

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Cucian Beras

Air cucian beras atau air leri merupakan air yang diperoleh dari proses pencucian beras. Air cucian beras mudah didapat karena sebagian besar masyarakat Indonesia menggunakan beras (nasi) sebagai makanan pokok. Selama ini, air cucian beras kurang dimanfaatkan dan sering dibuang begitu saja. Padahal, sebenarnya di dalam air cucian beras masih mengandung karbohidrat dan vitamin yang dapat dimanfaatkan (Moeksin, 2015). Berikut ini merupakan gambar limbah air cucian beras :



Sumber : Kompasiana.com

Gambar 2.1 Air Cucian Beras

Air cucian beras mengandung banyak nutrisi yang terlarut didalamnya diantaranya adalah protein, 80 % vitamin B1, 50 % fosfor, dan 60% zat besi. Protein dan vitamin B1 (thiamin) yang terkandung di dalam air cucian beras memiliki peranan penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Bahar, 2016). Air cucian beras masih banyak mengandung zat-zat yang dapat dijadikan sebagai bahan penyubur tanaman, sebagai pengganti media air dan mempunyai kandungan karbohidrat yang tinggi. Karbohidrat merupakan perantara terbentuknya hormon Auksin dan Giberelin, yang merupakan 2 jenis senyawa yang banyak digunakan dalam zat perangsang tumbuh (ZPT). Hormon auksin bermanfaat untuk merangsang pertumbuhan pucuk dan kemunculan tunas baru, sedangkan hormon giberelin berguna untuk merangsang pertumbuhan akar (Elisa, 2019). Kandungan air cucian beras dapat

dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Kandungan Air Cucian Beras

Komposisi	Jumlah (%)
Karbohidrat	90
Protein	8,77
Lemak	1,09
Vitamin B1	70
Vitamin B3	90
Vitamin B6	50
Mangan (Mn)	50
Fosfor	60
Zat besi	50
Nitrogen	0,015
Magnesium	14,525
Kalium	0,02
Kalsium	2,94

Sumber : Wardiah, 2014.

2.2 Limbah Sayur-Sayuran

Limbah sayuran adalah limbah yang berasal dari sayuran yang tidak digunakan lagi karena fisiknya sudah berubah (busuk), biasanya banyak ditemukan dipasar atau limbah pertanian. Limbah sayuran dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik baik padat ataupun cair (Mulyanto, 2019).

Limbah sayuran merupakan kumpulan dari berbagai macam sayuran setelah disortir karena tidak layak jual. Limbah sayuran mengandung unsur-unsur yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan pupuk organik cair (POC). Bahan tersebut mempunyai kandungan air yang tinggi, karbohidrat, protein, dan lemak dan juga mengandung serat, fosfor, besi, kalium, kalsium, vitamin A, vitamin C, dan Vitamin K. Semua unsur tersebut mempunyai fungsi yang bisa membantu dalam proses pertumbuhan dan perkembangbiakan tanaman. Sehingga sangat bagus dijadikan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair (POC). Selain mudah terdekomposisi, bahan ini juga kaya akan nutrisi yang dibutuhkan tanaman. Pupuk ini berupa bahan organik yang

disiramkan pada media tanam untuk mencukupi kebutuhan hara yang diperlukan tanaman untuk membantu pertumbuhan sehingga mampu bereproduksi dan tumbuh dengan baik (Mulyanti, 2018)

2.2.1 Kubis (*Brassica oleracea L*)

Kubis mengandung vitamin dan mineral yang tinggi. Kandungan dan komposisi gizi kubis tiap 100 g bahan segar yaitu kalori 25 kal, protein 1,7 g, lemak 0,2 g, karbohidrat 5,3 g, kalsium 64 mg, fosfor 26 mg, Fe 0,7 mg, Na 8 mg, niacin 0,3 mg, serat 0,9 g, abu 0,7 g, vitamin A 75 SI, vitamin B1 0,1 mg, Vitamin C 62 mg dan air 91 - 93% (Utama dan Mulyanto, 2015).

Bagian tanaman kubis yang tidak diambil disebut limbah kubis. Limbah kubis memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi dengan kadar air yang tinggi pula sehingga menyebabkan limbah kubis cepat busuk. Pengolahan limbah kubis dapat dilakukan dengan cara memfermentasikannya dengan penambahan mikroorganisme (Rahmadi, 2015).

