

# I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Daratan Indonesia memiliki jenis tanah, material bantuan dasar, bentang alam regional, dan ketinggian yang berbeda-beda. Beragamnya jenis lahan, karena variabilitas berbagai faktor penyusunnya, merupakan modal yang sangat besar dalam memproduksi berbagai hasil pertanian secara berkelanjutan. Dalam pemanfaatan sumber daya lahan untuk pengembangan pertanian perlu memperhatikan potensinya agar dapat mencapai hasil yang optimal. Untuk menjaga kualitas tanah agar tetap baik, salah satunya yaitu dengan pembuatan *amelioran*. *Amelioran* merupakan bahan pembenah tanah yang dapat berupa bahan organik maupun anorganik yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan memperbaiki kondisi fisika dan kimia tanah (Wibowo *et al.*, 2019). Kandungan yang terdapat pada *amelioran* adalah unsur nitrogen, fosfor, dan kalium. Fungsi dari nitrogen untuk tanaman yaitu merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, membentuk zat hijau daun, pembentuk protein, lalu fungsi dari fosfor yaitu merangsang pertumbuhan akar, mempercepat pembungaan, pemasakan biji, dan fungsi kalium yaitu untuk pembentuk protein, memperkuat daun, dan bunga tidak mudah rontok menjadi sumber daya tahan tanaman (Dinas Pangan, 2020).

Bahan *amelioran* yang sering digunakan antara lain berbagai jenis kapur, lumpur, pupuk kompos atau bokasi, pupuk kandang, dan abu. Salah satu jenis *amelioran* yang banyak dikembangkan dan berpotensi saat ini adalah *amelioran* berbahan dasar *biochar* (Herlambang *et al.*, 2020). Fungsi pada *amelioran* dengan *biochar* yaitu untuk meningkatkan pH tanah, mengikat air dan unsur hara, serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah (Hastuti *et al.*, 2018). Selanjutnya *biochar* dapat meningkatkan retensi nutrisi dalam tanah dan mampu menyimpan atau menahan air (Herlambang *et al.*, 2021), serta dimanfaatkan untuk tanah tanaman *horticultura* sebagai substansi tambahan tanpa meracuni tanah, dapat meningkatkan jumlah nitrogen, dan fosfor. *Biochar* mempengaruhi sifat fisik tanah dengan meningkatkan kapasitas menahan air, sehingga dapat

meminimalkan limpasan dan hilangnya unsur hara selain itu, bahan tambahan *biochar* juga dapat memperbaiki struktur tanah, porositas, dan pembentukan agregat tanah (Herlambang *et al.*, 2020).

*Biochar* dapat dibuat dari berbagai jenis limbah biomassa antara lain tandan kosong kelapa sawit, jerami padi, dan cangkang kemiri. Pada penelitian ini pembuatan *biochar* untuk *amelioran* menggunakan teknologi yaitu pirolisis. Pirolisis dilakukan dengan melakukan pemanasan terhadap bahan dengan menggunakan suhu 300°C selama 2 jam untuk menghasilkan *biochar* yang nantinya digunakan untuk pembuatan *amelioran*. Pirolisis adalah proses yang dapat menghasilkan *biochar* atau fraksi padat. Fraksi padat atau *biochar* adalah residu yang dihasilkan dalam reaksi pirolisis mengandung akan karbon yang dapat digunakan sebagai bahan bakar padat untuk produksi panas dan listrik, sebagai bahan baku gasifikasi dan bahan baku perbaikan kualitas tanah, dan lain-lain (Wulandari *et al.*, 2023). Keunggulan dari penggunaan pirolisis adalah dapat mereduksi gas buang sampai dengan 20 kali, produk yang dihasilkan dapat dimanfaatkan lebih fleksibel dan penanganannya lebih mudah (Arini *et al.*, 2020).

*Biochar* memiliki kadar nutrisi yang masih rendah khususnya nitrogen (N), fosfor (P) kalium (K). Peningkatan nutrisi dapat digunakan melalui penambahan nutrisi dari sumber alternatif lain yang memiliki kadar nitrogen dan fosfor yang tinggi. Kandungan nitrogen dan fosfor tersebut dapat teradsorpsi kedalam *biochar* sehingga *amelioran* yang dihasilkan memiliki kadar nitrogen dan fosfor yang sangat baik untuk pertumbuhan tanaman dan menambah kesuburan tanah. (Herlambang *et al.*, 2020). Salah satu sumber alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah limbah cair industri tapioka atau limbah cair rebusan kemiri. Limbah cair tapioka atau limbah cair rebusan kemiri menjadi salah satu limbah pertanian yang masih banyak belum bisa dimanfaatkan dengan baik. Limbah cair tapioka memiliki kadar nitrogen yang tinggi yaitu 212 mg/L dan kadar fosfor yaitu 6,38 mg/L (Juliasih *et al.*, 2019). Oleh karena itu limbah cair tapioka atau limbah cair rebusan kemiri dapat dijadikan tambahan nutrisi pembuatan *amelioran*.

Limbah cair tapioka merupakan salah satu limbah pertanian yang dapat menghasilkan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas metana (CH<sub>4</sub>). Penanganan limbah cair tapioka yang tidak tepat dan tepat dapat menyebabkan pencemaran

lingkungan. Pencemaran lingkungan yang ditimbulkan antara lain timbulnya bau tidak sedap akibat penguraian senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen, sulfur, fosfor yang terkandung didalam limbah cair tapioka. Pemanfaat limbah cair tapioka sebagai pupuk cair alternatif dan dapat sebagai bahan campuran pembuatan *amelioran* karena memiliki unsur hara Nitrogen (N), Fosfor (P), dan kalium (K) (Firmansyah, 2018).

