesnya. Proses pengomposan secara anaerob membutuhkan waktu pengomposan lebih cepat dan dapat mengurangi resiko pencemaran bau maupun resiko penyebaran penyakit (Suharno *et al.*, 2021). Tahap pertama, terjadi pengasaman oleh bakteri fakultatif untuk menguraikan bahan organik menjadi asam lemak, aldehida, dan lain-lain, selanjutnya bakteri dari kelompok lain akan mengubah asam lemak menjadi gas metan, amoniak, CO₂ dan hidrogen. Proses penguraian akan menghasilkan hara dan humus apabila tersedia N, P dan K (Setyorini & Saraswati, 2019).

2.2.13. Tanaman tomat (*Solanum lycopersicum L.*)

Tanaman tomat (*Solanum lycopersium L.*) merupakan tanaman semusim dengan waktu pertumbuhan 70-80 hari (Wajdi, 2022). Tanaman ini berbentuk perdu dan pada pertumbuhan secara liar dapat mencapai dua meter. Pertumbuhan tanaman dapat dipengaruhi oleh tanah yang merupakan media pertumbuhan, air, cahaya matahari dan zat hara yang terkandung pada media tanam (Faruq, 2019). Kebutuhan unsur hara yang dibutuhkan tanaman tomat yaitu N sebesar 15%, P sebesar 15% dan K sebesar 15% (Aulia *et al.*, 2016). Tanaman tomat merupakan tanaman yang sensitif terhadap unsur hara NPK sehingga mudah untuk diteliti (Siahaan *et al.*, 2020). Morfologi tanaman tomat menurut Wajdi, (2022) berupa akar, batang, daun, bunga, dan buah.

2.3 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian pembuatan pupuk organik padat berupa :

- a. Penambahan bioaktivator EM4, MOL maupun kombinasi EM4 dan MOL dapat mempercepat proses pengomposan sehingga dapat menetralkan pH, meningkatkan temperatur pengomposan dan meningkatkan kelembapan pada proses pengomposan.
- b. Pengaruh bioaktivator EM4 dapat menurunkan kadar air, meningkatkan temperatur, mengubah warna, menghilangkan bau, meningkatkan pH menjadi netral, menurunkan kadar C-organik, meningkatkan nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan menurunkan C/N rasio dari produk POP berbahan baku sampah kertas, sampah sayur dan daun kering sehingga memenuhi SNI 19-7030-2004.
- c. Pengaruh bioaktivator MOL dapat menurunkan kadar air, meningkatkan temperatur, mengubah warna, menghilangkan bau, meningkatkan pH menjadi netral, menurunkan kadar C-organik, meningkatkan nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan menurunkan C/N rasio dari produk POP berbahan baku sampah kertas, sampah sayur dan daun kering sehingga memenuhi SNI 19-7030-2004.
- d. Pengaruh bioaktivator kombinasi EM4 dan MOL dapat menurunkan kadar air, meningkatkan temperatur, mengubah warna, menghilangkan bau, meningkatkan pH menjadi netral, menurunkan kadar C-organik, meningkatkan nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan menurunkan C/N rasio dari produk POP berbahan baku sampah kertas, sampah sayur dan daun kering dikarenakan semakin banyak varian dari mikroorganismenya akan meningkatkan kualitas POP sehingga memenuhi SNI 19-7030-2004.
- e. Semakin banyak mikroorganismenya dalam bioaktivator dapat mempercepat pengomposan dan meningkatkan kualitas POP serta semakin besar penambahan kertas maka semakin baik komposisi POP, kadar air semakin kecil, temperatur, pH, kadar C-organik, nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) semakin besar dan C/N rasio semakin kecil sehingga dapat meningkatkan kualitas POP dan memenuhi SNI 19-7030-2004.

- f. Komposisi optimal POP dapat meningkatkan tinggi, jumlah daun dan menghasilkan warna daun hijau segar pada pertumbuhan tanaman tomat.