2.2.2 Sawi Hijau

Tanaman sawi hijau merupakan sayuran yang populer dan banyak dikonsumsi karena kaya akan sumber vitamin serta mineral yang dibutuhkan oleh tubuh. Gizi yang terkandung dalam sawi terdiri dari protein, lemak, karbohidrat, serat, kalium, fosfor, besi, dan berbagai vitamin seperti vitamin A, B1, B2, B3, dan C (Rizki, dkk 2014). Tanaman ini penting karena kegunaannya sebagai bahan pangan, pakan dan bahan dasar industri. Tanaman sawi juga mudah dibudidayakan, tergolong ke dalam jenis tanaman berhari pendek yaitu 30 hari setelah tanam dan tidak bergantung dengan musim. Sawi hijau sebagai bahan makanan sayuran mengandung zat-zat gizi yang cukup lengkap sehingga apabila dikonsumsi sangat baik untuk mempertahankan kesehatan tubuh selain untuk kesehatan tubuh, sawi hijau ini berpotensi sebagai pupuk organik cair karena mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan tanaman (Pulungan, et al., 2018). Berikut kandungan gizi dalam sawi hijau dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Kandungan gizi dalam sawi hijau setiap 100 gr

Kandungan gizi	Kadar
Vitamin A (mg)	1940
Vitamin B (mg)	0,09
Vitamin C (mg)	102
Fosfor (mg)	38
Besi (mg)	2,9
Protein (g)	2,3
Serat (g)	0,7
Karbohidrat (g)	4

Sumber : Departemen Kesehatan RI, 2012.

2.2.3 Sawi Putih

Sawi putih merupakan salah satu jenis sayuran yang disukai masyarakat Indonesia yang mengandung vitamin A dan vitamin C. Jika dilihat dari kandungan vitaminnya, maka sawi putih merupakan sayuran yang cukup berguna bagi tubuh kita, selain itu sawi putih juga mempunyai kadungan gizi yang tinggi yang tidak kalah dengan jenis sayuran daun lainnya (Rizki, dkk 2014). Sawi putih juga mengandung unsur hara makro yang bermanfaat untuk tanaman seperti protein, lemak, karbohidrat, kalium, fosfor, dan besi (Fe) (Novianti, 2019). Berikut kandungan gizi dalam sawi putih dapat dilihat pada Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.3 Kandungan gizi dalam sawi putih setiap 100 gr

Kandungan gizi	Kadar
Vitamin A (SI)	3600
Vitamin C (mg)	74
Kalium (mg)	323
Fosfor (mg)	33
Besi (mg)	4,4
Protein (g)	1,8
Serat (g)	0,7
Karbohidrat (g)	3,9

Sumber : Laily, 2021.

Perbedaan sawi hijau dan sawi putih dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.4 Perbedaan sawi hijau dan sawi putih

No.	Keterangan	Sawi Hijau	Sawi Putih
1	Bentuk	Kurus kecil atau besar dan padat	Pendek hingga hampir tidak terlihat
2	Warna	Berwarna hijau	Berwarna putih
3	Daun	Bentuknya bulat, berdaun tegak, berukuran kurang lebih 20-25 cm.	Berbentuk bulat Panjang, kasar, berkerut, tulang daun utamanya lebar.
4	Benih	Berwarna keperangan, berbentuk bulat dan kecil, berat 1000 biji yaitu kurang dari 2 g	Berwarna hijau kecoklatan dengan ukuran lebih kecil dari biji kubis.
5	Bunga	Berwarna kuning	Berbunga sempurna dengan enam benang sari yang terdapat dalam dua lingkaran. Empat benang sari dalam lingkaran dalam, sisanya dalam lingkaran luar.

Sumber : Novianti, 2019.

