

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Penelitian Terdahulu**

1. Novia Anjarwati pada tahun 2018 dengan judul “Efektivitas Variasi Perbandingan Biji Kelor dan Biji Kecipir Sebagai Koagulan Dalam Menurunkan Kekeruhan Air Waduk Gonggang Kabupaten Magetan”. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kadar kekeruhan sesudah koagulasi dengan penambahan serbuk biji kelor dan serbuk biji kecipir dengan metode jarrest. Hasil penelitian ini, penurunan kekeruhan yang paling efektif secara berurutan adalah variasi 100% biji kelor (600 mg/l) menurunkan rata-rata kekeruhan sebesar 90,75%; variasi 75% kelor (450 mg) : 25% kecipir (150 mg) menurunkan rata-rata kekeruhan sebesar 86,3%; variasi 25% kelor (150mg) : 75% kecipir (450 mg) menurunkan rata-rata kekeruhan sebesar 76,2 %; variasi 100% biji kecipir (600mg/l) menurunkan rata-rata kekeruhan sebesar 74,4 %, variasi 50% kelor (300 mg) : 50% kecipir (300 mg) menurunkan rata-rata kekeruhan sebesar 72,6%.
2. Neny Rasnyanti M aras, Asriani pada tahun 2021 dengan judul “Efektivitas Biji Kelor (*Moringa oleifera l.*) sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Cemaran Limbah Cair Industri Minuman Ringan”. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif lain dalam mengendalikan pencemaran limbah industri cair dengan menggunakan koagulan alami dalam hal menurunkan nilai COD, TSS, kekeruhan, dan pH dengan variasi konsentrasi koagulan biji kelor. Hasil penelitian ini, konsentrasi optimum yang didapatkan yaitu 1,5 gram koagulan biji kelor menurunkan TSS sebesar 89%, kekeruhan 65%, dan COD 88%, serta dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan koagulan biji kelor dapat memperbaiki kualitas limbah cair industri minuman ringan.

3. I Gede Putu Arwana, Siprianus Singga pada tahun 2019 dengan judul “Pemanfaatan Ekstrak Biji Kelor Untuk Menurunkan Kandungan BOD, TSS dan Kekeruhan Dalam Limbah Cair Rumah Tangga”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui manfaat ekstrak biji kelor dalam menurunkan Kekeruhan, BOD dan TSS pada air limbah rumah tangga. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata parameter air limbah sebelum diolah adalah kekeruhan 28,25 NTU, TSS 11,5 mg/l dan BOD 12,3 mg/l, sedangkan rata-rata sesudah pengolahan dengan konsentrasi 10 mg/l (kekeruhan 12,7 NTU, TSS 9,7 mg/l dan BOD 8 mg/l), konsentrasi 20 mg/l (kekeruhan 16 NTU, TSS 10 mg/l, dan BOD 7 mg/l), konsentrasi 30 mg/l (kekeruhan 16,7 NTU, TSS 6 mg/l, dan BOD 5,3 mg/l), konsentrasi 50 mg/l (kekeruhan 16,7 NTU, TSS 4,3 mg/l, dan BOD 3,7 mg/l). Efektivitas penurunan kekeruhan pada konsentrasi 10 mg/l sebanyak 53,8% BOD pada konsentrasi 50 mg/l sebanyak 69,2%, dan TSS pada konsentrasi 50 mg/l sebanyak 61,8%.
4. Chandra Valentina Befi Nurfiani Bahrian pada tahun 2017 dengan judul Optimasi Pemanfaatan Biji Kelor Sebagai Bahan Koagulan Alami Dalam Mengolah Kadar Kekeruhan Pada Air Sungai Mahakam Tahun 2017. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi optimasi biji kelor dalam menurunkan kekeruhan di air Sungai Mahakam. Hasil penelitian ini diperoleh hasil yang berbeda-beda pada setiap konsentrasi, yaitu variasi konsentrasi 0,1 g/l mampu menurunkan kekeruhan dari 214 NTU menjadi 51,9 NTU dengan persentase penurunan 75,74%, variasi konsentrasi 0,2 g/l mampu menurunkan kekeruhan dari 214 NTU menjadi 70,5 NTU dengan persentase penurunan 67,05%, variasi konsentrasi 0,3 g/l mampu menurunkan kekeruhan dari 214 NTU menjadi 103 NTU dengan persentase penurunan 51,86%, variasi konsentrasi 0,4 g/l mampu menurunkan kekeruhan dari 214 NTU menjadi 113 NTU dengan persentase penurunan 47,19%.

**Tabel II.1** Matrik Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

No.	Nama Peneliti (Tahun), Judul	Jenis & Desain Penelitian	Koagulasi & Flokulasi	Variasi Konsentrasi yang Digunakan	Analisis Data	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	Novia Anjarwati (2018), Efektivitas Variasi Perbandingan Biji Kelor dan Biji Kecipir Sebagai Koagulan Dalam Menurunkan Kekeruhan Air Waduk Gonggang Kabupaten Magetan.	Jenis penelitian eksperimen dengan rancangan <i>one group, pretes and postes design</i> .	Pengadukan cepat 150 rpm 5 menit dan pengadukan lambat 30 rpm 3 menit, serta pengendapan 3 jam.	Perbandingan 100% serbuk biji kelor 600 mg dan biji kecipir 600 mg, dengan variasi seperti berikut: a. 75% : 25% (450 mg biji kelor : 150 mg biji kecipir) b. 50% : 50% (300 mg biji kelor : 300 mg biji kecipir) c. 25% : 75% (150 mg biji kelor : 450 mg biji kecipir).	Analisa dan pembahasan secara deskriptif.	Pada penelitian ini nilai yang paling tinggi dalam menurunkan kekeruhan yaitu 100% biji kelor (600 mg/l) serta variasi efektif yaitu 75% kelor (450 mg): 25% kecipir (150 mg) karena dapat menurunkan rata-rata kekeruhan hingga 86,3%.	Perbedaan dengan peneliti sekarang adalah menggunakan perbandingan serbuk biji kelor ( <i>Moringa oleifera lam</i> ) dan serbuk porang ( <i>Amorphophallus muelleri blume</i> ) dengan 3 variasi konsentrasi dan melihat penurunan antara kedua koagulan, serta menggunakan sampel air bersih.
2.	Neny Rasnyanti M aras, Asriani (2021), Efektivitas Biji Kelor ( <i>Moringa oleifera l.</i> ) sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Cemaran Limbah Cair Industri Minuman Ringan.	Jenis penelitian eksperimen.	Pengadukan cepat 3 menit dan pengadukan lambat 15 menit, pengendapan 1 jam, dan disaring untuk	Variasi konsentrasi, yaitu 1 gr/l : 1,5 gr/l : 3 gr/l dan untuk air limbah sebanyak 500 ml per sampel.	Analisa deskriptif (persentase).	Pada penelitian ini konsentrasi yang paling optimum yaitu 1,5 gr/l dapat menurunkan TSS sebesar 89%, kekeruhan 65%, dan COD 88%, penurunan dianggap efektif karena >50%	Perbedaan dengan peneliti sekarang adalah menggunakan perbandingan serbuk biji kelor ( <i>Moringa oleifera lam</i> ) dan serbuk porang ( <i>Amorphophallus muelleri blume</i> ) dengan 3 variasi konsentrasi dan melihat perbedaan penurunan