Limbah cair kemiri merupakan limbah yang didapatkan dari hasil rebusan buah kemiri. Perubusan tersebut berfungsi untuk mempermudah proses pemisahan antara biji dan cangkang. Tetapi limbah air dari perebusan tersebut belum dimanfaatkan dengan baik yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Pemanfaat limbah cair tapioka sebagai pupuk cair alternatif dan dapat sebagai bahan campuran pembuatan *amelioran*. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan *amelioran* dari limbah jerami padi, tandan kosong kelapa sawit, dan limbah cangkang kemiri.

## **1.2. Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kandungan nitrogen (N) dan fosfor (P) pada limbah cair produksi kemiri, limbah cair industri tapioka, dan *biochar*
2. Mengetahui kandungan nitrogen (N) dan fosfor (P) pada *amelioran* yang dibuat
3. Mengidentifikasi kadar pelepasan fosfor (P) pada *amelioran*.

## **1.3. Kerangka Pemikiran**

Banyaknya limbah pertanian yang kurang dimanfaatkan dengan baik dan tidak memiliki nilai ekonomis akan mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan inovasi baru. Hasil pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *biochar* adalah jerami padi, tandan kosong, dan cangkang kemiri. *Biochar* tersebut dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan *amelioran*.

Proses pembuatan *biochar* merupakan proses pembentukan karbon dari bahan baku dan sempurna pada suhu 300-600°C dengan menggunakan reaktor pirolisis. *biochar* akan dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan *amelioran*. Pembuatan *amelioran* dengan *biochar* dilakukan mencampur limbah cair

pembuatan tapioka dan limbah perebusan kemiri ke dalam karbon aktif. Berdasarkan uraian tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan *amelioran* dari *biochar* dengan variasi perbedaan jenis *biochar* dan jenis limbah cair mana yang lebih baik mendapatkan kadar nitrogen.

#### **1.4. Hipotesis**

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada limbah cair produksi kemiri dan limbah cair industri tapioka memiliki kandungan Nitrogen (N) dan Fosfor (P)
2. Hasil uji nitrogen (N) dan Fosfor (P) yang terbaik berdasarkan variasi bahan *amelioran* yang digunakan
3. Kadar pelepasan fosfor pada *amelioran* dapat diidentifikasi dengan menggunakan kinetika pelepasan unsur fosfor (P).

#### **1.5. Kontribusi**

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam menanggulangi masalah yang terjadi di lingkungan dan pertanian berupa pemanfaatan Kembali limbah seperti jerami padi, tandan kosong dan cangkang kemiri. Manfaat lainnya adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis diharapkan dapat menambah wawasan tentang pemanfaatan limbah menjadi produk yang memiliki nilai guna serta dapat mengimplementasikan ilmu yang telah didapat selama penelitian dilakukan.
2. Bagi Pendidikan diharapkan dapat menjadi sumber referensi dan informasi bacaan mengenai pemanfaatan limbah jerami padi, tandan kosong, dan serbuk gergaji kayu menjadi karbon aktif yang dapat diaplikasikan dalam pembuatan *amelioran*.
3. Bagi lingkungan diharapkan dapat menjadi salah satu upaya terciptanya *zero waste*, mengurangi pencemaran lingkungan dan dapat memberikan solusi terhadap ketergantungan pupuk kimia dengan pengolahan limbah dan menjadi produk yang memiliki nilai jual.
4. Bagi masyarakat diharapkan menjadi sarana edukasi untuk menambah wawasan dan informasi mengenai pemanfaatan limbah jerami padi, tandan

kosong dan cangkang kemiri menjadi *biochar* yang dapat diaplikasikan dalam pembuatan *amelioran*.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Kesuburan Tanah**

Kesuburan tanah adalah keadaan atau kondisi dimana tanah dapat menunjang pertumbuhan tanaman melalui berbagai komponen didalamnya seperti kimia, biologi, dan fisika.

Menurut (Kurnia, 2017) kesuburan tanah ditandai dengan:

1. Nilai pH netral dimana kondisi tanah yang baik harus memiliki kadar pH normal antara 6 sampai 8. Jika tanah terlalu asam ( $<7$ ) maka perlu dilakukan proses pengapuran agar kondisi pH normal. Namun ketika tanah memiliki kadar basa ( $>8$ ) maka perlu penambahan sulfur. Pada kondisi tanah dengan pH netral, tanaman lebih mudah menyerap unsur hara dan menjaga keseimbangan mikroorganisme tanah;
2. Memiliki struktur tanah liat yang mengikat berbagai mineral sehingga air tidak mudah mengalir. Sehingga tanah yang subur haruslah bertekstur lempung, namun kadar struktur tanah liat tidak boleh terlalu tinggi, karena akan menyebabkan penumpukan air sehingga merusak akar. Selain itu, tanah harus memiliki kandungan pasir yang mencukupi untuk proses pengeringan dan penyerapan air didalam tanah;
3. Cocok untuk berbagai tanaman, kondisi untuk mendeteksi tanah subur atau mudah dilihat langsung dari vegetasi tanaman di atas tanah. Sangat mudah untuk menanam berbagai jenis tanaman di tanah yang subur;
4. Warna tanah yang hitam kecoklatan untuk melihat subur atau tidaknya tanah tersebut, dapat diketahui dengan cepat dari warna tanahnya, namun itu bukanlah ukuran yang paling penting untuk menilai subur atau tidaknya tanah tersebut. Tanah yang subur mempunyai ciri warna yaitu coklat kehitaman, karena mengandung unsur hara yang lengkap;
5. Mengandung unsur mineral dimana tanah subur penuh dengan kandungan mineral, mineral lengkap digunakan sebagai bahan baku makanan bagi tanaman. Unsur mineral seperti horon, klorin, kobalt, besi, mangan, magnesium, molibdenum, zink dan sulfur.

