

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Limbah

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah adalah sisa suatu usaha dan/ atau kegiatan. Limbah merupakan hasil buangan dari proses produksi, baik dalam skala industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah seringkali disebut sebagai sampah, yang keberadaannya kerap dianggap tidak diinginkan dan mengganggu lingkungan. Hal ini terjadi karena sampah umumnya dipandang tidak memiliki nilai ekonomi (Widjajanti, 2009).

Menurut Widjajanti (2009), apabila dari segi kimiawi, limbah ini terdiri dari senyawa organik dan anorganik. Dengan konsentrasi dan jumlah tertentu, limbah dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan, khususnya bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu, pengelolaan limbah yang tepat sangat diperlukan. Tingkat bahaya yang ditimbulkan oleh limbah tersebut bergantung pada jenis dan sifat dari limbah itu sendiri.

Karakteristik limbah dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti ukuran partikel (mikro), sifat yang terus berubah, jangkauan penyebarannya yang luas, serta dampaknya yang dapat berlangsung lama. Sementara itu, kualitas limbah dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti volume, kandungan zat pencemar, dan frekuensi pembuangan. Berdasarkan sifatnya, limbah

industri dapat dibagi menjadi empat jenis, yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas dan partikel, serta limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Untuk mengurangi dampak negatif limbah, diperlukan pengolahan dan pengelolaan yang tepat (Widjajanti, 2009). Tingkat bahaya limbah dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain volume limbah, seberapa sering limbah dibuang, dan jenis bahan pencemar yang terkandung di dalamnya (Jalaluddin dkk., 2016).

Menurut Abdurrahman (2006), berdasarkan wujud limbah yang dihasilkan, limbah terbagi 3 yaitu:

a) Limbah Padat

Limbah padat merupakan jenis limbah yang berbentuk padat, bersifat kering, dan hanya dapat berpindah tempat jika secara fisik dipindahkan. Limbah ini biasanya dihasilkan dari berbagai sumber, seperti sisa makanan, sayuran, potongan kayu, residu dari proses industri, serta material lainnya. Limbah padat dapat berasal dari aktivitas domestik, komersial, maupun industri, dan memerlukan penanganan khusus untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan.

b) Limbah Cair

Limbah cair adalah jenis limbah yang berbentuk cair dan memiliki sifat mudah mengalir atau berpindah tempat, kecuali jika disimpan dalam wadah atau tangki penampung. Limbah ini umumnya larut dalam air dan dapat berasal dari berbagai aktivitas, seperti air sisa mencuci

pakaian dan peralatan makan, serta limbah cair yang dihasilkan oleh proses industri. Beragam sumber limbah cair ini memerlukan pengelolaan yang tepat untuk mencegah pencemaran lingkungan.

c) Limbah Gas

Limbah gas adalah jenis limbah yang berbentuk gas dan biasanya terlihat dalam wujud seperti asap. Limbah ini memiliki sifat bergerak bebas, sehingga dapat menyebar secara luas ke lingkungan sekitarnya. Contoh limbah gas meliputi gas buangan dari kendaraan bermotor dan emisi gas yang dihasilkan oleh aktivitas industri. Karena sifatnya yang mudah menyebar, limbah gas memerlukan penanganan khusus untuk meminimalkan dampaknya terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia.

2. Limbah Ikan

Industri pengolahan perikanan menghasilkan limbah yang berupa bagian-bagian ikan yang tidak digunakan atau dibuang, seperti kepala, sirip, dan jeroan (isi perut). Limbah ini diperkirakan mencapai sekitar 30-40% dari total berat ikan, moluska, dan krustasea. Komponen limbah tersebut meliputi kepala (12,0%), tulang (11,7%), sirip (3,4%), kulit (4,0%), duri (2,0%), dan isi perut atau jeroan (4,8%) (KKP, 2020). Menurut Bhaskara, dkk (2008) limbah industri perikanan misalnya jeroan memiliki kandungan protein dan lemak tak jenuh yang tinggi. Jumlah ikan yang terbuang dari industri perikanan mencapai 20 juta ton (20% total produksi).

