

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Penelitian Terdahulu

1. Menurut penelitian terdahulu oleh (Rosniawaty, Sudirja, dan Afrianto 2015) dari Departemen Ilmu Tanaman, Universitas Diponegoro pada tahun 2015, ditulis jurnal mengenai “Pemanfaatan Urin Kelinci dan Urin Sapi sebagai Alternatif POC pada Pembibitan Kakao (*Theobroma Cacao L.*)” Tujuannya adalah mengetahui efisiensi pemakaian pupuk organik dari urin sapi dan urin kelinci, Kemudian cari formula pupuk terbaik berdasarkan analisis kandungan bahan dan berdasarkan hasil aplikasi pada proses penumbuhan bibit Kakao (*Theobroma cacao l.*). Dari tujuan diatas dapat kita ketahui akan kandungan yang ada pada bahan-bahan dasar yang dicampurkan.
2. Berdasarkan penelitian terdahulu oleh (Nursida dan Yulianti 2021) dari Fakultas Pertanian Universitas Islam Indragiri, pada tahun 2021, ditulis jurnal mengenai “Meminimalisir Penggunaan Pupuk KCL dengan Subtitusi POC Sabut Kelapa dalam Upaya Menciptakan Pertanian Ramah Lingkungan Pada Budidaya Jagung Manis.” Tujuannya adalah teknologi dalam proses membuat pupuk organik dari berbagai limbah saat ini terus meningkat. Salah satunya menjadikan sabut kelapa sebagai POC. Sabut kelapa adalah hasil sampingan dari penjualan kelapa yang tinggi kalium. Kandungan kalium yang tinggi memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan alternatif pengganti KCL. Penelitian yang dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok non faktorial dengan 5 perlakuan, yang terdiri dari 100 kg/ha KCl (takaran yang direkomendasikan untuk jagung), 100 kg/ha KCl + 30 ml/l kelapa, 75 kg/ha KCl + 30 ml/l POC Kelapa Kelapa, 50 kg/ha KCl + 30 ml/liter Kelapa, 25 kg/ha KCl + 30 ml/liter Kelapa POC Kelapa, 0 kg KCl + 30 ml/liter Kelapa POC Kelapa.

3. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Siti Mariyah Ulfa, Lukman Hakim 2018) dari Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang pada tahun 2018, ditulis pada jurnal yang berjudul “Pembuatan Pupuk Organik Cair Berbasis Limbah Padat Biogas pada Peternak Sapi Perah Sekar Sari "Setia Kawan" Desa Tukur Kab. Pasuruan.” Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah padat biogas yang sudah tidak terpakai menjadi sebuah POC yang kaya akan nitrogen. Hal ini dapat dipahami dari unsur-unsur yang ada dalam bahan baku yang digunakan. Bahan baku dalam hal ini adalah kotoran sapi, yang merupakan bahan organik dengan kandungan nitrogen (N) yang tinggi, tetapi hanya unsur C, H dan O yang diubah menjadi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> selama proses biogas. Unsur N pada bahan awal masih menjadi limbah. Analisis kadar (N), fosfat (P) dan kalium (K) yang dibutuhkan tanaman dilakukan di Jurusan Kimia dan Analisis Universitas Brawijaya. Sebagai hasil dari analisis, konsentrasi N, P dan K ditunjukkan. Dari hasil analisis, ditemukan konsentrasi N, P dan K dari biogas limbah padat memiliki nilai N sebesar 0,77%, P sebesar 2,75%, dan K 0,05%. Limbah padat biogas memiliki kandungan N dan P total yang memenuhi standar SNI sebagai pupuk padat. Di sisi lain, konsentrasi kalium masih rendah, sehingga kurang efektif jika diterapkan untuk pupuk. Zat kalium berfungsi dalam sintesis asam amino dan protein serta mempertahankan serapan tanaman. Beralih dari biogas kotoran padat ke kotoran cair diperlukan untuk meningkatkan kandungan kalium. Hal ini dapat dilakukan dengan menambahkan EM4 sebagai agen bioaktif selama produksi pupuk cair.