2.2.4 Bayam

Bayam merupakan tumbuhan yang biasa ditanam untuk dikonsumsi daunnya sebagai sayuran hijau. Bayam dikenal sebagai sayuran sumber zat besi yang penting. Tumbuhan ini berasal dari Amerika tropik namun sekarang tersebar ke seluruh dunia. Bayam dapat tumbuh sepanjang tahun, baik di dataran rendah maupun tinggi. Oleh karena itu, tanaman ini dapat ditanam dikebun dan pekarangan rumah. Bayam akan tumbuh dengan baik bila ditanam pada tanah dengan derajat keasaman (pH tanah) sekitar 6-7. Bila pH kurang dari 6, bayam tumbuh tidak optimal. Sementara itu, pada pH di atas 7, tanaman bayam akan mengalami klorosis, yaitu timbul warna putih kekuning-kuningan,

terutama pada daun yang masih muda (Saparinto, 2013).

Bayam merupakan bahan sayuran yang bernilai gizi tinggi. Vitamin A, B, dan C terkandung dalam bayam. Selain itu, bayam juga mengandung garam-garam mineral seperti besi, kalsium, fosfor (Sunarjono, 2018). Berikut kandungan gizi dalam 100 g bayam dapat dilihat pada Tabel 2.5 di bawah ini.

Tabel 2.5 Kandungan gizi dalam bayam

Kandungan gizi	Kadar
Protein (g)	3,5
Air (mg)	86,9
Karbohidrat (g)	6,5
Kalsium (mg)	267
Fosfor (mg)	67
Zat besi (mg)	3,9
Vitamin A (IU)	6090
Vitamin B1 (mg)	908
Vitamin C (mg)	80

Sumber : Wahyuni, 2018.

2.3 Kulit Buah-Buahan

Buah-buahan merupakan kebutuhan yang penting bagi manusia. Pada umumnya, masyarakat hanya memanfaatkan daging buahnya saja. Sedangkan kulit buahnya hanya dibuang dan menjadi limbah. Jika sampah dibuang secara sembarangan atau ditumpuk tanpa ada pengelolaan yang baik, maka akan menimbulkan berbagai dampak kesehatan. Keberadaan sampah kulit buah-buahan yang melimpah memiliki potensi yang besar sebagai sumber bahan baku pupuk organik cair (Marjenah, 2018).

2.3.1 Kulit Nanas

Kulit nanas merupakan limbah organik dari buah nanas yang sudah tidak bisa dimakan dan mudah untuk didapatkan, bisa dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan pupuk organik cair. Limbah kulit nanas mempunyai potensi yang baik untuk dijadikan pupuk organik cair yang dapat memberi nutrisi bagi pertumbuhan tanaman (Nisa, 2016).

Berdasarkan hasil penelitian Susi *et al.*, (2018) menyatakan bahwa di dalam pupuk organik cair dari kulit nanas mengandung beberapa unsur hara diantaranya P 23,63 ppm, K 8,25 ppm, N 1,27 %, Ca 27,55 ppm, Mg 137,25 ppm, Na 79,52 ppm, Fe 1,27 ppm, Mn 28,75 ppm, Cu 0,17 ppm, Zn 0,53 ppm dan C-organik 3,10 % (Susi *et al.*, 2018).

2.3.2 Kulit Pisang Kepok

Kulit pisang mengandung unsur P, K, Ca, Mg, Na, Zn yang masing-masing unsur berfungsi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang berdampak pada peningkatan produktivitas tanaman (Soeryoko, 2011). Menurut Susetya (2012), dengan tersedianya kandungan tersebut, kulit pisang memiliki potensi yang baik untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Kulit pisang memiliki kandungan kalium sebanyak 15% dan 12% fosfor lebih banyak daripada daging buah. Keberadaan kalium dan fosfor yang cukup tinggi dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pupuk (Susetya, 2012).

Menurut Yosephine dkk., dalam Saputra (2016) kulit pisang kepok mengandung protein 8,6 g/100 g berat kering; lemak 13.1 g/100 g; pati 12.1 g/100 g; abu 15.3 g/100 g; dan serat total 50.3 g/100 g (Yosephine, dkk., 2016).

2.3.3 Kulit Pepaya

Buah pepaya merupakan salah satu buah yang kaya akan vitamin dan mineral yang sangat baik untuk tubuh. Kematangan buah yang tidak diatasi tentunya akan memacu mikroorganisme dalam perkembangbiakannya. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya perubahan fisik dari buah tersebut, terutama dalam baunya menjadi tidak sedap. Melihat jumlah buah pepaya yang mengalami pembusukan cukup banyak tentunya, dapat menimbulkan masalah dalam lingkungan. Meskipun demikian, beberapa masyarakat tentunya memanfaatkan buah pepaya busuk yang telah menjadi limbah untuk dikelola menjadi bahan pembuatan pupuk organik cair (Hadisuwito, 2012).