Limbah ikan yang termasuk dalam kategori ini adalah jeroan ikan, yaitu bagian-bagian yang terletak di dalam tubuh ikan. Jeroan ikan mencakup berbagai organ, seperti lambung dan hati. Organ-organ tersebut akan terlihat saat ikan dibersihkan atau disiangi. Selama proses pengolahan ikan, jeroan ikan termasuk salah satu bagian yang tidak dimanfaatkan dan sering dibuang, sama halnya dengan sisik dan sirip ikan. Jika limbah ini tidak dikelola dengan baik, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Hildawianti dkk, 2017).

Pupuk cair dari limbah ikan merupakan salah satu jenis pupuk organik yang memanfaatkan limbah ikan sebagai bahan utama, dengan kandungan unsur hara yang cukup lengkap dan bermanfaat bagi tanaman. Limbah ikan mengandung nitrogen (N) sekitar 2,88%, fosfor (P) sekitar 2,06%, dan kalium (K) sekitar 2,13%, yang merupakan unsur penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Dengan kandungan tersebut, pupuk ini tidak hanya membantu meningkatkan kesuburan tanah, tetapi juga menjadi alternatif ramah lingkungan dalam pengelolaan limbah perikanan. Selain itu, penggunaannya dapat memperbaiki struktur tanah, menambah kandungan bahan organik, dan meningkatkan daya simpan air di tanah, sehingga pupuk cair dari limbah ikan memiliki potensi besar untuk mendukung pertanian berkelanjutan (Rohmawati dkk, 2023).

3. Limbah Industri Tempe

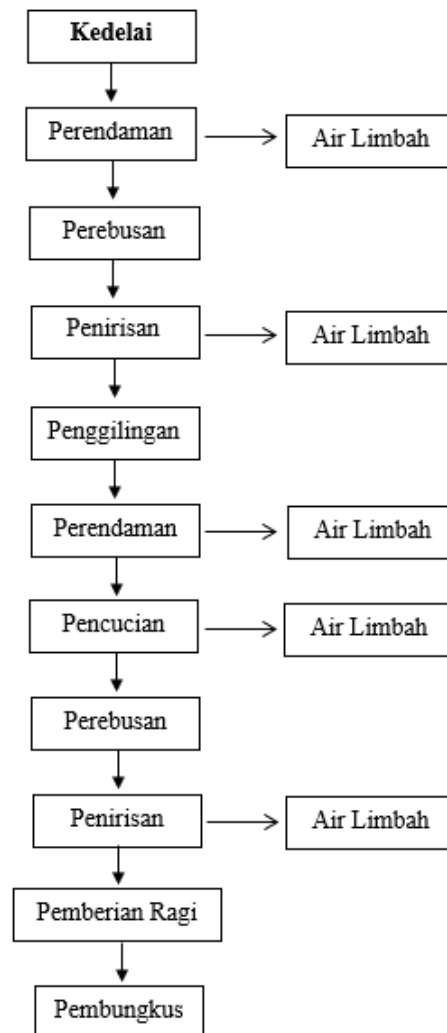
Limbah merupakan buangan dari suatu proses industri dan/atau domestik (rumah tangga) yang lebih dikenal dengan sampah. Menurut

Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Industri tempe menghasilkan berbagai jenis limbah, baik dalam bentuk padat maupun cair. Limbah padat yang dihasilkan, salah satunya adalah kulit kedelai, yang merupakan sisa dari proses pemasakan kedelai sebelum difermentasi menjadi tempe. Selain itu, industri ini juga menghasilkan limbah cair, berupa air yang tercampur dengan sisa-sisa bahan lain, seperti air rendaman kedelai, air pencucian alat-alat, serta buangan-buangan lainnya yang terlarut atau terbawa dalam proses produksi.

Proses pembuatan tempe membutuhkan penggunaan air dalam jumlah yang cukup besar, terutama pada beberapa tahap penting seperti pencucian kedelai untuk menghilangkan kotoran, pengelupasan kulit kedelai, perendaman kedelai dalam air untuk mempercepat proses fermentasi, serta perebusan kedelai untuk membuatnya lebih lunak sebelum difermentasi. Dalam pembuatan tempe dengan bahan baku kedelai sebanyak 100 kg, dapat dihasilkan limbah hingga mencapai 2 m³. Limbah cair industri tempe memiliki kandungan kompleks, seperti protein sebesar 0,42%, lemak 0,113%, karbohidrat 0,11%, air 98,87%, kalsium 13.60 ppm, fosfor 1,74 ppm, dan besi 4,55 ppm (Puspawati, 2017).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Windarti (2010), air rebusan kedelai mengandung nitrogen (N) yang tinggi, yaitu sebesar 153.876 ml/L. Kandungan lainnya, yaitu fosfor (P) sebesar 15.613 ml/L dan

kalium (K) sebesar 1.408 ml/L. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tempe termasuk jenis limbah yang dapat terurai secara alami (*biodegradable*) oleh mikroorganisme. Namun, jika tidak diolah dengan baik, air limbah dari industri tempe dapat menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan. Berikut ini adalah diagram proses produksi yang menjelaskan tahapan-tahapan yang menghasilkan limbah cair.