Tabel II.1

## Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

No	Judul Penelitian, Nama Peneliti, dan Tahun Penelitian	Jenis Penelitian dan Desain Penelitian	Populasi Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
1.	“Pemanfaatan Urin Kelinci dan Urin Sapi sebagai Alternatif Pupuk Organik Cair pada Pembibitan Kakao ( <i>Theobroma cacao</i> L.)” Rosniawaty, 2015	Quasy eksperiment dengan desain post test only	Urin sapi, urin kelinci	Variabel bebas : urin sapi dan urin kelinci. Variabel terikat : pertumbuhan pembibitan Kakao ( <i>Theobroma Cacao</i> L.)	Ada pengaruh penggunaan urin sapi dan urin kelinci yang sudah difermentasi. Penggunaan urin sapi yang berkonsentrasi 25 % hasilnya sama dengan pembibitan kakao menggunakan pupuk anorganik.	Penelitian sekarang dengan menggunakan effluent biogas dan tambahan sabut kelapa.
2.	“Meminimalisir	Quasy	Pupuk	Variabel bebas :	POC dari sabut kelapa	Penelitian

<p>Penggunaan Pupuk KCL dengan Subtitusi Pupuk Organik Cair (POC) Sabut Kelapa dalam Upaya Menciptakan Pertanian Ramah Lingkungan pada Budidaya Jagung Manis” (Nursida dan Yuliant021)</p>	<p>eksperiment dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non factorial.</p>	<p>KCL, sabut kelapa, jagung manis</p>	<p>Pupuk KCL dan POC sabut kelapa Variabel terikat : Jagung manis</p>	<p>tanpa ada campuran KCL memberikan produksi dan pertumbuhan lebih bagus jika dibandingkan dengan pemberian KCL 100% dosis rekomendasi. menggunakan urin sapi, urin kelinci dan effluent biogas.</p>
<p>3. “Pembuatan Pupuk Organik Cair Berbasis Limbah Padat Biogas pada Peternak Sapi Perah Sekar Sari "Setia Kawan" Desa Tutur Kabupaten Pasuruan” Siti Mariyah Ulfa, Lukman Hakim (2018)</p>	<p>Jenis penelitian : Quasy eksperiment Desain penelitian : Post test only</p>	<p>Limbah padat biogas, sapi perah</p>	<p>Variabel bebas : Limbah padat biogas Variabel terikat :</p>	<p>Menghasilkan pupuk organik cair dengan kadar nitrogen antara 0,47-1,67%. Dengan media yang digunakan adalah komposter portable yang memerlukan waktu fermentasi selama 30 hari. Penelitian sekarang menggunakan urin sapi, urin kelinci dan sabut kelapa.</p>

## B. Landasan Teori

### 1. Pengertian Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang terbuat dari tanaman mati hasil rekayasa, kotoran hewan, bagian tubuh hewan atau sampah organik lainnya dalam bentuk padat atau cair yang banyak mengandung mineral dan mikroba. Memiliki manfaat untuk meningkatkan kandungan unsur hara tanah, memperbaiki sifat fisik, kimia dan mikrobiologi tanah.

### 2. Pupuk Organik Cair (POC)

Tabel II.2 Standart Baku Mutu Pupuk Organik Cair

No.	PARAMETER	SATUAN	STANDAR MUTU
1.	C - organik	% (w/v)	minimum 10
2.	Hara makro: N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> 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 ppm ppm ppm ppm 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 x 10 <sup>2</sup>  < 1 x 10 <sup>2</sup>
7.	Logam berat As Hg Pb Cd Cr Ni	ppm ppm ppm ppm ppm ppm	maksimum 5,0 maksimum 0,2 maksimum 5,0 maksimum 1,0 maksimum 40 maksimum 10
8.	Unsur/senyawa lain*** Na Cl	ppm ppm	maksimum 2.000 maksimum 2.000

\*) Dalam prosesnya tidak boleh menambahkan bahan kimia sintetis.

