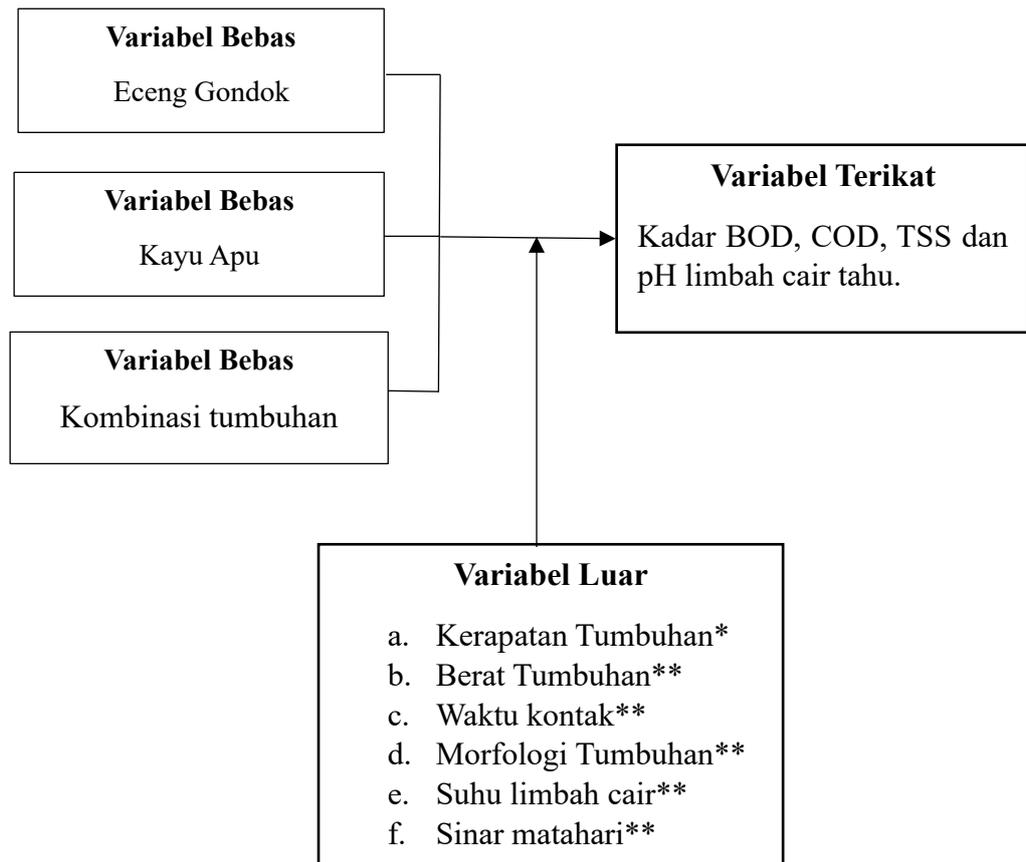


BAB III
METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep



Keterangan :

** : Dikendalikan

* : Tidak Dikendalikan

Gambar 3.1 Kerangka Konsep

B. Hipotesis Penelitian

1. Ada perbedaan signifikan kadar BOD sebelum dan sesudah fitoremediasi menggunakan tumbuhan eceng gondok, kayu apu dan kombinasi.
2. Ada perbedaan signifikan kadar COD sebelum dan sesudah fitoremediasi menggunakan tumbuhan eceng gondok, kayu apu dan kombinasi.
3. Ada perbedaan signifikan kadar TSS sebelum dan sesudah fitoremediasi menggunakan tumbuhan eceng gondok, kayu apu dan kombinasi.

C. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi tumbuhan air yaitu dengan eceng gondok, kayu apu, dan kombinasi eceng gondok dengan kayu apu.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini merupakan menurunnya kadar BOD, COD, dan TSS pada limbah cair *home industry* tahu.