## **2.2. Amelioran**

*Amelioran* adalah bahan yang dapat meningkatkan kesuburan tanah melalui perbaikan kondisi fisik, kimia, biologi tanah. *Amelioran* dapat berupa bahan organik maupun anorganik. Beberapa bahan *amelioran* yang sering digunakan dari bahan organik yaitu pupuk buatan, pupuk kandang, dan jerami sedangkan dari bahan anorganik yaitu domilit (kapur), zeolit, dan abu vulkanik (Berutu, 2022). Pemanfaatan *amelioran* organik pada tanah yang ketersediaan haranya terbatas sangat diperlukan. *Amelioran* organik terdiri dari berbagai campuran bahan organik yang tersedia di lingkungan pertanian seperti pupuk kandang, arang sekam (*biochar*), asam humat dll. Fungsi *amelioran* organik diantaranya dapat mengurangi kemasaman tanah, menjadi sumber pengikat atau penyerap kation-kation yang tercuci akibat aliran air, serta sumber energi bagi mikroba yang ada dalam pupuk hayati (Setiawati *et al.*, 2021).

Jenis *amelioran* terdiri dari *amelioran* organik dan *amelioran* anorganik. *Amelioran* organik adalah bahan dari makhluk hidup yang telah mengalami pengomposan dan mengandung unsur hara kompleks, namun dalam jumlah sedikit. *Amelioran* anorganik terbuat dari bahan mineral dan organik yang diolah secara kimia, yang nutrisinya cepat tersedia bagi tanaman berkat reaksi ionik (Alfian *et al.*, 2017)

### **2.2.1. Amelioran Organik**

*Amelioran* organik merupakan bahan dari makhluk hidup yang mengalami pengomposan, memiliki unsur hara yang kompleks, namun dengan jumlah skala yang kecil. Berikut adalah contoh dari *amelioran* organik

#### **1. Vermikompos**

Vermikompos merupakan hasil modifikasi organik yang banyak mengandung unsur hara dan aktif secara mikrobiologis akibat interaksi cacing tanah dan mikroorganisme lain selama penguraian bahan. Cacing tanah adalah alat yang paling penting dalam proses *vermicomposting*, bertindak sebagai pencampur mekanis yang secara bertahap menguraikan bahan organik, mengubah keadaan fisik dan kimianya, serta meningkatkan luas permukaan yang terbuka bagi

mikroorganisme, sehingga menguntungkan bagi aktivitas mikroba dan penguraian lebih lanjut.

Vermikompos dapat digambarkan sebagai campuran kompleks kotoran cacing tanah yang dicampur dengan bahan organik dan mikroorganisme, yang ditambahkan ke dalam tanah atau penanaman dapat meningkatkan perkecambahan, pertumbuhan, pembungaan, pembuahan dan mempercepat perkembangan berbagai jenis tanaman. Vermikompos mengandung N 2,8%, P 0,17%, K 0,91, Ca 0,83% dan Mg 0,27%. Sehingga dapat menjaga kesuburan alami tanah, keanekaragaman jenis, menyediakan zat pengatur bagi tumbuhan, meningkatkan fungsi biologis tanah dan keseimbangan ekologi lingkungan. Penggunaan vermikompos yang dihasilkan dari limbah *biodegradable* melalui interaksi cacing tanah dan mikroorganisme sebagai sarana pertumbuhan tanaman dan perbaikan tanah merupakan salah satu metode yang ekonomis dan menarik untuk memecahkan masalah seperti pembuangan limbah dan persyaratan untuk meningkatkan kandungan bahan organik tanah (Pratomo *et al.*, 2000).

## 2. Biourin Sapi

Biourin adalah urin sapi yang telah difermentasi menjadi produk yang lebih bermanfaat dan berkekuatan. Hasil biofermentasi urin antara lain peran bakteri (mikroorganisme) dalam mengubah senyawa kimia menjadi substrat organik untuk diaplikasikan langsung pada tanaman pertanian seperti tanaman pangan, sayuran dan tanaman pangan yang digunakan sebagai unsur hara. Penggunaan urin atau biourine untuk memperbaiki tanaman masih sangat jarang digunakan (Mariza, 2021).

Biourin sapi mengandung unsur hara makro dan zat perangsang tumbuh sehingga mempunyai pengaruh yang sangat positif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman. Aroma khas urine sapi mampu mengusir dan menghalangi hama tanaman. Kandungan nutrisi urin sapi yaitu N 2,7%, P 2,7%, K 3,8%, Na 7,2% dan Ca 5,8%. Hasil metabolisme tubuh yang dihasilkan hewan mempunyai konsentrasi N-, K- dan C-Organik yang sangat tinggi, oleh karena itu tumbuhan mudah diserap secara langsung dan mengandung hormon pertumbuhan yang sangat bermanfaat bagi tumbuhan (Kelompok Tani Obonaku, 2013).