\*\*) Minimum 3 (tiga) unsur.

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

Sumber : (Kepmentan 261/ 2019)

POC adalah pupuk yang berbentuk cair dan dapat diartikan sebagai pupuk yang diproduksi secara alami melalui proses fermentasi untuk menghasilkan larutan pengurai dari kotoran hewan atau manusia serta sisa tumbuhan. POC direkomendasikan untuk sebagian orang karena bebas bahan kimia/sintetis dan memiliki efek kesehatan yang

baik. Pupuk organik cair terdiri dari mikroorganisme yang berperan penting dalam pertumbuhan tanaman.

Kelebihan POC dapat dengan cepat mengatasi kekurangan nutrisi, tidak memiliki masalah menyaring nutrisi, dan mampu mensuplai nutrisi dengan cepat. POC ini tidak merusak tanah meskipun sering digunakan. Larutan ini juga mengandung bahan pengikat, sehingga dapat langsung diberikan ke permukaan tanah dan digunakan pada tanaman.

a. Manfaat POC antara lain :

- 1) Untuk menjaga kestabilan unsur hara dalam tanah.
- 2) Untuk memperkecil dampak limbah organik yang ada di lingkungan.
- 3) Untuk kesuburan tanaman .

b. Keunggulan POC antara lain :

- 1) Bisa mulai dari skala kecil hingga besar.
- 2) Peralatan dan bahan pembuatan murah dan mudah ditemukan.
- 3) Sederhana dan murah.
- 4) Pembuatan yang mudah.
- 5) Minimnya efek samping.
- 6) Modal yang murah.

c. Kekurangan POC antara lain :

- 1) Kuantitasnya relative sedikit.
- 2) Memerlukan kesabaran dan ketekunan yang tinggi.

### 3. Sumber Pupuk Organik Cair (POC)

Sumber Pupuk Organik Cair (POC) yang diteliti adalah konversi beberapa bahan, diantaranya yaitu :

a. Urin

Urin adalah salah satu limbah cair yang dihasilkan oleh ternak. Urin berasal dari ginjal setelah dikeluarkan dari tubuh melalui saluran kemih dan berasal dari metabolisme nitrogen (urea, asam urat, keratin) di dalam tubuh. Keseluruhan urin 90% adalah air.

Kualitas urin dipengaruhi oleh pakan, aktivitas ternak, suhu, air minum, musim, dan sebagainya. (Rinekso dkk, 2011). POC yang berasal dari urin sapi merupakan salah satu pupuk organik yang potensial sebagai sumber fitonutrien seperti N, P dan K. Urin sapi mengandung lebih banyak nutrisi daripada kotoran yang padat (Hani & Geraldine, 2016). Diketahui urin sapi mengandung unsur hara yang dibutuhkan tanaman seperti N, P, K, Ca, Hg, Na, Fe, Mn, Za, Cu dan Cr. Kadar unsur-unsur tersebut dapat menunjang perkembangan dan pertumbuhan tumbuhan (Marlina dan Wulandari 2019). Disini peneliti mengambil 2 bahan baku urin yang digunakan sebagai pembuatan POC:

a) Urin Sapi

Di Indonesia, proses pemanfaatan limbah peternakan masih minim dilakukan. Sebagian petani memanfaatkan limbah ini sebagai bahan biogas dan sebagian lagi membuangnya langsung ke sungai sehingga menjadi salah satu penyebab pencemaran lingkungan. Sapi dapat menghasilkan hingga 20 liter urin per hari. Bahan ini mengandung mikronutrien dan hormon alami dalam jumlah besar, sehingga dapat digunakan sebagai pupuk tanaman. Urin sapi merupakan salah satu pupuk cair dari ternak. Sampai saat ini, urin sapi dikatakan kotor dan bau, namun ternyata benda tersebut memiliki manfaat sebagai pupuk cair bagi tanaman (Aisyah dkk., 2011) yang dikutip dari jurnal (Karamina et al. 2020). POC yang berasal dari urin sapi selain dapat bekerja cepat, ternyata mengandung hormon tertentu yang dapat merangsang perkembangan tanaman (Sutedjo, 2008) yang dikutip dari jurnal (Harahap, Gusmeizal, dan Pane 2020). Menurut Marsono dan Lingga (2008), yang dikutip dari jurnal (Kusuma Pramushinta 2018) zat hara yang terkandung pada urin sapi adalah kalium 1,50%, nitrogen 1,00%, fosfor 0,50%, dan

sisanya merupakan air sebanyak 92%. Setelah mengalami proses fermentasi terjadi peningkatan unsur hara makro yaitu kalium 3,8%, nitrogen 2,7%, fosfor 2,4%, dan karbon menjadi 3,8%.

Tabel II. 3 Kandungan Unsur Hara Makro Urin Sapi

<b>Bahan</b>	<b>N (%)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (%)</b>
<b>Cair</b>	2,7	2,4	3,8

Sumber : Lingga dan Marsono, 2008

Kandungan nitrogen urin sapi yang tinggi, menjadikan bahan ini cocok dimanfaatkan sebagai pupuk cair yang dapat menyuplai unsur hara nitrogen bagi tanaman. Urin sapi juga mengandung nutrisi fosfor, yang hal tersebut dapat dijadikan sebagai pembentukan buah dan bunga. Mengandung unsur K, yang bermanfaat untuk memicu proses fotosintesis, mengaktifkan berbagai sistem enzim, memperkuat akar dan pelindung tanaman dari berbagai penyakit (Sutedjo, 2010). Peningkatan kandungan hara pada urin sapi dapat ditingkatkan dengan dilakukan fermentasi. Urin sapi yang difermentasi memiliki kandungan N, P, dan K yang lebih tinggi daripada sebelum fermentasi, dan kandungan C organik dalam urin sapi yang difermentasi berkurang. (Kurniawan, 2013) di dalam penelitian (Sungkawa, Dukat, dan Arnadi 2014). Menurut Rinekso, dkk (2014) yang dikutip dari penelitian (Rosniawaty, Sudirja, dan Afrianto 2015) kandungan N, P, dan K pada urin sapi yang difermentasi selama 15 menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan kandungan urin sapi yang difermentasi selama 3, 6, 9, dan 12 hari maupun yang tidak difermentasi.

b) Urin kelinci

Urin kelinci mengandung 2,2% nitrogen, 8,7% fosfor, 2,3% kalium. Urin kelinci dapat dimanfaatkan sebagai POC yang sangat bermanfaat bagi tanaman. Mudah dimanfaatkan untuk tanaman karena unsur-unsur didalamnya mudah terurai sehingga manfaatnya lebih cepat terasa (Nugraheni, 2010) yang dikutip dari penelitian (Rosniawaty, Sudirja, dan Afrianto 2015)

Tabel II. 4. Kandungan Unsur Hara Makro Urin Kelinci

<b>Bahan</b>	<b>N (%)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (%)</b>
<b>Cair</b>	2,2	2,3	4,0

Sumber : Nugraheni, 2010

Selain kemampuannya untuk memperbaiki struktur tanah, POC yang berasal dari urin kelinci juga baik sebagai herbisida pertumbuhan dan pra tumbuh tanaman, dapat mengendalikan hama dan penyakit, serta dapat mengendalikan hama penyakit dan tikus, serangga dan hama kecil lainnya (Nugraheni, 2010) dikutip dari penelitian (Rosniawaty, Sudirja, dan Afrianto 2015)

b. Effluent Biogas

Effluent biogas merupakan limbah padat yang dihasilkan dari instalasi biogas. Zat padat ini hanya disimpan di peternakan dan tidak dapat digunakan sebagai pupuk karena kandungan nitrogen (N) yang rendah. Masalah penyimpanan muncul dari peningkatan jumlah limbah padat. Saat ini, sisa biogas hanya menjadi masalah bagi lingkungan jika tidak dimanfaatkan dengan baik.