Gambar 1. Bagan Alir Produksi Tempe

4. Fermentasi

Fermentasi adalah proses dekomposisi senyawa organik menjadi bentuk yang lebih sederhana dengan bantuan mikroorganisme. Prinsip dasar dari fermentasi adalah bahan organik yang terbuang diuraikan oleh mikroba dalam kondisi suhu dan lingkungan yang spesifik (Huda, 2013). Proses pembuatan pupuk organik cair terjadi melalui proses anaerob (tanpa oksigen) atau fermentasi yang tidak memerlukan bantuan sinar matahari (Lutfi, 2013).

Keberhasilan pembuatan pupuk organik cair melalui fermentasi dapat dikenali dengan munculnya lapisan putih di permukaan, bau yang khas, serta perubahan warna. Lapisan putih tersebut adalah Actinomycetes, yaitu jenis jamur yang berkembang setelah pupuk terbentuk. Setelah proses fermentasi, muncul bercak-bercak putih di permukaan cairan yang berwarna kuning kecoklatan dengan aroma khas yang tajam. Ciri ini menandakan bahwa pupuk cair organik telah matang dan siap untuk digunakan (Alex, 2015).

5. Pupuk Organik Cair

Pupuk adalah bahan yang diberikan pada tanaman atau media tanam untuk memenuhi kebutuhan nutrisi mereka, sehingga tanaman dapat tumbuh optimal. Penambahan serta pengembalian unsur hara penting untuk mempertahankan kesuburan tanah dan mendukung peningkatan atau keberlanjutan tanaman (Dalimunthe, 2021).

Pupuk organik merupakan jenis pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terbuat dari bahan-bahan organik, seperti sisa tanaman, limbah pertanian, kotoran hewan, atau bahan organik lainnya. Pupuk ini digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dengan cara memenuhi kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman, serta meningkatkan kesuburan tanah dalam jangka panjang. Pupuk organik dapat ditemukan dalam berbagai bentuk, baik dalam bentuk padat maupun cair. Salah satu bentuk pupuk organik cair adalah larutan yang dihasilkan melalui proses dekomposisi bahan-bahan organik, seperti sisa tanaman dan kotoran hewan atau manusia. Pupuk organik cair ini mengandung berbagai unsur hara penting yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dengan baik, seperti nitrogen, fosfor, kalium, serta unsur mikro lainnya yang mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Farrli, 2016).

Pengamatan pH pada pupuk organik cair (POC) bertujuan untuk memastikan bahwa proses fermentasi telah selesai. POC yang matang biasanya memiliki pH dalam rentang 4 hingga 9. Berdasarkan standar kualitas pupuk organik cair SNI 19-7030-2004, pupuk yang sudah matang ditandai dengan warna kecokelatan hingga hitam dan tidak mengeluarkan aroma busuk. Aroma tidak sedap pada POC umumnya dihasilkan oleh gas seperti amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S) yang terbentuk selama fermentasi bahan organik. Namun, bau ini akan berkurang secara signifikan jika fermentasi telah berlangsung dengan sempurna (Dalimunthe, 2021).

Berdasarkan Keputusan Kementerian Pertanian Nomor 261 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenahan Tanah untuk standar Nitrogen, Fosfor, dan Kalium di dalam pupuk organik cair adalah sebesar 2-6%.