### 2.2.2. *Amelioran Anorganik*

*Amelioran* anorganik adalah *amelioran* dari bahan mineral dan bahan organik yang diproses secara kimiawi, memiliki unsur hara cepat tersedia bagi tanaman karena reaksinya ionik. Berikut adalah contoh dari *amelioran* anorganik

#### 1. NPK

Pupuk NPK merupakan pupuk anorganik yang dapat digunakan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara makro (N, P, dan K). Ini menggantikan pupuk individual seperti Urea, SP-36 dan KCl, yang terkadang sulit diperoleh secara komersial dan sangat baik. Sayangnya keunggulan penggunaan pupuk (NPK) adalah (1) dapat mengurangi kandungan unsur hara yang sama dengan pupuk individual, (2) menggantikan pupuk individual, (3) sangat mudah penggunaannya, dan (4) transportasi dan penyimpanan. Pupuk ini menghemat waktu, tempat dan biaya.

Pupuk NPK Phonska (15:15:15) merupakan salah satu produk pupuk NPK yang beredar di pasaran yang mengandung 15% nitrogen (N), 15% fosfor ( $P_2O_5$ ), 15% kalium ( $K_2O$ ), sulfur (S) 10% dan kadar air maksimal 2%. Dapat digunakan diberbagai kondisi tanah, iklim dan lingkungan. Keunggulan pupuk NPK adalah lebih efisien, satu kali pemberian pupuk dapat mencakup beberapa unsur dibandingkan dengan satu kali pemberian pupuk (Mariza, 2021).

#### 2. *Gypsum*

*Gypsum* merupakan batuan berwarna putih transparan yang terbentuk dari pengendapan air laut. Komposisi kimia *gypsum* mengandung CaO 32,57%, Ca 23,28%,  $H_2O$  20,93%, H 2,34%, S 18,62%. Dalam ilmu kimia, gipsum disebut dengan kalsium sulfat dihidrat ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) yaitu mineral bertekstur lunak pada batuan sedimen dalam bentuk murni, mudah didapat di bumi, dan nilainya sangat menguntungkan sehingga banyak tersedia. Gypsum merupakan salah satu contoh mineral yang konsentrasi kalsiumnya mendominasi mineral tersebut, sehingga dapat meningkatkan stabilitas tanah anorganik karena mengikat bahan organik tanah menjadi lempung sehingga memberikan kestabilan pada agregat tanah. Selain itu, gipsum juga mampu menyerap banyak air (Wibawa, 2015).

### 2.3. *Biochar*

*Biochar* merupakan bahan padat kaya karbon yang dihasilkan dari konversi limbah atau limbah organik (biomassa pertanian) melalui pirolisis, pembakaran tidak sempurna atau pembakaran dengan suplai oksigen terbatas. *Biochar* dikenal juga dengan sebutan arang biologis yang kandungan karbon hitamnya berasal dari biomassa, pada proses pembakaran pada suhu  $<700\text{ }^{\circ}\text{C}$  dalam kondisi oksigen yang terbatas menghasilkan bahan organik dengan konsentrasi karbon 70-80%. Namun, ini membedakan *biochar* dari arang dan bahan serupa bahwa *biochar* diproduksi untuk meningkatkan produktivitas tanah, menyimpan karbon (C), atau filtrasi penyerapan air tanah (Herlambang *et al.*, 2020).

Dua sifat *biochar* yaitu konduktivitas termal yang rendah dan kemampuan menyerap air menjadikan bahan bangunan yang cocok untuk mengisolasi dan mengatur kelembapan. *Biochar* mempengaruhi sifat fisik tanah dengan meningkatkan kapasitas menahan air, sehingga dapat meminimalkan limpasan dan hilangnya unsur hara selain itu, bahan tambahan *biochar* juga dapat memperbaiki struktur tanah, porositas, dan pembentukan agregat tanah (Herlambang *et al.*, 2020).

Pada penelitian ini untuk proses pembuatan *biochar* menggunakan suhu  $300^{\circ}\text{C}$  dikarenakan pada pembakaran bahan jerami padi, tandan kosong kelapa sawit, dan cangkang kemiri pada suhu tersebut untuk menghilangkan kadar selulosa dan hemiselulosa. Maka dari itu digunakan pembakaran dengan suhu tersebut.

### 2.4. Teknologi Pembuatan *Biochar*

Teknologi konversi biomassa secara alami memerlukan perbedaan sumber daya yang tersedia untuk koveksi biomassa dan menghasilkan bahan bakar yang berbeda.

1. Pirolisis adalah proses di mana bahan terurai di bawah pengaruh suhu. Proses pirolisis dimulai pada suhu tinggi dan tanpa  $\text{O}_2$ . Produk cair yang diuapkan mengandung tar dan hidrokarbon polisiklik. Produk pirolisis biasanya terdiri dari tiga jenis yaitu gas ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{CH}_2$ ), tar (minyak pirolitik) dan arang. Umpan pada proses pirolisis dapat berupa bahan tumbuhan alami, biomassa atau polimer. Pada proses pirolisis, biomassa dan polimer dipecah

menjadi molekul dengan dimensi dan struktur yang lebih kompak. Pirolisis biomassa universal merupakan penguraian bahan organik menjadi bahan padat berupa karbon aktif, gas, uap, dan aerosol. Gas yang mengembun menjadi cairan dan stabil pada suhu kamar ini merupakan senyawa hidrokarbon yang dikenal sebagai biofuel atau bio-oil (Riandis *et al.*, 2021).

2. Torefaksi adalah proses termokimia yang digunakan untuk meningkatkan nilai kalor biomassa dan mengurangi kelemahan biomassa, seperti nilai kalor dan densitas energi, inersia yang tinggi, efisiensi pembakaran yang rendah, dan energi penggilangan yang tinggi. Torefaksi sering dilakukan pada suhu 200-300 °C mempertahankan suhu selama 30-60 menit dalam kondisi inert dan bertekanan tergantung pada atmosfer sekitar (Suastika, 2019).