Menurut Junus (1998), di dalam penelitian (Nurjannah, Arfah, dan Fitriani 2018) Limbah biogas dari digester terdiri dari dua komponen yaitu bagian cair dan padat. Dengan kandungan seperti tabel dibawah ini.

Tabel II.5 Kandungan Unsur Hara Makro Effluent Biogas

<b>Bahan</b>	<b>N (%)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (%)</b>
<b>Cair</b>	1,00	0,02	1,08

Sumber : Junus (1998)

c. Sabut Kelapa

Zat hara K memiliki tingkat pelindian yang hampir sama dengan unsur N, namun pergerakannya dalam larutan tanah hampir sama dengan unsur P. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui perilaku K agar sekali dikelola dapat digunakan untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Sistem pengelolaan unsur hara K saat ini cenderung menghasilkan keseimbangan unsur hara yang negatif karena jumlah K yang dibawa oleh tanaman jauh lebih banyak daripada yang disediakan oleh pupuk (Subiham dan Subiksa, 2009) yang dikutip dari penelitian (Wijaya, Damanik, dan Fauzi 2017).

Sabut Kelapa juga mengandung kalium (K), nutrisi alami yang dibutuhkan tanaman, dan unsur lain seperti fosfor (P). Perendaman sabut kelapa dalam air memungkinkan kalium larut dalam air untuk menghasilkan air rendaman yang mengandung unsur K. Air rendaman yang mengandung unsur K sangat baik sebagai pupuk pengganti pupuk KCL anorganik bagi tanaman. (Sari, 2015).

Tabel II.6 Kandungan Unsur Hara Makro Rendaman Sabut Kelapa

<b>Bahan</b>	<b>N (%)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)</b>	<b>K<sub>2</sub>O (%)</b>
<b>Cair</b>	2,7	2,4	3,8

Sumber : Jamilah dan Marni, 2013

Komposisi unsur hara makro dan mikro pada sabut kelapa yaitu: air 53,83%, N 0,28%, P 0,1%, K 6,726% (Marni dan Jamilah, 2013) yang dikutip dari (Novianto, Effendy, dan Aminurohman 2020). Penambahan rendaman sabut kelapa yang paling baik adalah pada saat penambahan 100 ml. Dengan

kandungan unsur hara makro organik c-organik, nitrogen, fosfor dan kalium masing-masing 11,69%, 2,251, 0,71% dan 0,029% dalam 14 hari. Serta kandungan pada hari ke-28 yang terdiri dari c-organik, nitrogen, fosfor dan kalium berturut-turut adalah 11,28%, 2,366%, 0,70%.(Anik Waryanti 2013).

d. Tetes (Molase)

Tetes adalah produk sampingan dari proses pembuatan gula. Jaggery adalah cairan kental yang diperoleh pada tahap pemisahan kristal gula. Jaggery mengandung sebagian besar gula, asam amino, dan mineral. Kandungan sukrosa dalam tetes berkisar 25-40% dan persentase gula reduksi 12-35%. Gula tebu mentah umumnya mengandung jumlah gula pereduksi yang lebih rendah daripada gula tebu mentah. Struktur penting dari molase adalah TSAI (Total Sugar Inverts), yang merupakan kombinasi sukrosa dan gula pereduksi. Level TSAI Jaggery adalah 50-65%. Angka TSAI ini sangat penting bagi industri fermentasi karena semakin tinggi TSAI maka semakin menguntungkan.