			pengujian.			sebagai koagulan alami.	antara kedua koagulan, serta menggunakan sampel air bersih.
3.	I Gede Putu Arwana, Siprianus Singga (2019), Pemanfaatan Ekstrak Biji Kelor Untuk Menurunkan Kandungan BOD, TSS dan Kekeruhan Dalam Limbah Cair Rumah Tangga.	Jenis penelitian pre eksperimen dengan rancangan <i>one group pretest-posttest design</i> .	Pengendapan 1 jam.	Variasi konsentrasi, yaitu 10 mg/l, 20 mg/l, 30 mg/l, 40 mg/l, 50 mg/l dan untuk air limbah sebanyak 1 liter per sampel.	Diolah secara deskriptif dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan narasi.	Pada penelitian ini efektivitas penurunan kekeruhan terbesar pada konsentrasi 10 mg/l dengan efektivitas 55,0%, parameter TSS penurunan terbesar pada konsentrasi 50 mg/l dengan efektivitas 62,6%, parameter BOD penurunan tersebar pada konsentrasi 50 mg/l dengan efektivitas 69,9%.	Perbedaan dengan peneliti sekarang adalah menggunakan perbandingan serbuk biji kelor ( <i>Moringa oleifera lam</i> ) dan serbuk porang ( <i>Amorphophallus muelleri blume</i> ) dengan 3 variasi konsentrasi dan melihat perbedaan penurunan antara kedua koagulan, serta menggunakan sampel air bersih.
4.	Chandra Valentina Befi Nurfitriani Bahrian (2017), Optimasi Pemanfaatan Biji Kelor Sebagai Bahan Koagulan Alami Dalam Mengolah Kadar Kekeruhan	Jenis penelitian <i>quassi eksperimen</i> dengan rancangan waktu ( <i>time series design</i> ).	Pengendapan 1 jam.	Variasi konsentrasi 0,1 g/l, 0,2 g/l, 0,3 g/l, dan 0,4 g/l.	Diolah secara deskriptif dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan narasi.	Pada penelitian ini konsentrasi optimum serbuk biji kelor sebesar 0,1 g/l dengan persentase penurunan sebesar 75,74%.	Perbedaan dengan peneliti sekarang adalah menggunakan perbandingan serbuk biji kelor ( <i>Moringa oleifera lam</i> ) dan serbuk porang ( <i>Amorphophallus muelleri blume</i> ) dengan 3 variasi

	Pada Air Sungai Mahakam Tahun 2017.							konsentrasi dan melihat perbedaan penurunan antara kedua koagulan, serta menggunakan sampel air bersih.
5.	Elfita Wahyu Dwi Yunipatma (2023), Perbedaan Efektivitas Biji Kelor ( <i>Moringa oleifera lam</i> ) dan Porang ( <i>Amorphophallus muelleri blume</i> ) Untuk Menurunkan Kekeruhan Air.	Jenis penelitian <i>quasi eksperimen</i> dengan rancangan <i>nonequivalent control group design</i> .	Pengadukan cepat 150 rpm 5 menit dan pengadukan lambat 30 rpm 3 menit, serta pengendapan 1 jam.	Variasi konsentrasi antara serbuk biji kelor ( <i>Moringa oleifera lam</i> ) dan serbuk porang ( <i>Amorphophallus muelleri blume</i> ), yaitu 0,05 gr/l, 0,1 gr/l, dan 0,2 gr/l.	Penelitian ini menggunakan analisis analitik menggunakan uji anova dua arah.	-		Perbedaan dengan peneliti sekarang adalah menggunakan perbandingan serbuk biji kelor ( <i>Moringa oleifera lam</i> ) dan serbuk porang ( <i>Amorphophallus muelleri blume</i> ) dengan 3 variasi konsentrasi dan melihat perbedaan penurunan antara kedua koagulan, serta menggunakan sampel air bersih.

## **B. Tinjauan Teori**

### **1. Air Bersih**

#### **a. Pengertian Air Bersih**

Air bersih merupakan kebutuhan dasar setiap makhluk hidup dan dapat dipastikan bahwa makhluk hidup bisa mati tanpa adanya air. Air sangat berperan penting bagi tubuh untuk menunjang proses metabolisme. Sekitar tiga per empat bagian dari tubuh manusia terdiri dari air dan digunakan untuk mandi, memasak, membersihkan rumah, mencuci, kebutuhan industri, pertanian, peternakan, perkebunan, pemadam kebakaran, rumah makan, dan lain-lain. Bahkan di dalam berkembangnya suatu wilayah ditentukan oleh ketersediaan air bersih yang cukup bagi kehidupan sehari-hari. Seiring dengan bertambahnya populasi manusia maka pemanfaatan air bersih semakin meningkat. Standart air bersih yang digunakan untuk konsumsi lebih tinggi dibandingkan untuk keperluan selain dikonsumsi, seperti MCK (Ambarwati, 2014).