## **2.5. Nutrisi Tanah**

Nutrisi adalah substansi organik yang dibutuhkan organisme untuk fungsi normal dari pertumbuhan suatu pohon. Nutrisi tanaman dibagi dua yaitu makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien dibutuhkan oleh tumbuhan dalam jumlah yang relatif tinggi ketimbang unsur hara mikronutrien. Konsentrasi unsur hara makro pada jaringan tanaman seperti N 1000 kali lebih besar dibandingkan konsentrasi unsur hara mikro Zn. Berikut klasifikasi unsur hara makro: C, H, O, N, P, S, Ca, Mg, (Na, Si). Sedangkan unsur hara mikro adalah: Fe, Mn, Zn, Mo, B, Cl (Nurhayati, 2021). Secara umum tumbuhan memerlukan dua jenis unsur hara untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan secara optimal. Kedua jenis unsur hara tersebut adalah unsur hara makro dan unsur hara mikro (Mukhlis, 2017).

### **2.5.1. Nitrogen**

Unsur nitrogen dengan lambang unsur N berperan sangat penting dalam pembentukan sel, jaringan, dan organ tumbuhan. Nitrogen memiliki peran utama sebagai bahan sintesis untuk klorofil, protein, dan asam amino. Oleh karena itu diperlukan nitrogen dalam jumlah yang cukup banyak terutama pada pertumbuhan memasuki fase vegetatif.

Kekurangan nitrogen :

Ciri-ciri tumbuhan yang kekurangan nitrogen dapat diketahui dari daun bagian bawah. Daun pada bagian tersebut menguning karena kekurangan klorofil.

Pada proses selanjutnya, daun mengering dan rontok. Tulang-tulang dibawah permukaan daun muda akan tampak pucat. Pertumbuhan tanaman lambat, dan lemah. Oleh karena itu, produksi bunga dan biji masih rendah (Mukhlis, 2017).

Kelebihan nitrogen :

Nitrogen berlebih juga harus dihindari. Ciri-ciri tanaman kelebihan N adalah warna daun terlalu hijau, tanaman berdaun lebat. Proses pembuangan menjadi lama. Adenium akan bersifat sekulen karena mengandung banyak air. Hal ini membuat tanaman mudah terkena jamur dan penyakit serta mudah roboh. Produksi bunga pun menurun (Mukhlis, 2017).

Fungsi nitrogen pada tanaman sebagai berikut (Sutejo, 1990):

1. Untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman
2. Dapat menyehatkan pertumbuhan daun, daun tanaman lebar dengan warna yang lebih hijau, kekurangan nitrogen menyebabkan *khlorosis* (pada daun muda berwarna kuning)
3. Meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman
4. Meningkatkan kualitas tanaman penghasil daun-daunan
5. Meningkatkan perkembangbiakan mikroorganisme didalam tanah

### **2.5.2. Fosfor**

Unsur fosfor (P) merupakan komponen penyusun dari beberapa enzim, protein, ATP, RNA, dan DNA. ATP penting untuk proses transfer energy, sedangkan RNA dan DNA menentukan sifat genetika dari tanaman. Unsur P juga berperan dalam pertumbuhan biji, akar, bunga, dan buah. Efeknya pada akar adalah memperbaiki struktur perakaran, sehingga kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara meningkat

Kekurangan Fosfor :

Ciri-ciri dimulai dari daun tua menjadi keunguan dan cenderung kelabu. Tepi daun berubah warna menjadi coklat, tulang daun muda berwarna hijau gelap. Pertumbuhan daun kecil, kerdil, dan akhirnya rontok fase pertumbuhan lambat dan tanaman kerdil (Mukhlis, 2017).

Kelebihan fosfor :

Kelebihan unsur P menyebabkan penyerapan unsur lain terutama unsur mikro seperti besi (Fe), tembaga (Cu), dan seng (Zn) terganggu. Namun gejalanya tidak terlihat secara fisik pada tanaman (Mukhlis, 2017).

Secara umum fungsi fosfor sebagai berikut (Sutejo, 1990):

1. Dapat mempercepat pertumbuhan akar semai
2. Dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa
3. Dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah biji
4. Dapat meningkatkan produksi biji-biji

### **2.5.3. Kalium**

Unsur kalium mengatur proses fisiologis tanaman seperti fotosintesis, akumulasi, translokasi, membuka dan menutup stomata atau mengatur distribusi air dalam jaringan sel.

Kekurangan kalium :

Kekurangan unsur ini menyebabkan daun paling bawah kering atau ada bercak hangus dan akhirnya rontok. Bunga mudah rontok dan gugur. Tepi daun hangus, daun menggulung dan rentan terhadap penyakit.

Kelebihan kalium :

Kelebihan unsur ini menyebabkan Ca dan Mg terganggu. Pertumbuhan tanaman terhambat. Sehingga tanaman mengalami defisiensi (Mukhlis, 2017).

Secara umum fungsi kalium sebagai berikut (Sutejo, 1990):

1. Membentuk protein dan karbohidrat
2. Mengeraskan jerami dan bagian bawah kayu dari tanaman
3. Meningkatkan retensi tanaman terhadap penyakit
4. Meningkatkan kualitas biji/buah

### **2.6. Metode kjeldahl**

Metode kjeldahl digunakan untuk mengukur protein kasar. Protein kasar adalah senyawa yang mengandung unsur nitrogen, dapat berupa protein dan nonprotein. Langkah-langkah dalam metode kjeldahl adalah destruksi, destilasi dan titrasi. Prinsip metode kjeldahl adalah bahan organik dalam sampel didestruksi (dipecah) oleh asam kuat yaitu asam sulfat dan ditambahkan katalis

untuk mempercepat reaksi. Hasil destruksi dinetralkan dengan proses distilasi yang memisahkan komponen berdasarkan perbedaan titik didih. Fungsi proses distilasi adalah untuk menguapkan campuran yang dilanjutkan dengan proses pendinginan dan kondensasi. Semakin besar perbedaan titik didih maka proses distilasi berjalan baik dan menghasilkan destilat yang lebih murni (Ispitasari *et al.*, 2022).