Hasil penelitian susi dkk. (2018) tentang pembuatan pupuk organik cair dari limbah buah dengan penambahan bioaktivator EM4 menunjukkan bahwa pupuk organik cair limbah kulit nanas mengandung fosfor(P) 23,63 ppm, kalium (K) 08,25 ppm, nitrogen (N) 01,27 %, kalsium (Ca) 27,55

ppm, magnesium (Mg) 137,25 ppm, natrium (Na) 79,52 ppm, besi (Fe) 1,27 ppm, mangan (Mn) 28,75 ppm, tembaga (Cu) 0,17 ppm, seng (Zn) 0,53 ppm dan karbon (C) organik 3,10 %. Pemilihan bahan baku limbah buah pepaya dan dikarenakan ketersediaan yang melimpah di pasar tradisional limbah buah tersebut dapat digunakan untuk membuat pupuk organik cair (Susi, dkk. 2018).

2.3.4 Kulit Mangga

Buah mangga merupakan jenis buah yang banyak disukai masyarakat karena selain rasanya yang nikmat, mangga juga menyimpan kandungan yang berguna untuk kesehatan dengan kandungan serat yang sangat membantu untuk memperlancar saluran pencernaan manusia, kaya akan vitamin C dan E serta antioksidan (Fridayanti, 2016).

Bagian buah mangga yang menjadi bahan olahan para konsumen adalah daging buah saja, sehingga kulit dan bijinya menjadi limbah dengan total limbah kulit buah mangga mencapai 10 % dari buahnya (Mardhatilla et al., 2021). Limbah kulit buah mangga kurang dimaksimalkan manfaatnya oleh masyarakat Indonesia. Setelah daging buah mangga diambil, kulitnya langsung dibuang begitu saja sebagai limbah tanpa dimanfaatkan oleh para konsumen yang diakibatkan karena kurangnya pemahaman tentang pemanfaatan kulit buah mangga dan kandungan di dalam kulit buah mangga.

Berdasarkan hasil penelitian uji analisis kadar nitrogen, menunjukkan bahwa di dalam kulit mangga terdapat jumlah nitrogen yang tinggi (Widyabudiningsih *et al.*, 2021).

2.4 Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan pupuk yang berperan meningkatkan aktivitas biologi, kimia, dan fisik tanah sehingga tanah menjadi subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman. Saat ini sebagian besar petani masih tergantung pada pupuk anorganik karena mengandung beberapa unsur hara dalam jumlah yang banyak, padahal jika pupuk anorganik digunakan secara terus-menerus akan menimbulkan dampak negatif terhadap kondisi tanah (Rahmah et al., 2014). Pupuk organik merupakan bahan pembenah tanah yang paling baik dan alami daripada bahan pembenah buatan/sintetis. Pada umumnya, pupuk organik

mengandung hara makro N, P, K rendah tetapi mengandung hara mikro dalam jumlah cukup yang sangat diperlukan pertumbuhan tanaman. Penggunaan pupuk organik dapat mengurangi dampak negatif pupuk kimia serta memperbaiki sifat fisik, kimia, biologi tanah secara bersamaan (Rasmito, dkk 2019).

Pupuk organik terdapat dalam bentuk padat dan cair. Kelebihan pupuk organik cair adalah unsur hara yang terdapat didalamnya lebih mudah diserap tanaman. Pemberian pupuk organik cair juga harus memperhatikan dosis yang diaplikasikan terhadap tanaman. Mengakibatkan timbulnya gejala kelayuan pada tanaman (Rahmah et al., 2014). Pupuk organik cair adalah larutan dari hasil pembusukan bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan yang memiliki kandungan lebih dari satu unsur hara. Pupuk organik cair dapat dibuat dari bahan organik dengan cara mengomposkan dan memberi aktivator pengomposan sehingga dapat dihasilkan pupuk organik cair yang stabil dan mengandung unsur hara lengkap (Rasmito, dkk 2019).