Tabel 2. Standar Mutu Pupuk Organik Cair

No.	Parameter	Satuan	Standar Mutu
1.	C Organik	% (w/v)	Minimum 10
2.	Hara makro N + P ₂ O ₃ + K ₂ O	% (w/v)	2-6
3.	N Organik	% (w/v)	Minimum 0.5
4.	Hara mikro Fe total Mn total Cu total Zn total B total Mo total	Ppm	90-900 25-500 25-500 25-500 12-250 2-10
5.	pH	-	4-9
6.	<i>E. coli</i> <i>Salmonella sp.</i>	Cfu/ml Atau MPN/ml Cfu/ml Atau MPN/ml	$< 1 \times 10^2$ $< 1 \times 10^2$
7.	Logam berat As Hg Pb Cd Cr Ni	Ppm	Maksimum 5.0 Maksimum 0.2 Maksimum 5.0 Maksimum 1.0 Maksimum 40 Maksimum 10
8.	Unsur senyawa lain Na Cl	Ppm	Maksimum 2000 Maksimum 2000

Sumber : Keputusan Kementerian Pertanian Nomor 261 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenahan Tanah.

6. Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Pupuk Organik Cair

a. Faktor Fisik dari Luar

Faktor fisik seperti terik matahari dan hujan dapat memengaruhi proses pembuatan pupuk organik cair. Selama fermentasi, banyak mikroorganisme yang hidup dan berkembang. Oleh karena itu, bahan baku sebaiknya disimpan di tempat yang terlindung agar tidak terpapar hujan, angin, atau panas. Hal ini karena perubahan suhu akibat hujan atau angin dapat memperlambat aktivitas mikroba dan menghambat proses fermentasi (Santi, 2010).

Pupuk organik cair sebaiknya dibuat di tempat yang terlindung dari sinar matahari langsung, karena paparan sinar matahari dapat membunuh mikroorganisme yang ada di dalamnya (Puspanjalu, 2018).

b. Ukuran Bahan

Ukuran bahan baku memiliki pengaruh signifikan terhadap kecepatan proses pengomposan. Jika ukurannya kurang dari 5 cm, aliran udara ke dalam timbunan berkurang, begitu pula dengan pelepasan CO₂. Di sisi lain, bahan baku yang terlalu besar memiliki permukaan yang lebih kecil untuk proses penguraian, sehingga memperlambat bahkan berpotensi menghentikan dekomposisi (Simamora dan Salundik, 2006).

Aktivitas mikroba terjadi di area tempat permukaan bahan bersentuhan dengan udara. Semakin luas permukaan bahan, semakin besar peluang mikroba untuk bekerja, sehingga mempercepat proses dekomposisi. Salah satu cara untuk meningkatkan luas permukaan adalah

dengan memperkecil ukuran partikel bahan, seperti melalui proses pencacahan (Alex, 2015). Bahan dengan ukuran yang lebih kecil akan mengalami proses pengomposan yang lebih cepat karena bakteri dapat menjangkau area permukaan yang lebih luas (Indriani, 2011).

c. Warna dan Bau

Warna dan bau merupakan ukuran pengamatan aplikasi tingkat kematangan sempurna pada kondisi fisik pupuk organik cair bahwa masing-masing pupuk organik cair memiliki karakteristik yang sama.

Ciri fisik untuk menilai tingkat kematangan pupuk organik cair, yang umumnya memiliki karakteristik serupa. Pupuk organik cair yang telah matang sempurna biasanya ditandai dengan warna kuning kecokelatan, aroma khas yang menyerupai fermentasi seperti tape, serta adanya bercak-bercak putih di permukaannya semakin banyak bercak putih, kualitasnya dianggap semakin baik (Rasyid, 2017). Bau menyengat pada pupuk organik cair dapat diminimalkan atau dihilangkan dengan menambahkan pewangi. Pewangi ini dapat dibuat dari bahan alami seperti serai wangi, jeruk lemon, atau daun pandan (Purwendro dan Nurhidayat, 2006).

d. Keasaman (pH)

Fermentasi berlangsung secara optimal pada rentang pH tertentu. Pada tahap awal pembuatan pupuk organik cair, prosesnya cenderung menghasilkan keasaman. Kondisi pH yang ideal berada di kisaran netral, yaitu 4-9. Jika pH terlalu rendah (bersifat asam), maka dapat dinaikkan

dengan menambahkan bahan-bahan bersifat basa seperti air cucian beras, kapur pertanian, atau larutan abu dapur. Sebaliknya, jika pH terlalu tinggi (bersifat basa), maka dapat diturunkan menggunakan bahan-bahan bersifat asam seperti air perasan jeruk atau lemon, air rendaman kulit nanas, atau cuka dapur. (Indriani, 2011).

e. Suhu

Pembuatan pupuk cair berlangsung optimal pada suhu 25-55°C. Kenaikan suhu di awal proses disebabkan oleh panas yang dihasilkan selama mikroorganisme menguraikan bahan organik. Pada fase ini, mikroorganisme berkembang biak dengan cepat. Setelah itu, suhu perlahan menurun hingga mencapai suhu ruangan, yang menjadi tanda bahwa pupuk telah matang. Suhu rendah dapat diatasi dengan menggunakan wadah gelap atau membungkusnya dengan kain agar lebih hangat. Jika suhu terlalu tinggi, dapat menggunakan pendinginan tidak langsung dengan merendam wadah dalam ember berisi air dingin (Santi, 2010).