Begitu pentingnya masalah kebutuhan air bagi manusia, maka perlu adanya perhatian khusus dalam pengelolaan air yang sesuai dengan standart mutu air untuk kesehatan. Sumber utama dalam penyediaan air bersih, seperti air permukaan, sumur, dan air hujan. Namun air yang dimanfaatkan tidak selalu sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan, bahkan sering ditemukan air yang mengandung zat-zat berbahaya (Zulhilmi *et al.*, 2019).

#### **b. Sumber Air Bersih**

Menurut Tampubolon (2009) terdapat beberapa macam sumber air yang dapat dimanfaatkan, yakni:

##### **1) Air hujan**

Kotoran yang berasal dari udara ikut turun dengan air hujan. Jika ingin memanfaatkan sebagai sumber air hendaknya jangan

menampung langsung saat hujan mulai turun. Air hujan bersifat korosif karena memiliki tingkat keasaman tinggi terhadap logam.

## 2) Air permukaan

Air permukaan mengandung banyak kotoran selama mengalir diatas permukaan yang berasal dari daun kering yang jatuh ke area air, lumpur, tanah, dan lain sebagainya. Air permukaan dibagi menjadi beberapa jenis, seperti danau/rawa, waduk, dan sungai. Jika ingin memanfaatkannya harus terdapat pengolahan terlebih dahulu karena didalam air permukaan terkandung zat-zat organik yang mengalami pembusukan dan menyebabkan warna air menjadi keruh atau kuning kecoklatan.

## 3) Air tanah

Air tanah dibagi menjadi 2 jenis, yaitu air tanah dangkal dan dalam. Air yang bersumber dari proses peresapan air ke dalam tanah adalah air tanah dangkal, sedangkan air yang bersumber setelah lapis rapat air pertama adalah air tanah dalam. Contohnya: air sumur.

## 4) Mata air

Air yang muncul dengan sendirinya dari permukaan tanah adalah mata air. Terdapat 2 jenis mata air, yaitu rembesan yang keluar dari pegunungan dan umbul yang keluar dari permukaan pada suatu dataran.

## 2. Parameter Kekeruhan Pada Air Bersih

### a. Pengertian Kekeruhan

Kekeruhan (*Turbidity*) merupakan dasar mengukur keadaan air baku menggunakan efek cahaya dengan skala NTU. Air yang mengandung banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga terlihat berlumpur dan berwarna kotor disebut sebagai air keruh. Sumber utama

kekeruhan adalah lumpur, tanah liat, bahan organik, dan partikel tersuspensi lainnya (Mardiana, 2021).

Standart baku mutu kekeruhan pada air, yaitu 25 NTU menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. Bila kekeruhan air melebihi baku mutu, sebaiknya diturunkan menggunakan koagulan organik maupun anorganik. Koagulan organik meliputi serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*), sedangkan koagulan anorganik meliputi alum (tawas), besi klorida, PAC, dan lain sebagainya. Koagulan organik diperoleh dari tanaman, mudah terurai, dan aman bagi kesehatan. Koagulan anorganik yang sering digunakan yaitu tawas. Akan tetapi koagulan tersebut dapat berdampak bagi kesehatan, yaitu mempercepat penyakit degeneratif, seperti penyakit jantung dan kanker serta bersifat karsinogenik apabila kontak terus menerus di dalam tubuh. Alternatif untuk meminimalisir dampak tersebut dengan mengganti penggunaan tawas dengan koagulan bahan organik, seperti serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*) dan serbuk porang (*Amorphophallus muelleri blume*) (Afiatun *et al.*, 2019).

b. Faktor yang Mempengaruhi Kekeruhan Air Bersih

Faktor yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air bagi masyarakat adalah kekeruhan. Kekeruhan yang terjadi di badan air disebabkan oleh kondisi cuaca, adanya zat tersuspensi yang berupa bahan organik (jasad renik dan plankton), maupun bahan anorganik (lumpur, pasir, dan lempung). Kekeruhan dapat menentukan kualitas air karena kategori air yang memenuhi persyaratan jernih atau tidak keruh. Besar kecilnya tingkat kekeruhan tergantung pada materi yang berasal dari perairan (Tania *et al.*, 2020).

Menurut Pasmawati & Anwar (2010) berikut cara mengatasi adanya kekeruhan di dalam air dengan pengolahan secara fisik yang dapat dilakukan di daerah pedesaan, sebagai berikut :

1) Koagulasi

Proses koagulasi disebut juga pengadukan cepat (*flash/rapid mixing*) merupakan proses dimana adanya pencampuran bahan kimia kedalam air baku. Pada proses ini bertujuan untuk pembentukan koloid yang tidak stabil (destabilisasi) dimana dalam proses tersebut terjadi tumbukan antar partikel.

2) Flokulasi

Pengadukan lambat (*slow mixing*) merupakan proses flokulasi dan sangat erat kaitannya dengan koagulasi. Dimana setelah terjadinya proses destabilisasi dan tumbukan antar partikel yang menyebabkan terjadinya proses pengikatan antara koagulan dan partikel penyebab kekeruhan. Pada tahap ini berlangsung proses penggumpalan flok yang kecil menjadi besar, sehingga dapat diendapkan oleh adanya gaya gravitasi.

3) Adsorpsi

Proses adsorpsi berlangsung saat cairan terikat dengan padatan dan membentuk lapisan pada permukaan tersebut. Proses adsorpsi banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, yaitu proses penjernihan air. Proses penjernihan dilakukan dengan memisahkan air dari bahan pengotornya dengan menyerapnya, seperti partikel halus dan kation terlarut atau bau yang ada di dalam air.

4) Pengendapan (Sedimentasi)

Proses ini merupakan pengendapan bahan padatan dari air yang diolah. Pada prinsipnya yaitu pemisahan antara bagian cair dan padat dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Akibat adanya gaya gravitasi berat jenis partikel yang lebih besar mengendap

kebawah, sedangkan berat jenis air yang lebih kecil akan melayang atau mengapung. Pengendapan akan terbentuk pada proses flokulasi. Pengendapan memiliki lama waktu yang bervariasi, yaitu lebih dari 30 menit sampai 4 jam.