Terdapat dua macam tipe pupuk organik cair yang dibuat melalui proses pengomposan. Pertama adalah pupuk organik cair yang dibuat dengan cara melarutkan pupuk organik yang telah jadi atau setengah jadi ke dalam air. Jenis pupuk yang dilarutkan bisa berupa pupuk hijau, pupuk kandang, pupuk kompos atau campuran semuanya. Pupuk organik cair semacam ini karakteristiknya tidak jauh beda dengan pupuk organik padat, hanya saja wujudnya berupa cairan. Pupuk cair tipe ini suspensi larutannya kurang stabil dan mudah mengendap. Jadi tidak bisa menyimpan pupuk tipe ini dalam jangka waktu lama. Setelah jadi biasanya harus langsung digunakan. Pengaplikasiannya dilakukan dengan cara menyiramkan pupuk pada permukaan tanah disekitar tanaman, tidak disemprotkan ke daun (Rahmah et al., 2014).

Kedua adalah pupuk organik cair yang dibuat dari bahan-bahan organik yang difermentasikan dalam kondisi anaerob dengan bantuan organisme hidup. Bahan bakunya dari material organik yang belum terkomposkan. Unsur hara yang terkandung dalam larutan pupuk cair tipe ini benar-benar berbentuk cair. Jadi larutannya lebih stabil. Bila dibiarkan tidak mengendap. Oleh karena itu, sifat dan karakteristiknya pun berbeda dengan pupuk cair yang dibuat dari pupuk padat yang dilarutkan ke dalam air (Rahmah et al., 2014). Pemberian

pupuk organik cair harus memperhatikan konsentrasi atau dosis yang diaplikasikan terhadap tanaman. Semakin tinggi dosis pupuk yang diberikan maka kandungan unsur hara yang diterima oleh tanaman akan semakin tinggi, begitu pula dengan semakin seringnya frekuensi aplikasi pupuk daun yang dilakukan pada tanaman, maka kandungan unsur hara juga semakin tinggi. Namun, pemberian dengan dosis yang berlebihan justru akan mengakibatkan timbulnya gejala kelayuan pada tanaman (Parman, 2007).

Kandungan dalam pupuk organik cair meliputi enam belas unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Keenambelas unsur hara tersebut terbagi menjadi :

- a. Unsur hara makro primer, terdiri dari Karbon (C), Oksigen (O), Hidrogen (H), Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K).
- b. Unsur hara makro sekunder, terdiri dari Kalsium (Ca), Sulfur (S) dan Magnesium (Mg).
- c. Unsur hara mikro, terdiri dari Boron (B), Klor (Cl), Tembaga (Cu), Besi (Fe), Mangan (Mn), Zeng (Zn) dan Molibden (Mo).

Dari semua jenis unsur hara tersebut, yang paling utama dibutuhkan oleh tanaman adalah Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K).

1. Nitrogen (N)

- a. Berfungsi untuk merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman secara keseluruhan, khususnya pertumbuhan akar, batang dan daun.
- b. Berperan dalam pembentukan zat hijau daun (klorofil) yang sangat penting untuk melakukan proses fotosintesis.
- c. Berperan dalam pembentukan protein, lemak dan berbagai persenyawaan organik lainnya.

Gejala tanaman yang kekurangan unsur nitrogen yaitu pertumbuhan tanaman berjalan lambat, tanaman kurus dan kerdil, daun hijau kekuningan, pendek, kecil dan tegak, serta daun yang sudah tua berwarna hijau muda, kemudian berubah kuning dan layu. Apabila sempat berbuah, buahnya akan kerdil, cepat masak lalu rontok (Dinas Pangan, Pertanian, dan Perikanan Pontianak, 2018).

2. Fosfor (P)

- a. Berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar, khususnya akar benih dan tanaman muda.
- b. Merupakan bahan mentah untuk pembentukan sejumlah protein tertentu.
- c. Membantu proses asimilasi dan pernapasan tanaman.
- d. Mempercepat pembungaan dan pemasakan biji dan buah.