## **2.7. Limbah Cair Tapioka**

Indonesia adalah penghasil singkong urutan keempat dunia setelah Nigeria, Brazil, dan Thailand, dan Provinsi Lampung merupakan penghasil singkong terbesar (24%) di Indonesia. Jumlah produksi singkong di provinsi Lampung pada tahun 2023 mencapai 6.719.088 ton merupakan peringkat 1 nasional. Singkong biasanya hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan merupakan bahan makanan tradisional ketiga setelah padi dan jagung. Namun kini singkong digunakan sebagai bahan baku industri dan tingkat permintaannya mulai bersaing dengan kebutuhan konsumsi langsung. Produksi singkong yang melimpah memudahkan berdirinya industri tapioka, dan sekitar 70 industri tapioka telah berkembang di provinsi Lampung. Dengan banyaknya industri tapioka mengakibatkan meningkatnya jumlah limbah cair yang didapatkan (Juliasih, 2019).

Industri tepung tapioka menghasilkan limbah cair dari proses pencucian dan pengendapan. Limbah cair tersebut dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan jika dibuang langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu untuk mengurangi konsentrasi pencemaran atau menghilangkan bahan-bahan yang mengakibatkan pencemaran. Limbah cair banyak mengandung bahan organik dan metode yang umum digunakan untuk mengolah limbah tersebut adalah dengan cara metode biologis, yaitu menggunakan mikroba untuk menguraikan bahan organik tersebut (Mukminin *et al.*, 2012).

Pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah cair tapioka mengandung racun yang berbahaya bagi kehidupan organisme. Pencemaran sungai dapat menyebabkan kematian ikan karena air sungai mengandung asam sianida (HCN) yang bersifat racun. Dimana pencemaran yang ditimbulkan juga berdampak pada sektor perekonomian masyarakat khususnya pertanian dan perikanan (Damayanti *et al.*, 2021).

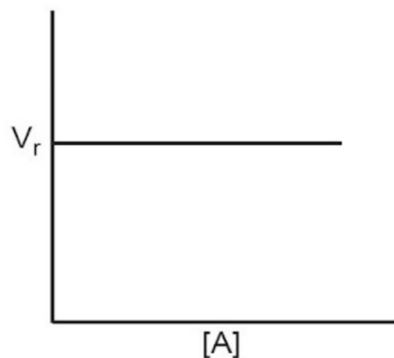
Menurut Juliasih, (2019) bahwa kadar fosfor didalam limbah cair tapioka adalah 6,38 mg/L, kadar nitrogen berjumlah 212 mg/L. dalam analisa sampel limbah cair tapioka ini menunjukkan bahwa limbah bersifat asam, memiliki kandung fosf dan nitrogen yang tinggi sehingga belum layak dibuang langsung ke lingkungan. Kandungan bahan organik yang tinggi, nitrogen dan fosfor pada limbah ini dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *amelioran*.

## 2.8. Kinetika Reaksi

Jumlah eksponen dari konsentrasi dalam hukum laju disebut orde reaksi. Orde reaksi menyatakan besarnya pengaruh konsentrasi reaktan terhadap laju reaksi. Orde reaksi merupakan bilangan bulat sederhana seperti 1,2 atau 3, namun terkadang terdapat reaksi yang memiliki orde 0 atau bahkan negatif (Zumdahl & Zumdahl, 2014). Berikut merupakan beberapa macam orde reaksi :

### a. Orde reaksi nol

Reaksi yang memiliki orde nol, kecepatan atau laju reaksinya tetap. Laju reaksi ini tidak dipengaruhi oleh konsentrasi reaktan, namun dipengaruhi oleh faktor lain seperti suhu, enzim, katalis atau intensitas cahaya. Grafik orde nol digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik hubungan laju reaksi dengan konsentrasi pada orde 0  
reaksi orde nol dinyatakan sebagai berikut :

$$-K[A]^0 = V \dots\dots\dots \text{(Pers 1)}$$

Jika diselesaikan secara kalkulus, maka diperoleh penurunan rumus sebagai berikut :

$$-K[A]^0 = V \dots\dots\dots \text{(Pers 2)}$$

Pangkat dari konsentrasi A adalah nol, maka hasilnya adalah satu. Rumus V disubstitusi kepersamaan 2, sehingga diperoleh persamaan 3.

$$-K = \frac{dA}{dt} \dots\dots\dots(\text{Pers 3})$$

Diferensial A (dA) dan diferensial t (dt) diintegalkan menjadi persamaan 4.

$$-\int_0^t K = \int_0^t \frac{dA}{dt} \dots\dots\dots (\text{Pers 4})$$

$$-K \int_0^t dt = \int_0^t dA \dots\dots\dots (\text{Pers 5})$$

Hasil dari integral tersebut adalah persamaan 6

$$-Kt = A_t - A_0 \dots\dots\dots (\text{Pers 6})$$

$$A_t = A_0 - Kt \dots\dots\dots (\text{Pers 7})$$

(Zumdahl & Zumdahl, 2014)

Keterangan :