#### 5) Penyaringan (Filtrasi)

Penyaringan merupakan pemisahan antara cairan dengan padatan (koloid). Bahan padatan yang dipisahkan antara lain lumpur, pasir, daun, kayu, dan bahan organik. Proses filtrasi dipergunakan sebagai pemisahan flok-flok yang memiliki ukuran kecil atau halus yang tidak mengendap oleh proses pengendapan.

#### c. Dampak Tingginya Kekeruhan Air

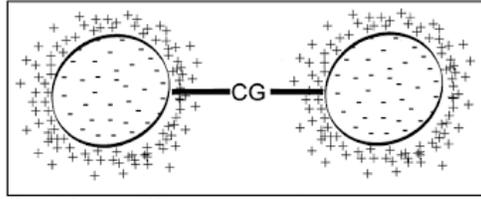
Semakin tinggi pula nilai padatan tersuspensi, maka semakin tinggi pula kekeruhan. Namun, kekeruhan yang tinggi tidak selalu diikuti tingginya padatan terlarut di dalam air. Kekeruhan yang tinggi akan mempersulit proses filtrasi dan efektivitas desinfeksi pada proses penjernihan air akan berkurang. Air yang keruh tidak mudah untuk didesinfeksi karena partikel yang menyebabkan kekeruhan melindungi mikroba patogen (Aneta *et al.*, 2021).

### 3. Metode Jartest

#### a. Pengertian Jartest

Jartest adalah sebuah percobaan sebagai penentu konsentrasi optimum dari suatu koagulan yang dipakai pada proses pengolahan air bersih dengan membentuk flok-flok disertai adanya ion-ion yang terkandung didalam pada sampel. Flok tersebut menggabungkan partikel kecil dan koloid dan akhirnya bisa mengendap bersamaan (Valentina dan Habibi, 2017).

b. Koagulasi dan Flokulasi



*Sumber: (Risdianto, 2007).*

**Gambar II.1** Proses Pengikatan Partikel Koloid Oleh Koagulan

Koagulasi dan flokulasi merupakan sebuah proses kimiawi yang digunakan dalam pengolahan air untuk menghilangkan senyawa berwujud koloid yang tidak bisa mengendap dalam air. Koagulasi adalah proses destabilisasi partikel koloid yang ada didalam air dengan penambahan koagulan sintetik. Proses tersebut diikuti dengan pengadukan cepat pada proses pemisahan partikel dengan cairan. Pengadukan cepat memerlukan waktu antara 1-5 menit. Di dalam proses koagulasi terdapat 2 prinsip, yaitu adsorpsi dan netralisasi tegangan protein. Proses koagulasi berfungsi untuk mengurangi atau menetralkan muatan negatif pada partikel yang menyebabkan kekeruhan di dalam air. Proses menetralkan muatan negatif disebut dengan proses netralisasi. Proses ini dilakukan dengan cara mengadsorpsi partikel yang bermuatan negatif (koloid) menggunakan koagulan, sehingga menyebabkan destabilisasi partikel (Faryandi, 2020).

Menurut Nur (2013), terdapat beberapa hal yang menyebabkan partikel yang bermuatan negatif (koloid) bersifat netral, yaitu:

1) Penambahan koloid dengan muatan berlawanan

Adanya perbedaan muatan antara partikel yang bermuatan positif dengan negatif akan saling tarik menarik dan membentuk selubung lapisan kedua. Jika selubung tersebut menempel tidak berjauhan akan menetralkan muatan koloid, sehingga berlangsung

proses koagulasi. Semakin besar muatan ion maka semakin besar pula daya tariknya dengan partikel koloid.

2) Penambahan elektrolit

Pada saat penambahan elektrolit ke dalam bentuk koloid, maka koloid yang bermuatan positif diadsorpsi koloid yang memiliki muatan negatif dan begitu sebaliknya. Proses adsorpsi tersebut akan menyebabkan terjadinya koagulasi.

3) Menggunakan prinsip elektroforesis

Proses pergeseran koloid dalam medan listrik yang diakibatkan karena koloid tersebut memiliki muatan disebut elektroforesis. Koloid yang bermuatan negatif akan bergerak ke anode (elektrode positif) dan begitu juga sebaliknya. Sifat elektroforesis dari koloid diterapkan untuk memisahkan protein dalam larutan. Ketika koloid mencapai electrode, maka sistem koloid akan kehilangan muatannya sehingga bersifat netral.

Flokulasi adalah proses berkumpulnya partikel-partikel kecil (mikroflok) menjadi partikel besar (makroflok) karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan tersebut terjadi akibat proses pengadukan lambat (Kristijarti *et al.*, 2013).

Menurut Rahimah (2016), proses koagulasi dan flokulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti berikut:

1) Jenis koagulan

Pertimbangan dari aspek ekonomis dan keefektifan bahan penjernih air dalam pembentukan flok merupakan dasar pemilihan jenis koagulan. Secara umum jenis koagulan yang sering dipakai yaitu koagulan organik dan anorganik. Koagulan organik, seperti serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*), sedangkan koagulan anorganik, seperti PAC,  $\text{FeCl}_3$ , dan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

2) Konsentrasi koagulan

Mekanisme koagulasi dan flokulasi bergantung kebutuhan konsentrasi untuk menciptakan inti flok yang lain. Jika pemberian konsentrasi sesuai kebutuhan, maka pembentukan flok akan berjalan dengan baik.

3) Kecepatan pengadukan

Proses pembentukan flok diperlukan kecepatan pengadukan, jika pengadukan terlalu lambat flok akan lama terbentuk dan bila pengadukan terlalu cepat flok akan mudah pecah. Maka dari itu, pengadukan harus benar-benar merata agar koagulan bercampur dengan air dan semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan ion di dalam air.

4) Suhu air

Suhu air sangat berpengaruh pada keefektifan proses koagulasi dan flokulasi. Jika suhu rendah, maka besar daerah pH yang optimum pada proses koagulasi akan berubah, sehingga konsentrasi koagulan juga akan berubah.