Gejala tanaman yang kekurangan unsur fosfor adalah seluruh warna daun berubah menjadi lebih tua dan sering tampak mengkilap kemerahan. Tepi daun, cabang dan batang akan berwarna merah keunguan yang lambat laun akan berubah menjadi kuning dan kemudian layu. Jika tanaman berbuah, buahnya akan kecil, mutunya jelek, dan cepat masak (Dinas Pangan, Pertanian, dan Perikanan Pontianak, 2018).

3. Kalium (K)

- a. Berfungsi membantu pembentukan protein dan karbohidrat
- b. Memperkuat tanaman sehingga daun, bunga dan buah tidak mudah rontok/gugur.
- c. Salah satu sumber daya tahan tanaman terhadap kekeringan dan penyakit.

Gejala tanaman yang kekurangan unsur Kalium adalah daun tua akan mengkerut dan keriting. Pada daun akan timbul bercak merah kecoklatan, lalu daun akan mengering dan mati. Buah tumbuh tidak sempurna, kecil, mutunya jelek, hasilnya sedikit dan tidak tahan simpan (Dinas Pangan, Pertanian, dan Perikanan Pontianak, 2018).

Berikut adalah persyaratan teknis minimal pupuk organik yang ditetapkan oleh Departemen Pertanian Republik Indonesia :

Tabel 2.6 Standar Kualitas Mutu Pupuk Organik Cair

Parameter	Standar
pH	4-9
P ₂ O ₅	2-6 %
K ₂ O	2-6 %
N	2-6 %

Sumber: (Peraturan Menteri Pertanian No.261/KPTS/SR.310//M/4/2019)

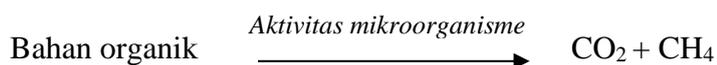
2.5 Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme (Suprihatin, 2010). Proses fermentasi dibutuhkan starter sebagai mikroba yang akan ditumbuhkan dalam substrat. Starter merupakan populasi mikroba dalam jumlah dan kondisi fisiologis yang siap diinokulasikan pada media fermentasi (Prabowo, 2011).

Menurut Hidayati (2011) menyatakan bahwa dalam proses fermentasi bisa memanfaatkan ragi karena ragi mengandung mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae*. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* dapat digunakan sebagai aktivator dalam proses pengomposan pupuk organik, selain itu ragi memiliki sifat pereduksi yang kuat sehingga dapat mendegradasi bahan organik. (Hidayati, 2011).

Berdasarkan kebutuhan oksigen, fermentasi dibedakan menjadi dua, yaitu fermentasi aerob dan anaerob. Fermentasi aerob merupakan fermentasi yang prosesnya memerlukan oksigen karena dengan adanya oksigen maka mikroba dapat mencerna glukosa menghasilkan air, CO₂, dan sejumlah energi, dan fermentasi anaerob merupakan fermentasi yang tidak membutuhkan adanya oksigen karena beberapa mikroba dapat mencerna bahan energi tanpa adanya oksigen (Afrianti, 2005 dalam Muin, Hakim & Febriyansyah, 2015).

Pada penelitian pembuatan pupuk organik cair dari air cucian beras, limbah sayur-sayuran dan kulit buah-buahan ini, fermentasi yang digunakan adalah fermentasi anaerob. Menurut Nugroho (2013), fermentasi anaerob merupakan proses pemecahan karbohidrat dan asam amino tanpa memerlukan oksigen. Pada fermentasi anaerob pada pupuk organik cair, bahan organik akan diubah menjadi CO₂ dan metana. Berikut ini reaksi yang terjadi pada proses pembuatan pupuk organik cair dengan fermentasi anaerob (Sundari, dkk., 2014).



Dalam proses fermentasi pembuatan pupuk organik cair, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan agar proses fermentasi berjalan dengan baik, yaitu :

1. *Efective Microorganisme* (EM4)

EM4 merupakan kultur campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman dan ternak yang dapat digunakan sebagai starter untuk meningkatkan keragaman dan populasi mikroorganisme (Rahmah *et al*, 2014). Jumlah mikroorganisme fermentasi di dalam EM4 sangat banyak, sekitar 80 jenis, Mikroorganisme tersebut dipilih yang dapat bekerja secara efektif dalam menfermentasikan bahan organik. Dari sekian banyak mikroorganisme, ada lima golongan yang pokok yaitu bakteri *fotosintetik*, *lactobacillus* sp, *streptomices* sp, ragi (*yeast*), dan *actinomycetes* (Meriatna, dkk 2018). Fungsi mikroorganisme dalam EM4 dapat dilihat pada Tabel 2.7 di bawah ini.