4. Kandungan Unsur Hara Makro dan Fungsinya

Pada umumnya tanaman membutuhkan dua unsur hara untuk menunjang perkembangan dan pertumbuhan maksimal. Kedua jenis zat gizi tersebut disebut zat gizi makro dan zat gizi mikro. Unsur hara makro adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang relatif banyak.

a. Nitrogen (N)

Unsur nitrogen berperan penting dalam pembentukan sel, jaringan dan organ tumbuhan. Nitrogen berperan utama sebagai senyawa klorofil, protein, dan asam amino. Oleh karena itu, diperlukan nitrogen dalam jumlah yang cukup, terutama pada saat pertumbuhan memasuki fase vegetatif. Seiring dengan unsur fosfor (P), nitrogen digunakan untuk mengontrol pertumbuhan seluruh

tanaman. Nitrogen datang dalam dua bentuk: amonium ( $\text{NH}_4$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3$ ). Hal ini didasarkan pada serangkaian studi ahli bahwa amonium tidak boleh membuat lebih dari 25% dari total konsentrasi nitrogen. Jika jumlahnya tinggi, tanamannya tinggi, tetapi rentan terhadap penyakit. Nitrogen yang diekstraksi dari amonium jarang disuplai dalam kombinasi dengan karbohidrat, yang memperlambat pertumbuhan. Oleh karena itu, cadangan pangan sebagai modal bunga juga diminimalkan. Akibatnya, tanaman tidak bisa berbunga. Ketika bentuk nitrogen yang dominan dalam bentuk nitrat, sel-sel tumbuhan menjadi kokoh dan kuat sehingga lebih tahan terhadap penyakit. Untuk menentukan jumlah nitrogen dan bentuk nitrogen, pupuk dapat dilihat pada kemasan.

b. Fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )

Fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) merupakan unsur dari banyak ATP, RNA, DNA enzim, dan protein. ATP penting untuk proses transfer energi, sedangkan RNA dan DNA menentukan sifat genetik tanaman. Unsur P juga berperan dalam pertumbuhan biji, akar, bunga dan buah. Efek pada akar adalah perbaikan struktur akar, yang meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tanaman. Bersama dengan unsur kalium, fosfor digunakan untuk merangsang proses pembungaan. Hal ini tidak mengherankan karena kebutuhan fosfor meningkat seiring dengan usaha tanaman untuk berbunga.

c. Kalium ( $\text{K}_2\text{O}$ )