5) Tingkat kekeruhan

Kekeruhan air yang tinggi mekanisme destabilisasi berlangsung dengan cepat. Sebaliknya pada tingkat kekeruhan rendah mekanisme destabilisasi akan sulit terjadi dan bilamana konsentrasi koagulan rendah proses pembentukan flok kurang efektif.

c. Adsorpsi

1) Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas terikat oleh suatu partikel. Proses adsorpsi menunjukkan bahwa molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat reaksi kimia

dan fisika. Adsorpsi dapat terjadi akibat adanya gaya tarik yang tidak seimbang pada partikel zat yang berada pada permukaan partikel penyerap. Proses tersebut bertujuan untuk memisahkan air dari pengotornya dengan cara menyerap pengotor yang berada di dalam air (Maslukah, 2020).

## 2) Jenis adsorpsi

Berikut jenis adsorpsi yang umum dikenal (Masruhin *et al.*, 2018):

### a) Fisisorpsi (adsorpsi fisika)

Fisisorpsi merupakan interaksi yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben. Proses adsorpsi secara fisika, yaitu adsorbat akan ditarik oleh adsorben dan terjadi adanya gaya tarik menarik akibat interaksi van der Waals. Besar energi adsorpsi fisika sekitar 10 kJ/mol.

### b) Kemisorpsi (adsorpsi kimia)

Kemisorpsi merupakan interaksi yang terjadi antara molekul adsorben dan adsorbat mengalami ikatan kimia serta ikatan tersebut membuat interaksi kedua material lebih kuat. Besar energi adsorpsi kimia sekitar 100 kJ/mol.

## 3) Mekanisme adsorpsi

Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi, sebagai berikut (Hasrianti, 2013):

a) Molekul-molekul adsorben berpindah dari fase bagian terbesar larutan ke permukaan interface, yaitu lapisan film yang melapisi permukaan adsorben.

b) Molekul adsorben dipindahkan dari permukaan ke permukaan luar dari adsorben (*exterior surface*).

c) Molekul-molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan luar adsorben menyebar menuju pori-pori adsorben (difusi pori).

d) Molekul adsorbat menempel pada permukaan pori-pori adsorben.

4) Faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi

Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi (Fajri, 2021):

a) Agitation (pengadukan)

Pengadukan bertujuan meningkatkan kontak fisik antara dua bahan yang bereaksi dan bertujuan untuk mempercepat proses pelarutan.

b) Karakteristik adsorben

a) Kemurnian adsorben : kemampuan adsorpsi lebih baik, jika adsorben lebih murni.

b) Luas permukaan : semakin besar luas permukaannya, maka semakin besar pula daya adsorpsinya.

c) Kelarutan adsorbat (zat yang diserap)

Partikel adsorbat yang mudah larut memiliki gaya tarik menarik yang kuat. Tetapi terdapat beberapa partikel yang sedikit larut namun sulit menyerap dan juga ada beberapa partikel yang sangat larut, namun mudah menyerap.

d) Ukuran pori adsorben

Proses adsorpsi akan berjalan lancar jika ukuran pori adsorben cukup besar untuk dapat memasukkan adsorbat ke dalam pori adsorben. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya, karena proses adsorpsi terjadi di permukaan adsorben.

e) Waktu kontak

Semakin lama pencampuran adsorben dengan adsorbat maka interaksi yang terjadi akan semakin besar karena pada proses adsorpsi, adsorbat harus melalui difusi dimana proses

tersebut juga memerlukan waktu. Proses difusi yang sempurna akan meningkatkan kapasitas adsorpsi suatu zat.

f) Temperatur

Laju adsorpsi dipengaruhi oleh temperatur. Jika temperatur meningkat, maka laju adsorpsi juga ikut meningkat. Derajat adsorpsi akan meningkat saat temperatur rendah dan turun pada temperatur tinggi.

d. Prinsip Kerja Jarrest

Metode jarrest digunakan pada proses koagulasi dan flokulasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi atau dalam bentuk koloid. Prinsip kerja jarrest adalah membuat air bergerak berputar searah, sehingga padatan di dalam air akan bergerak searah dengan 2 kecepatan pengadukan, yaitu kecepatan tinggi untuk memisahkan partikel dengan cairan dan kecepatan lambat untuk membentuk flok, lalu dilanjutkan dengan sedimentasi untuk mengendapkan flok yang telah terbentuk. Tujuan pengadukan untuk mempercepat homogenasi zat koagulan pada sampel yang diolah (Lestari, 2015).

4. Kelor (*Moringa oleifera lam*)

a. Pengertian

Klasifikasi tanaman kelor (*Moringa oleifera lam*) menurut Ghasani (2016), sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*  
Sub kingdom : *Tracheobionta*  
Superdivisi : *Spermatophyta*  
Divisi : *Magnoliophyta*  
Kelas : *Magnoliopsida*  
Subkelas : *Dilleniidae*  
Family : *Moringaceae*  
Genus : *Moringa*

Species : *Moringa oleifera lam*

Tanaman kelor (*Moringa oleifera lam*) tersebar di Indonesia mulai dari Sumatera, Sulawesi, Kalimantan, NTT, NTB, Jawa, dan lain sebagainya. Kelor (*Moringa oleifera lam*) memiliki batang tegak dan berkayu, berwarna putih kotor, dan permukaan kasar. Tanaman kelor (*Moringa oleifera lam*) memiliki ketinggian mencapai 10 m dengan arah cabang tegak. Buah kelor (*Moringa oleifera lam*) berbentuk panjang bersegitiga, berukuran 20-60 cm, buah yang sudah tua berwarna coklat kehitaman, berbuah setelah berumur 12-18 bulan. Biji kelor (*Moringa oleifera lam*) berbentuk bulat, biji muda berwarna hijau terang dan berubah warna menjadi coklat kehitaman jika sudah tua. Daun tersusun berseling-seling, berwarna hijau, dan berbentuk bulat telur (Kurniawan, 2019).