7. Kandungan Hara Pupuk Organik

Menurut Sidin (2019), unsur hara dalam tanaman dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah yang dibutuhkan menjadi dua kategori utama, yaitu unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan unsur hara mikro. Pupuk organik cair mengandung berbagai unsur hara yang sangat

penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman, dengan total enam belas unsur hara yang terbagi dalam tiga kategori utama:

- a. Unsur hara makro primer: unsur hara utama yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar meliputi Karbon (C), Oksigen (O), dan Hidrogen (H) dari udara dan air, serta Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) dari tanah, yang berperan penting dalam pertumbuhan, seperti sintesis protein, pembentukan akar, dan buah.
- b. Unsur hara makro sekunder: unsur hara makro sekunder, yaitu Kalsium (Ca), Sulfur (S), dan Magnesium (Mg), juga dibutuhkan dalam jumlah besar meskipun tidak sebanyak unsur makro primer. Ketiganya penting untuk kekuatan dinding sel, sintesis protein, produksi klorofil, dan fotosintesis.
- c. Unsur hara mikro: Unsur hara mikro, meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil, sangat penting bagi kesehatan tanaman. Unsur ini meliputi Boron, Klor, Tembaga, Besi, Mangan, Seng, dan Molibden yang masing-masing berperan dalam pembentukan sel, keseimbangan osmotik, metabolisme, fotosintesis, produksi hormon, dan metabolisme nitrogen.

Suatu unsur hara dianggap esensial bagi tanaman jika memenuhi tiga syarat berikut:

- a. Kekurangan unsur tersebut dapat menyebabkan gangguan atau hambatan dalam proses pertumbuhan tanaman.
- b. Kekurangan unsur tersebut tidak dapat digantikan oleh unsur lain.

- c. Unsur tersebut harus terlibat secara langsung dalam proses penyediaan nutrisi bagi tanaman (Diara, 2016).

Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) adalah unsur hara makro yang diperlukan oleh tanaman dan dapat diperoleh dari tanah. Berdasarkan penjelasan Farrli (2016), berikut adalah manfaat masing-masing unsur hara tersebut untuk tanaman:

a. Unsur Hara Nitrogen (N)

- 1) Mendorong pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, terutama pada batang, cabang, dan daun.
- 2) Mendukung pembentukan daun hijau yang sangat penting dalam proses fotosintesis.
- 3) Terlibat dalam pembentukan protein, lemak, dan senyawa organik lainnya.

Kekurangan unsur nitrogen (N) dapat menyebabkan:

- 1) Tanaman tumbuh terhambat dan kerdil.
- 2) Daun mengering dari bagian bawah ke atas, dengan jaringan yang mati dan meranggas.
- 3) Buah berkembang kecil dan berwarna kekuningan.

b. Unsur Hara Fosfor (P)

- 1) Merangsang perkembangan akar, terutama pada akar benih dan tanaman muda.
- 2) Berperan sebagai bahan dasar dalam pembentukan protein.
- 3) Membantu proses asimilasi dan respirasi tanaman.

- 4) Mempercepat proses pembungaan, pemasakan biji, dan buah.

Kekurangan unsur fosfor (P) akan menyebabkan:

- 1) Daun berubah warna menjadi sangat tua dan sering tampak kemerahan atau mengkilap.
- 2) Tepi daun, cabang, dan batang menunjukkan warna merah ungu yang kemudian berubah menjadi kuning.
- 3) Buah tumbuh kecil, tidak menarik, dan cepat matang.