Tabel 2.7 Fungsi Mikroorganisme dalam EM4

Mikroorganisme	Fungsi
Bakteri fotosintetik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membentuk zat-zat yang bermanfaat dari sekresi akar tumbuhan, bahan organik, dan gas-gas berbahaya (misalnya hydrogen sulfida) dengan menggunakan sinar matahari dan panas bumi sebagai sumber energi. Zat-zat bermanfaat itu antara lain asam amino, asam nukleik, zat-zat bioaktif dan gula. Semuanya mempercepat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. 2. Meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme lainnya.
Bakteri asam laktat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menghasilkan asam laktat dari gula 2. Menekan pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan misalnya fusarium 3. Meningkatkan percepatan perombakan bahan organik 4. Dapat menghancurkan bahan-bahan organik
Ragi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membentuk zat antibakteri dan bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dari asam-asam amino dan gula yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintetik

	2. Meningkatkan jumlah sel aktif dan perkembangan akar
<i>Actinomyces</i>	1. Menghasilkan zat-zat antimikroba dari asam amino yang dihasilkan oleh bakteri fotosintetik dan bahan organik
	2. Menekan pertumbuhan jamur dan bakteri
Jamur fermentasi	1. Menguraikan bahan organik secara tepat untuk menghasilkan alkohol, ester dan zat-zat antimikroba
	2. Menghilangkan bau serta mencegah serbuan serangga dan ulat yang merugikan.

Sumber: Yuwono, 2006

Effective Microorganism 4 (EM4) bagi tanaman tidak terjadi secara langsung. Penggunaan EM4 akan lebih efisien bila terlebih dahulu ditambahkan bahan organik yang berupa pupuk organik ke dalam tanah. EM4 akan mempercepat fermentasi bahan organik sehingga unsur hara yang terkandung akan terserap dan tersedia bagi tanaman, EM4 juga sangat efektif digunakan sebagai pestisida hayati yang bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan tanaman (Meriatna, dkk 2018). Penambahan bioaktivator EM4 dalam proses fermentasi berfungsi untuk mempercepat proses fermentasi. Selama proses fermentasi, mikroorganisme akan mendekomposisi senyawa organik yang terdapat di dalam bahan baku menjadi senyawa yang lebih sederhana, selain itu akan menghasilkan gas metana, karbondioksida, dan asam organik yang memiliki bobot molekul rendah (Widyabudiningsih et al, 2021).

Berikut ini beberapa manfaat EM4 bagi tanaman dan tanah (Hadisuwito, 2012) :

1. Menghambat pertumbuhan hama dan penyakit tanaman dalam tanah.
2. Membantu meningkatkan kapasitas fotosintesis tanaman.
3. Meningkatkan kualitas bahan organik sebagai pupuk.
4. Meningkatkan kualitas pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman.

2. pH (Derajat Keasaman)

pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas

mikroorganisme di dalam media pengurai bahan organik. pH pupuk organik cair berdasarkan standar PERMENTAN No.261/KPTS/SR.310/M/4/2019 yaitu 4-9. Dalam proses fermentasi akan terjadi penurunan pH dikarenakan adanya aktivitas bakteri asam laktat yaitu *Lactobacillus* sp dalam menguraikan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam substrat menjadi asam-asam organik seperti asam laktat (Amanillah, 2011). Pada proses selanjutnya sejumlah mikroorganisme mengkonversikan asam organik yang telah terbentuk sehingga bahan memiliki derajat keasaman yang tinggi dan mendekati normal (Sinaga, 2010).

3. Suhu

Faktor suhu sangat berpengaruh terhadap proses fermentasi pupuk organik cair karena berhubungan dengan jenis mikroorganisme yang terlibat. Suhu optimal dalam proses fermentasi pupuk organik cair adalah 30-50°C (Indriani, 2007). Apabila suhu terlalu tinggi maka mikroorganisme akan mati, dan apabila suhu relatif rendah maka mikroorganisme belum dapat bekerja atau dalam keadaan dorman (Jalaluddin, dkk 2016).