Kelor (*Moringa oleifera lam*) memiliki buah yang menghasilkan biji untuk dibuat serbuk atau minyak untuk kosmetik yang bernilai jual tinggi. Selain biji, daun, kulit batang hingga akar berfungsi sebagai herbal untuk kesehatan dan daun sebagai sayuran untuk meningkatkan jumlah air susu ibu. Biji kelor (*Moringa oleifera lam*) juga dimanfaatkan sebagai penjernih air permukaan (sungai, kolam, dan danau). Kemampuan biji kelor (*Moringa oleifera lam*) sebagai penjernih air diakibatkan oleh kandungan protein yang cukup tinggi, sehingga mampu sebagai koagulan (Kristina & Siti, 2014).

b. Kandungan Dalam Biji Kelor (*Moringa oleifera lam*)

Berikut kandungan kimia pada buah dan biji kelor (*Moringa oleifera lam*):

**Tabel II.2** Kandungan Kimia Dalam Buah dan Biji Kelor (*Moringa oleifera lam*)

<b>Kandungan Nutrisi</b>	<b>Buah</b>	<b>Biji</b>
Kadar air (%)	90,86	3,11
Protein (g)	12,36	32,19
Lemak (g)	0,98	32,40
Serat (g)	22,57	15,87
Mineral (g)	13,40	5,58
Kalori (Kcal/100g)	50,73	15,96

Sumber: (Aminah et al., 2015)

c. Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera lam*) Sebagai Koagulan

Serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*) yang digunakan untuk penjernih air sebaiknya dikupas kulitnya. Jika tidak dikupas, hanya mengandung separuh protein dibandingkan dengan bijinya saja (Hidayat, 2009).

Serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*) dinyatakan sebagai polielektrolit kationik yang dijadikan sebagai bahan penjernih air dengan cara adsorpsi yaitu membuat jembatan antara polielektrolit anionik dan gugus fungsional protein bermuatan positif pada permukaan partikel koloid. Adsorpsi tersebut hanya terbatas pada permukaan partikel saja karena serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*) merupakan polielektrolit kationik rantai pendek dan berat molekul rendah. Adsorpsi terjadi karena kandungan protein dalam serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*). Didalam proses koagulasi dengan adanya kandungan asam amino dalam biji kelor (*Moringa oleifera lam*) akan terionisasi dan menghasilkan muatan karboksilat dan  $H^+$  yang menarik partikel koloid dalam medium yang dinetralkan dan mengendap sebagai flok (Saleh et al., 2020).

Kandungan senyawa lain yang dimiliki oleh serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*) bersifat antimikroba, khususnya terhadap bakteri. Latif (2014) menjelaskan bahwa serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*) dapat mengisolasi bakteri secara luar biasa, yaitu 90% dari total bakteri *E.coli* dalam 1 liter air selama 2 menit, sehingga air yang telah dijernihkan dengan aman untuk diminum.

5. Porang (*Amorphophallus muelleri blume*)

a. Pengertian

Klasifikasi tanaman porang (*Amorphophallus muelleri blume*) menurut Hadi (2021), sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*  
Divisi : *Magnoliophyta*  
Kelas : *Liliopsida*  
Ordo : *Arales*  
Family : *Araceae*  
Genus : *Amorphophallus*  
Species : *Amorphophallus muelleri blume*

Tanaman porang (*Amorphophallus muelleri blume*) ditemukan pertama kali di Kepulauan Andaman, India dan menyebar kearah timur melalui Myanmar, kemudian masuk ke Thailand dan Indonesia. Porang (*Amorphophallus muelleri blume*) merupakan tumbuhan jenis herma (semak) yang dapat hidup subur di kawasan hutan tropis dengan intensitas pencahayaan relatif rendah. Umbi porang (*Amorphophallus muelleri blume*) berbentuk bulat dengan berat sekitar 5 kg, berwarna kuning kusam atau kuning kecoklatan, batangnya berwarna hijau dan permukaannya halus, batang berbentuk bulat serta terdapat bercak putih tidak beraturan. Pada setiap bagian pertemuan antar batang dengan daun terdapat umbi katak (bulbil) dengan warna coklat kehitaman (Muawanah, 2021).

Kandungan glukomanan pada umbi porang (*Amorphophalus muelleri blume*) memiliki manfaat dalam berbagai bidang, seperti bahan pangan (beras shirataki, roti, es krim, mie, dan permen), bahan kosmetik, obat-obatan (bahan pembentuk kapsul), serta bahan baku industri kimia (bahan perekat, seperti lem dan cat tembok, pada penambangan digunakan sebagai pengikat mineral tersuspensi, dan sebagai penjernih). Dalam bidang kesehatan porang (*Amorphophalus muelleri blume*) digunakan sebagai penurun berat badan, mengendalikan kadar gula darah, mengendalikan kolestrol, dan mengatasi sembelit. Umbi porang (*Amorphophalus muelleri blume*) juga mengandung serat tinggi untuk menurunkan kadar kolestrol dan mencegah kegemukan. Pada saat pengolahan umbi porang (*Amorphophalus muelleri blume*) harus diperhatikan karena memiliki kandungan kalsium oksalat berbentuk jarum yang dapat menimbulkan rasa gatal dan pahit jika dikonsumsi. Pengolahan umbi porang (*Amorphophalus muelleri blume*) memiliki waktu penyimpanan cepat dan harus secepatnya diolah menjadi serbuk agar lebih tahan lama (Sari & Suhartati, 2015).

b. Kandungan Dalam Porang (*Amorphophalus muelleri blume*)

Berikut komposisi kimia umbi porang (*Amorphophallus muelleri blume*) dan serbuk porang (*Amorphophallus muelleri blume*):

**Tabel II.3** Komposisi Kimia Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri blume*) dan Serbuk Porang (*Amorphophallus muelleri blume*)

Unsur kimia	Kandungan per 100 gram contoh (bobot basah)	
	Umbi (%)	Serbuk (%)
Air	83,30	6,80
Glukomanan	3,58	64,98
Pati	7,65	10,24
Protein	0,92	3,42
Lemak	0,02	-
Serat berat	2,50	5,90
Kalsium oksalat	0,19	-

Sumber: Sartika, Zahrah (2021)