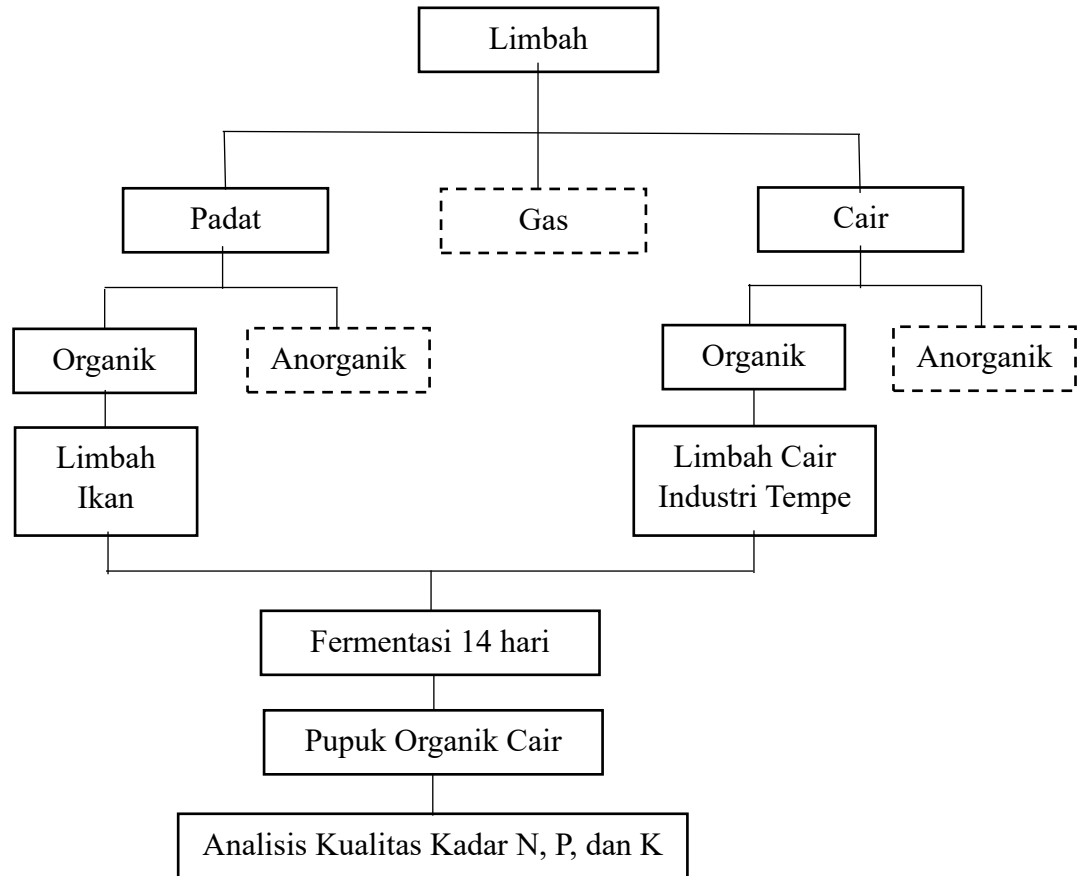
c. Unsur Hara Kalium (K)

- 1) Membantu pembentukan protein dan karbohidrat.
- 2) Memperkuat struktur tubuh tanaman, sehingga daun, bunga, dan buah tidak mudah rontok.
- 3) Menjadi sumber daya bagi tanaman untuk menghadapi kekeringan dan penyakit.

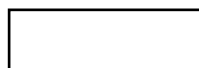
Kekurangan unsur kalium (K) dapat menyebabkan:

- 1) Daun menjadi keriput atau keriting.
- 2) Muncul bercak-bercak merah kecoklatan pada daun.
- 3) Daun mengering dan akhirnya mati.
- 4) Buah tidak berkembang dengan baik dan tidak tahan lama saat disimpan.

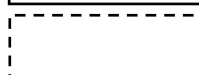
B. Kerangka Teori



Keterangan:



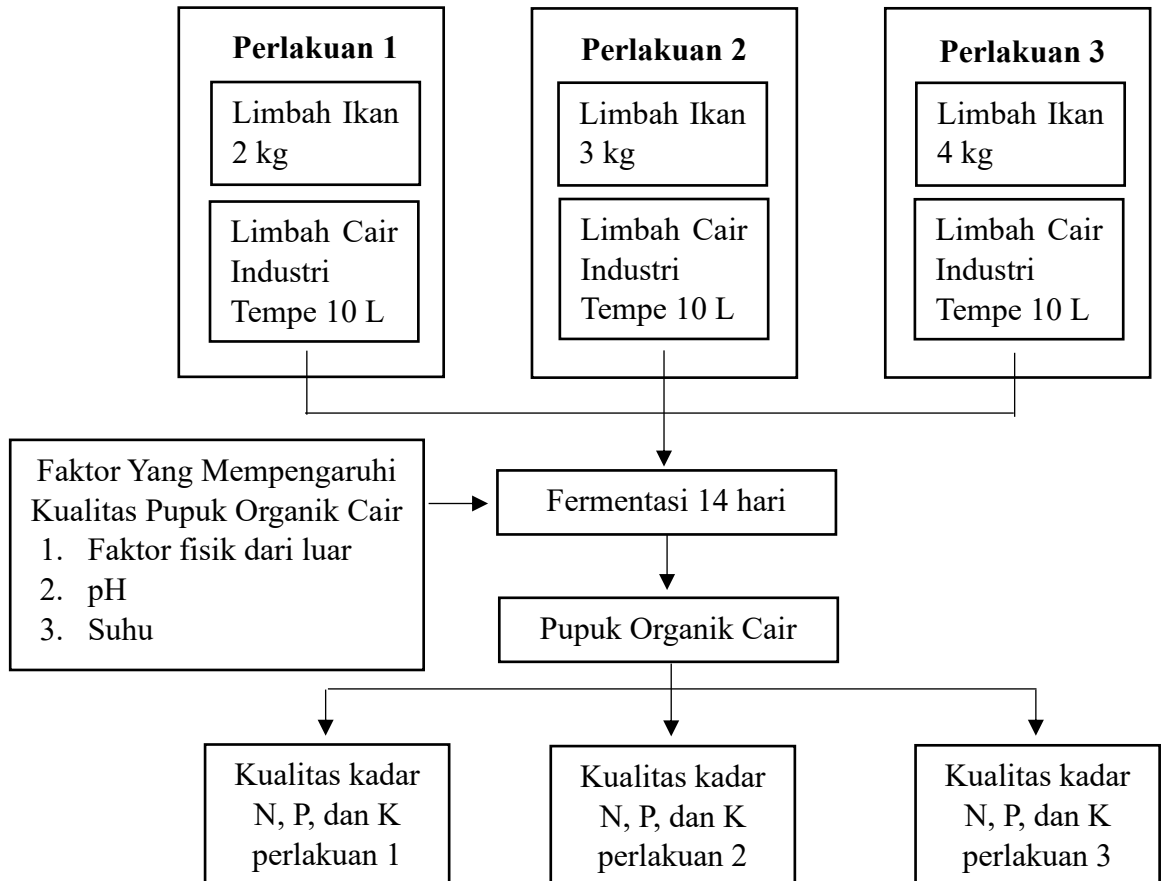
: Variabel yang diteliti



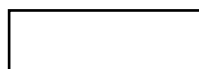
: Variabel yang tidak diteliti

Gambar 2. Kerangka Teori

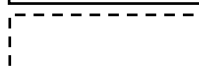
C. Kerangka Konsep



Keterangan:



: Variabel yang diteliti



: Variabel yang tidak diteliti

Gambar 3. Kerangka Konsep

D. Hipotesis Penelitian

1. Hipotesis Mayor

Ada perbedaan kadar pupuk organik cair kadar nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dari pemanfaatan limbah ikan dan limbah cair industri tempe menjadi pupuk organik cair di Maguwoharjo, Depok, Sleman.

2. Hipotesis Minor

- a. Ada perbedaan kadar Nitrogen (N) pada pupuk organik cair dari pemanfaatan limbah ikan dan limbah cair industri tempe di Maguwoharjo, Depok, Sleman pada perbandingan 2:10, 3:10, 4:10.
- b. Ada perbedaan kadar Fosfor (P) pada pupuk organik cair dari pemanfaatan limbah ikan dan limbah cair industri tempe di Maguwoharjo, Depok, Sleman pada perbandingan 2:10, 3:10, 4:10.
- c. Ada perbedaan kadar Kalium (K) pada pupuk organik cair dari pemanfaatan limbah ikan dan limbah cair industri tempe di Maguwoharjo, Depok, Sleman pada perbandingan 2:10, 3:10, 4:10.
- d. Ada perbedaan kadar N, P, K pada pupuk organik cair dari limbah ikan dan limbah cair industri tempe di Maguwoharjo, Depok, Sleman yang paling efektif pada perbandingan 2:10, 3:10, 4:10.