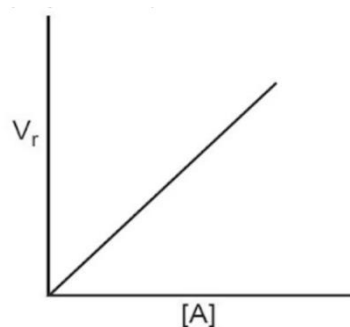
$A_t$  = konsentrasi A pada saat t

$A_0$  = konsentrasi A pada saat t = 0 atau konsentrasi awal

K = tetapan atau konstanta laju reaksi

#### b. Orde 1

Reaksi yang memiliki orde satu, harga lajunya berbanding lurus dengan harga dari konsentrasi reaktan. Artinya, jika konsentrasi dinaikkan dua kali dari harga semula maka nilai lajunya juga naik dua kali dari harga semula. Dapat pula diartikan laju reaksi tersebut berbanding lurus dengan pangkat satu dari konsentrasi satu reaktan. Grafik orde satu disajikan pada Gambar 2



Gambar 2. Grafik hubungan laju reaksi dengan konsentrasi pada orde 1

Persaman orde satu dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$-K[A]^1 = V \dots\dots\dots \text{..(Pers 8)}$$

Jika diselesaikan secara kalkulus, maka diperoleh penurunan rumus sebagai berikut :

$$K [A] = v \dots\dots\dots \text{(Pers 9)}$$

Rumus dari V disubstitusi kedalam persamaan 9, sehingga diperoleh persamaan 10.

$$K [A] = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} \dots\dots\dots \text{(Pers 10)}$$

$$K [A] = \frac{-d[A]}{dt} \dots\dots\dots \text{(Pers 11)}$$

$$K dt = \frac{-d[A]}{[A]} \dots\dots\dots \text{(Pers 12)}$$

$$-K dt = \frac{d[A]}{[A]} \dots\dots\dots \text{(Pers 13)}$$

Fungsi diferensial dari konsentrasi (dA) dan waktu (dt) diintegrasikan seperti pada persamaan berikut

$$\int_0^t -k dt = \int_0^t \frac{1}{[A]} d[A] \dots\dots\dots \text{(Pers 14)}$$

$$-k (t - 0) = \ln [A]_t - \ln [A]_0 \dots\dots\dots \text{(Pers 15)}$$

$$-kt = \ln [A]_t - \ln [A]_0 \dots\dots\dots \text{(Pers 16)}$$

$$\ln [A]_t = -k t + \ln [A]_0 \dots\dots\dots \text{(Pers 17)}$$

(Zumdahl & Zumdahl, 2014)

Keterangan :

$A_t$  = konsentrasi A pada saat t

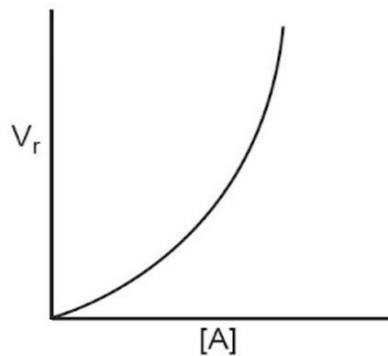
$A_0$  = konsentrasi A pada saat t = 0 atau konsentrasi awal

K = tetapan atau konstanta laju reaksi

ln = Logaritma natural

c. Orde 2

Reaksi yang memiliki orde dua, harga laju reaksinya berbanding lurus dengan pangkat dua dari satu reaktan atau berbanding lurus dengan hasil kali dua reaktan yang berpangkat satu. Artinya, jika konsentrasi reaktan dinaikkan 2 kali dari harga semula maka nilai lajunya meningkat  $(2)^2$  atau senilai 4 dari nilai semula. Grafik orde satu digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik hubungan laju reaksi dengan konsentrasi pada orde 2

Orde reaksi dua dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$-K[A]^2 = V \dots\dots\dots \text{(Pers 17)}$$

Atau

$$-K[A]^1[B]^1 = V \dots\dots\dots \text{(Pers 18)}$$

Jika diselesaikan secara kalkulus, maka diperoleh penurunan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = k[A]^2 \dots\dots\dots \text{(Pers 19)}$$

Diferensial konsentrasi dibagi dengan konsentrasi kuadrat, kemudian delta t dikali dengan konstanta sehingga diperoleh persamaan 20.

$$\frac{\Delta[A]}{[A]^2} = k\Delta t \dots\dots\dots \text{(Pers 20)}$$

Diferensial pada persamaan 20, diintegrasikan seperti berikut :

$$\int_0^t \frac{\Delta[A]}{[A]^2} = k \int_0^t \Delta t \dots\dots\dots \text{(Pers 21)}$$

$$\frac{1}{[A]_t} - \frac{1}{[A]_0} = kt \dots\dots\dots \text{(Pers 22)}$$

$$\frac{1}{[A]_t} = \frac{1}{[A]_0} + kt \dots\dots\dots \text{(Pers 23)}$$

(Zumdahl & Zumdahl, 2014)

Keterangan :

$A_t$  = konsentrasi A pada saat t

$A_0$  = konsentrasi A pada saat t = 0 atau konsentrasi awal

K = tetapan atau konstanta laju reaksi

## 2.9. Waktu Paruh Reaksi

Waktu paruh atau  $t_{1/2}$  adalah waktu yang diperlukan agar konsentrasi reaktan turun menjadi setengah dari konsentrasi awalnya (Zumdahl & Zumdahl, 2014). Waktu paruh dari orde reaksi akan dijabarkan sebagai berikut:

### a. Waktu Paruh Reaksi Orde Nol

Penurunan persamaan waktu paruh reaksi orde nol dijabarkan sebagai berikut :

$$[A]_t = -kt + [A]_0 \dots\dots\dots \text{(Pers 6)}$$

$$\frac{1}{2}[A]_t = -kt + [A]_0 \dots\dots\dots \text{(Pers 24)}$$

$$kt = [A]_0 - \frac{1}{2}[A]_t \dots\dots\dots \text{(Pers 25)}$$

$$kt = \frac{1}{2}[A]_0 \dots\dots\dots \text{(Pers 26)}$$

$$t \frac{1}{2} = \frac{[A]_0}{2k} \dots\dots\dots \text{(Pers 27)}$$

(Zumdahl & Zumdahl, 2014)

### b. Waktu Paruh Reaksi Orde Satu

Waktu paruh yang terjadi pada orde satu, jika diturunkan persamaannya sebagai berikut :

$$\ln[A]_t - \ln[A]_0 = -kt \dots\dots\dots \text{(Pers 16)}$$

$$\ln[A]_0 - \ln[A]_t = kt \dots\dots\dots \text{(Pers 28)}$$

$$\frac{\ln[A]_0}{\ln[A]_t} = kt \dots\dots\dots \text{(Pers 29)}$$

$$t = \frac{1}{k} \ln \frac{[A]_0}{[A]_t} \dots\dots\dots \text{(Pers 30)}$$

$$t \frac{1}{2} = \frac{1}{k} \ln \frac{[A]_0}{[A]_{\frac{t}{2}}} \dots\dots\dots \text{(Pers 31)}$$

$$t \frac{1}{2} = \frac{1}{k} \ln 2 \dots\dots\dots \text{(Pers 32)}$$

$$t \frac{1}{2} = \frac{0,693}{k} \dots\dots\dots \text{(Pers 33)}$$

(Zumdahl & Zumdahl, 2014)

### c. Waktu Paruh Reaksi Orde Dua

Penurunan persamaan waktu paruh reaksi orde dua dijabarkan sebagai berikut :

$$\frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_0} \dots\dots\dots \text{(Pers 22)}$$

$$\frac{1}{\frac{1}{2}[A]_0} = kt + \frac{1}{[A]_0} \dots\dots\dots \text{(Pers 34)}$$

$$\frac{2}{[A]_0} = kt + \frac{1}{[A]_0} \dots\dots\dots \text{(Pers 35)}$$

$$\frac{2}{[A]_0} - \frac{1}{[A]_0} = kt \dots\dots\dots \text{(Pers 36)}$$

$$\frac{1}{[A]_0} = kt \dots\dots\dots \text{(Pers 37)}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0} \dots\dots\dots \text{(Pers 38)}$$

(Zumdahl & Zumdahl, 2014)

## 2.10. Penelitian Terdahulu

Manfaat melihat referensi penelitian terdahulu untuk melihat seberapa banyak hasil nitrogen atau fosfor guna untuk mengetahui seberapa efektifitas bahan yang digunakan untuk membuat *amelioran*. Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu terkait *amelioran*:

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

| Sumber                        | Judul                                                                                     | Hasil                                                                                                                                  |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Avifah <i>et al.</i> , 2022) | Pemberian Beberapa Macam <i>Amelioran</i> Untuk Memperbaiki Sifat-sifat kimia Tanah Sawah | Bahan yang digunakan jerami padi dengan jumlah nitrogen yang didapat 1,21% dan fosfor 1,91% selanjutnya bahan sekam padi dengan jumlah |

| Sumber                         | Judul                                                                                                                                               | Hasil                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                |                                                                                                                                                     | nitrogen yang didapat 0,72% dan fosfor 0,72%                                                                                                                                                           |
| (Aindo <i>et al.</i> , 2022)   | Pengaruh <i>Amelioran</i> Organik Terhadap Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Cabai Rawit ( <i>Capsicum annum L</i> ) Pada Tanah Bekas Tambang Nikel | Bahan yang digunakan <i>biochar</i> sekam padi dengan jumlah nitrogen yang didapat 0,17% dan fosfor 12,29%                                                                                             |
| (Sasmita <i>et al.</i> , 2017) | Pengaruh Pupuk Organik dan Arang Hayati Terhadap Kualitas Mmedia Pembibitan dan Pertumbuhan Bibit Kakao                                             | Bahan yang digunakan arang sekam padi dengan jumlah nitrogen yang didapat 0,83% dan fosfor 0,15% selanjutnya bahan arang kayu segon dengan jumlah nitrogen yang didapat 0,73% dan fosfor 0,10%         |
| (Wahyuni <i>et al.</i> , 2021) | Pengaruh Pemberian <i>Biochar</i> Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pupuk NPK Pada Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit                 | Bahan yang digunakan tandan kosong kelapa sawit dengan jumlah nitrogen yang didapat 0,75% dan fosfor 0,15%                                                                                             |
| (Aryanti <i>et al.</i> , 2016) | Pemberian Beberapa <i>Amelioran</i> Terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah Gambut                                                                     | Bahan yang digunakan abu sekam padi dengan jumlah nitrogen yang didapat 0,75% dan fosfor 0,12% selanjutnya bahan tandan kosong kelapa sawit dengan jumlah nitrogen yang didapat 1,44% dan fosfor 0,18% |
| Lakshani <i>et al.</i> , 2023  | Release Kinetic Models and Realse Mechanisms of Controlled-Release and Slow-Release Fertilizers                                                     | Kinetika pelepasan P dari komposit BSRF model kinetic orde 0 nilai R square 0,9252, dan orde 1 nilai R square 0,9738                                                                                   |