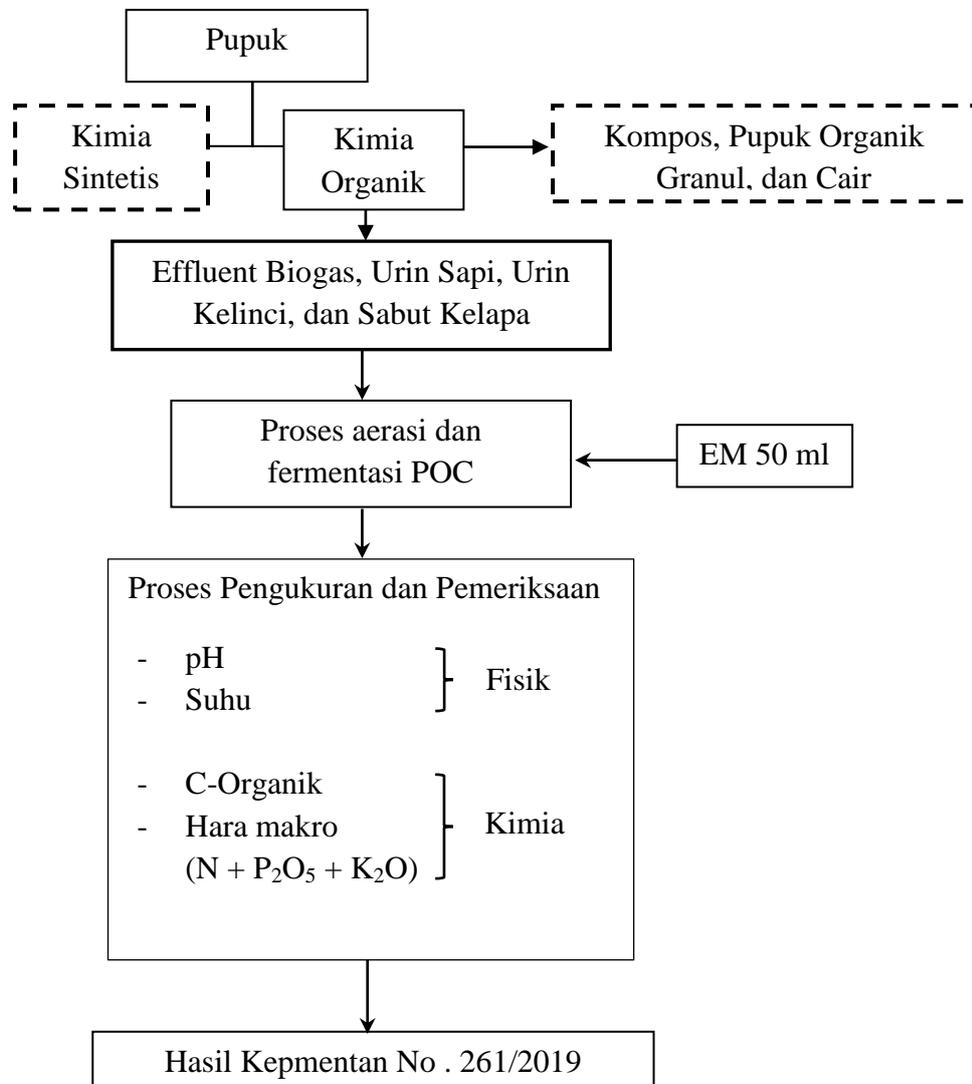
Unsur kalium berperan dalam mengatur proses fisiologis tanaman seperti fotosintesis, translokasi, akumulasi, pengangkutan karbohidrat, pembukaan dan penutupan stomata atau pengaturan distribusi air dalam jaringan dan sel. Jika kekurangan unsur ini, dapat menyebabkan daun terbakar dan akhirnya rontok. Unsur kalium berkaitan erat dengan kalsium dan magnesium. Ada antagonisme antara kalium dan kalsium, dan juga antara potasium dan magnesium. Sifat bermusuhan ini menyebabkan hilangnya salah satu unsur yang diserap tanaman jika komposisinya tidak

seimbang. Unsur kalium diserap lebih cepat oleh tanaman daripada kalsium dan magnesium. Ketika kalium tinggi, gejalanya mirip dengan kekurangan magnesium. Memang, antagonisme kalium dan magnesium lebih besar daripada kalium dan kalsium. Namun, dalam beberapa kasus, gejala kelebihan kalium mirip dengan gejala tanaman kekurangan kalsium.

d. C-Organik

C-Organik adalah zat esensial yang ada di tanah, karena zat tersebut dibutuhkan oleh tanaman. C-organik adalah persentase kesuburan tanah yang terdiri dari beberapa ikatan C (karbon). Karena C-Organik dipengaruhi oleh faktor biologis, fisik, dan kimia, ia merupakan bagian dari tanah, sistem yang kompleks dan bergerak yang terus berubah bentuk, dipasok dari sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang ditemukan di dalam tanah. C-organik (organic matter) adalah permukaan tanah yang berasal dari senyawa karbon di alam atau bahan organik yang terkandung di dalam permukaan tanah. C-Organik (Organik) adalah segala bentuk senyawa organik di dalam tanah, seperti limbah, fraksi organik ringan, biomassa mikroba, bahan organik terlarut dalam air, bahan organik stabil atau humus.

### C. Kerangka Teori



#### D. Kerangka Konsep