4. Tetes tebu (Molase)

Tetes tebu merupakan hasil samping industri gula yang mengandung senyawa nitrogen dan kandungan gula yang cukup tinggi terutama kandungan sukrosa. Tetes tebu merupakan sumber karbon dan nitrogen bagi ragi yang terdapat di dalam EM4. Tetes tebu digunakan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme untuk denitrifikasi dan fermentasi anaerobik. Karbohidrat yang terdapat dalam tetes tebu sudah siap digunakan untuk fermentasi tanpa perlakuan pendahuluan karena sudah berbentuk gula (Hidayat dkk., 2012).

5. Ukuran bahan

Ukuran bahan juga dapat mempengaruhi proses fermentasi pupuk organik cair. Bahan yang berukuran kecil akan cepat didekomposisi karena luas permukaannya meningkat sehingga mempermudah aktivitas mikroorganisme perombak. Untuk pengomposan anaerobik, dianjurkan untuk menghancurkan

bahan hingga lumpat dan menyerupai bubur atau lumpur yang bertujuan untuk mempercepat proses penguraian oleh bakteri dan mempermudah pencampuran bahan (Yuwono, 2006).

6. Lama fermentasi

Lama fermentasi merupakan salah satu faktor penting dalam proses fermentasi karena berkaitan dengan fase pertumbuhan mikroba yang akan berkembang dari waktu ke waktu sehingga akan memengaruhi kandungan produk yang akan dihasilkan. Menurut Hamdiyati (2011), fase pertumbuhan mikroba dapat dibagi menjadi empat fase, yaitu : fase lag, fase logaritma (eksponensial), fase stasioner, dan fase kematian (Hamdiyati, 2011).

1) Fase lag

Fase lag merupakan fase penyesuaian bakteri dengan lingkungan yang baru. Lama fase lag pada bakteri sangat bervariasi, tergantung pada komposisi media, pH, suhu, dan sifat fisiologis mikroorganisme pada media sebelumnya. Lamanya fase adaptasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

a) Medium dan lingkungan pertumbuhan

Jika medium dan lingkungan pertumbuhan sama seperti medium dan lingkungan sebelumnya, mungkin tidak diperlukan waktu adaptasi. Tetapi jika nutrient yang tersedia dan kondisi lingkungan yang baru berbeda dengan sebelumnya, diperlukan waktu penyesuaian untuk mensintesa enzim-enzim.

b) Jumlah inokulum

Jumlah awal sel yang semakin tinggi akan mempercepat fase adaptasi. Fase adaptasi mungkin berjalan lambat karena beberapa sebab misalnya kultur dipindahkan dari medium yang kaya nutrient ke medium yang kandungan nutriennya terbatas, mutan yang baru dipindahkan dari fase statis ke medium baru dengan komposisi sama seperti sebelumnya.

2) Fase logaritma atau fase eksponensial

Fase logaritma adalah ketika sel telah menyesuaikan diri dengan

lingkungan yang baru, maka sel mulai membelah hingga mencapai populasi yang maksimum. Fase eksponensial ditandai dengan terjadinya periode pertumbuhan yang cepat. Setiap sel dalam populasi membelah menjadi dua sel.

Pada fase eksponensial mikroorganisme akan mulai membelah hingga mencapai populasi yang maksimum sehingga akan menyerap unsur hara fosfor dalam substrat yang digunakan mikroorganisme untuk membangun sel dan aktivitas metabolisme.

3) 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. Ukuran sel pada fase ini menjadi lebih kecil karena sel tetap membelah meskipun zat-zat nutrisi sudah habis. Karena kekurangan zat nutrisi, sel kemungkinan mempunyai komposisi yang berbeda dengan sel yang tumbuh pada fase logaritmik. Pada fase ini sel-sel lebih tahan terhadap keadaan ekstrim seperti panas, dingin, radiasi dan bahan-bahan kimia.

4) Fase kematian

Fase kematian ditandai dengan peningkatan laju kematian yang melampaui laju pertumbuhan, sehingga secara keseluruhan terjadi penurunan populasi bakteri. Pada fase ini sebagian populasi mikroba mulai mengalami kematian karena nutrisi di dalam medium sudah habis.