Porang (*Amorphophallus muelleri blume*) tidak bisa langsung diolah, melainkan harus dipisahkan terlebih dahulu antara glukomanan dan *asam oksalat*. Umumnya dalam pemisahan tersebut porang diolah menjadi serbuk terlebih dahulu. Pada penelitian ini tidak langsung menggunakan umbi porang (*Amorphophallus muelleri blume*) dikarenakan masih mengandung *asam oksalat* dan belum bisa hilang 100% karena perlu pengolahan lebih lanjut dan memerlukan biaya besar, seperti mengolahnya menjadi serbuk porang agar lebih aman dan awet untuk dikonsumsi jangka panjang.

c. Serbuk Porang (*Amorphophallus muelleri blume*) Sebagai Koagulan

Porang (*Amorphophallus muelleri blume*) memiliki kandungan glukomanan sebesar 3,8% dalam bentuk umbi dan 64,98% dalam bentuk serbuk yang dimanfaatkan sebagai penjernih air dengan cara mengendapkan lumpur tersuspensi yang berasal dari waduk dan sungai. Gel glukomanan memiliki pori-pori besar, bersifat hidrofilik, dan kekuatan mekanik. Secara mekanik gel glukomanan kuat dan hampir tidak menyusut dalam pelarut organik tidak, seperti gel berpori yang berbasis agarosa (Wakita *et al.*, 1993).

Glukomanan merupakan sejenis polisakarida netral yang memiliki keunggulan biokompatibilitas dan aktivitas biodegradable. Selain itu, glukomanan memiliki gugus OH hidrofilik yang melimpah dan memberikan kelarutan air yang baik serta banyak dijadikan sebagai bio-flokulan yang bermuatan positif untuk menyerap kontaminan anionik (koloid). Penggunaan glukomanan sebagai flokulan kationik menunjukkan terjadinya flokulasi sempurna dalam menghilangkan kekeruhan yang tinggi (Ren *et al.*, 2016).

Pada studi mekanisme adsorpsi menunjukkan bahwa adanya tarikan elektrostatis, interaksi afinitas, dan inklusi polimer. Proses adsorpsi membutuhkan polisakarida seperti selulosa, dekstran, kitosan,

konjak glukomanan (KGM), dan pati memiliki sifat menguntungkan dari gugus fungsi aktifnya seperti gugus amino, hidroksil, dan karboksil yang dapat dimodifikasi melalui metode fisik dan kimia. Di dalam glukomanan terdapat glukosa dan mannose yang terhubung dengan B-1,4 linier, bercabang ringan melalui unit 8-1,6-glukosil, struktur tersebut berguna sebagai bahan adsorpsi dan pemisahan molekul kecil. Proses adsorpsi oleh glukomanan ditentukan adanya partikel koloid di dalam larutan terdorong ke permukaan dan masuk ke bagian dalam glukomanan melalui aksi kapiler dan konsentrasi kekuatan gradient. Pada saat mencapai bagian dalam glukomanan, partikel koloid ditangkap oleh jaringan polimer molekul inklusi fisik dan penangkap jaring serta dipisahkan dengan larutan. Glukomanan juga dapat mengadsorpsi Cr lebih dari 92% dengan konsentrasi 6,0 gr/l dalam kurun waktu kurang dari sepuluh menit pertama dan menunjukkan laju adsorpsi yang cukup cepat (Lu *et al.*, 2017).

Umbi porang (*Amorphophallus muelleri blume*) memiliki waktu penyimpanan tidak lama dan harus diolah dengan benar karena adanya kandungan *asam oksalat* sebesar 0,19% yang cukup berbahaya bagi kesehatan, seperti penumpukan di ginjal, gatal-gatal, dan iritasi. Maka alternatif pada penelitian kali ini menggunakan serbuk porang (*Amorphophallus muelleri blume*) yang sudah aman untuk dikonsumsi maupun digunakan sebagai bahan koagulan alami (Wahyuni & Rohmah, 2020).

#### 6. Analisis Ekonomi Bahan Koagulan

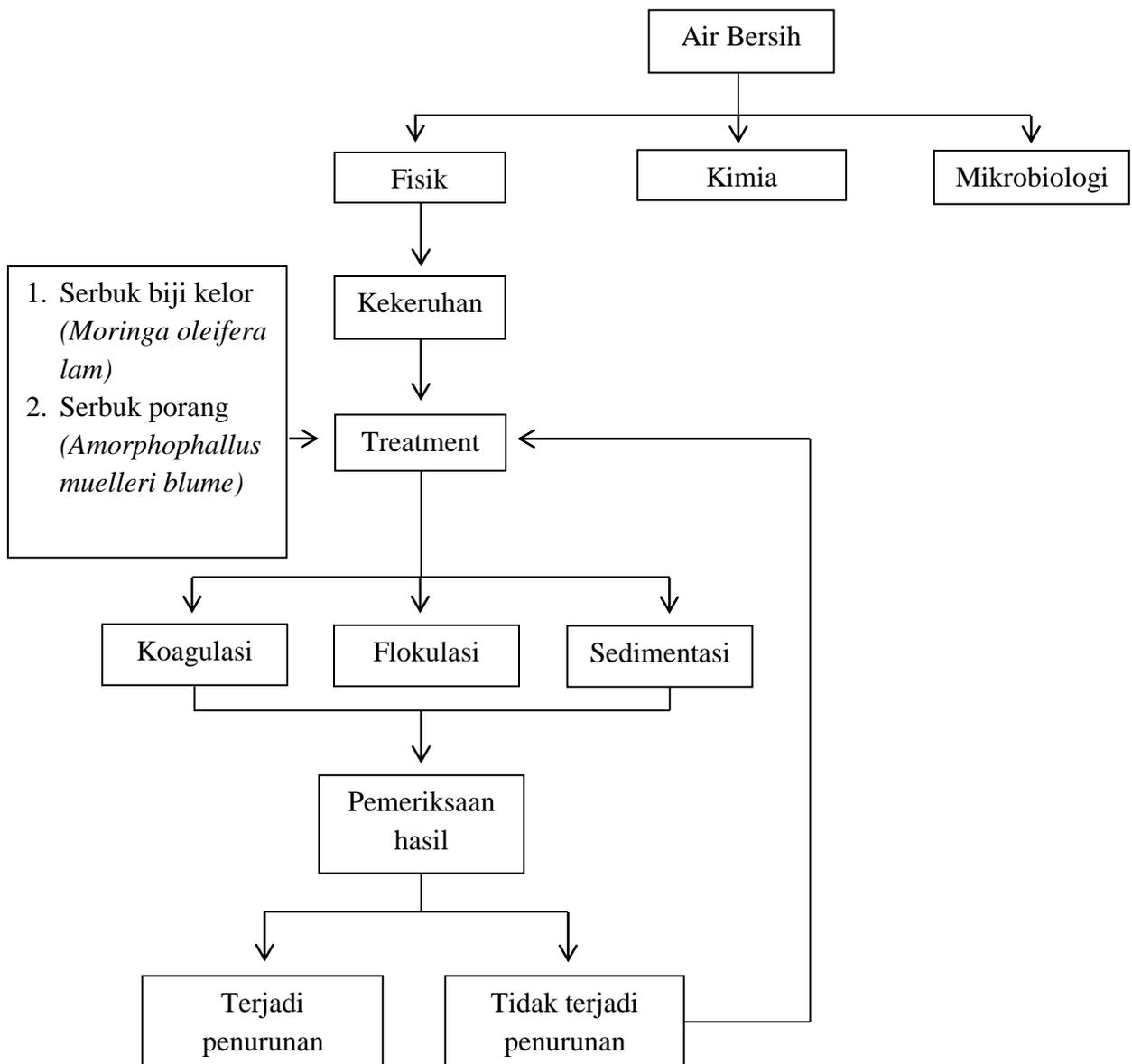
Berikut analisis ekonomi dari beberapa bahan koagulan:

PAC (%)	= Rp 20.000/kg
Tawas (%)	= Rp 12.000/kg
Serbuk biji kelor ( <i>Moringa oleifera lam</i> )	= Rp 50.000/kg
Serbuk porang ( <i>Amorphophallus muelleri blume</i> )	= Rp 60.000/kg

Dari beberapa bahan koagulan diatas mempunyai keunggulan dan kelemahan masing-masing dan dapat disimpulkan bahwa harga serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*) dan serbuk porang (*Amorphophallus muelleri blume*) lebih mahal dibandingkan dengan PAC dan tawas karena serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*) dan serbuk porang (*Amorphophallus muelleri blume*) merupakan bahan alami yang tidak berdampak buruk bagi kesehatan. Akan tetapi, jika memiliki kedua tanaman tersebut akan lebih mudah untuk mendapatkan dan memanfaatkannya tanpa harus membeli.

### C. Kerangka Teori

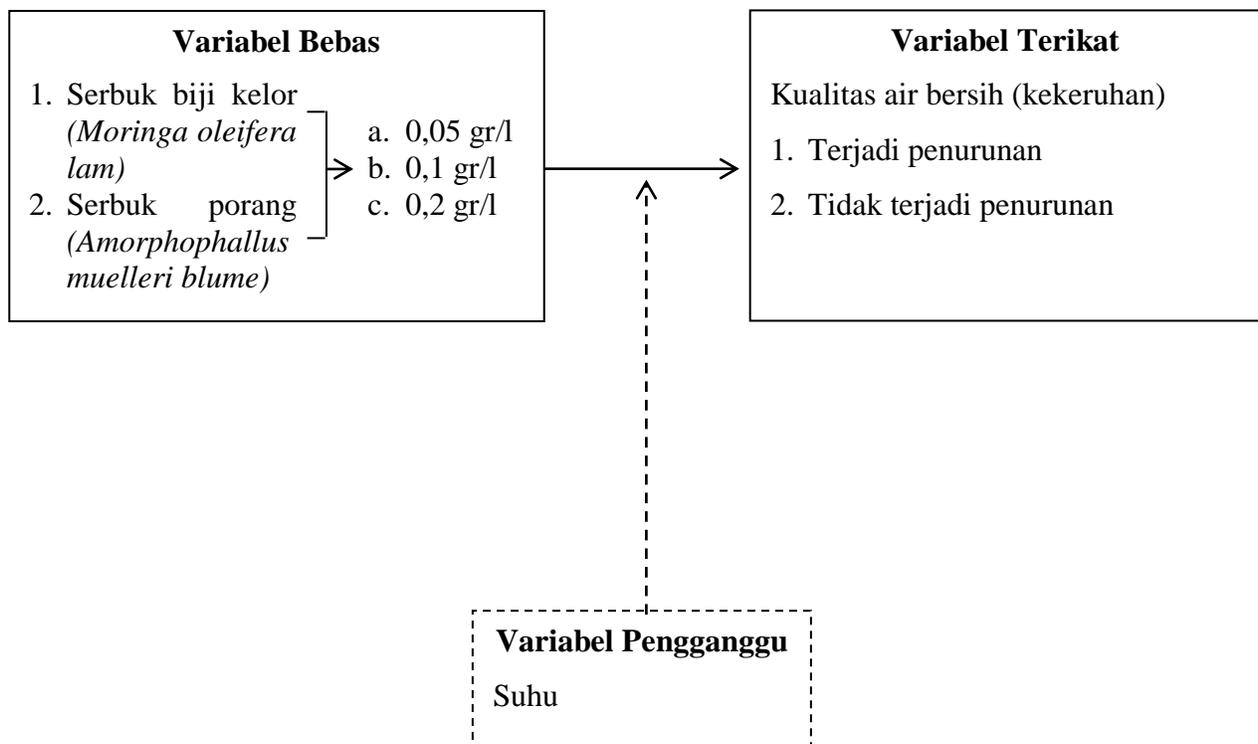
Kerangka teori perbedaan efektivitas serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*) dan serbuk porang (*Amorphophallus muelleri blume*) untuk menurunkan kekeruhan air, sebagai berikut:



**Gambar II.2** Kerangka Teori

#### D. Kerangka Konsep

Kerangka konsep perbedaan efektivitas serbuk biji kelor (*Moringa oleifera lam*) dan serbuk porang (*Amorphophallus muelleri blume*) untuk menurunkan kekeruhan air, sebagai berikut:



Keterangan :

———— = Diteliti

----- = Tidak diteliti

**Gambar II.3** Kerangka Konsep