3. Variabel Luar

Variabel luar dalam penelitian ini yaitu kerapatan tumbuhan, berat tumbuhan, waktu kontak, morfologi tumbuhan, suhu limbah cair, dan sinar matahari.

a. Kerapatan Tumbuhan

Kerapatan tumbuhan dapat mempengaruhi proses fitoremediasi karena dapat mempengaruhi proses penguapan tumbuhan serta penyerapan zat organik oleh tumbuhan. Semakin rapat tumbuhan maka semakin besar penurunan polutan (Rahayuningtyas and Endah Wahyuningsih, 2018). Pada penelitian ini kerapatan tumbuhan diabaikan karena tumbuhan eceng gondok dan kayu apu memiliki karakteristik yang berbeda.

b. Berat tumbuhan

Berat tumbuhan berpengaruh terhadap jumlah polutan yang akan terserap, semakin banyak massa atau berat tumbuhan yang digunakan maka semakin besar daya serap terhadap polutan (Ni'mah, Anshari and Saputra, 2019). Pada penelitian ini berat tumbuhan dikendalikan dengan menghomogenkan berat tumbuhan yang digunakan pada setiap perlakuan. Berat tumbuhan yang digunakan yaitu 300 gr pada perlakuan menggunakan tumbuhan eceng gondok dan 300 gr pada perlakuan menggunakan tumbuhan kayu apu, sedangkan pada perlakuan kombinasi tumbuhan eceng gondok dan kayu apu. menggunakan 150 gr untuk masing-masing tumbuhan.

c. Waktu kontak

Waktu kontak atau lama waktu fitoremediasi yang dilakukan berpengaruh terhadap semakin berkurangnya polutan atau pencemar

di dalam air limbah. Namun, semakin lama waktu yang digunakan daya serap tumbuhan terhadap pencemar semakin berkurang (Ni'mah, Anshari and Saputra, 2019). Pada penelitian ini waktu kontak atau waktu fitoremediasi dikendalikan dengan menentukan waktu fitoremediasi yang digunakan yaitu selama 7 hari.

d. Morfologi tumbuhan

Morfologi tumbuhan memiliki peran penting dalam mereduksi polutan dalam air limbah (Novita and Pradana, 2022). Morfologi yang dilihat pada penelitian ini merupakan daun dan akar tumbuhan. Pada penelitian ini morfologi tumbuhan dikendalikan dengan memilih tumbuhan eceng gondok dan kayu apu yang memiliki daun berwarna hijau tua segar dengan panjang akar eceng gondok 17-30 cm dan panjang akar kayu apu 15-20 cm diukur pada akar yang paling besar, karena pada panjang akar tersebut merupakan masa vegetatif eceng gondok dan kayu apu sehingga relatif baik dalam proses penyerapan (Nursari *et al.*, 2019)

e. Suhu limbah cair

Suhu limbah cair dapat mempengaruhi pertumbuhan dan lama hidup tumbuhan yang digunakan saat proses fitoremediasi karena suhu air dapat mempengaruhi proses penyerapan oleh tumbuhan (Lupitasari, Melina and Kusumaningtyas, 2020). Suhu limbah cair pada penelitian ini dikendalikan pada rentang 22-30° sesuai pada suhu optimal bagi pertumbuhan eceng gondok dan kayu

apu yaitu dengan meletakkan bak fitoremediasi pada tempat yang teduh supaya air dalam bak tidak meningkat suhunya sehingga mengganggu pertumbuhan tumbuhan.

f. Sinar matahari

Sinar matahari berpengaruh dalam proses fitoremediasi karena dapat mempengaruhi pertumbuhan dan fotosintesis pada tumbuhan yang digunakan (Lupitasari, Melina and Kusumaningtyas, 2020). Pengaruh sinar matahari pada penelitian ini dikendalikan dengan meletakkan bak fitoremediasi di tempat terbuka yang cukup mendapatkan sinar matahari supaya tumbuhan dapat berfotosintesis dengan baik.

D. Definisi Operasional

Tabel 3.1 Definisi Operasional

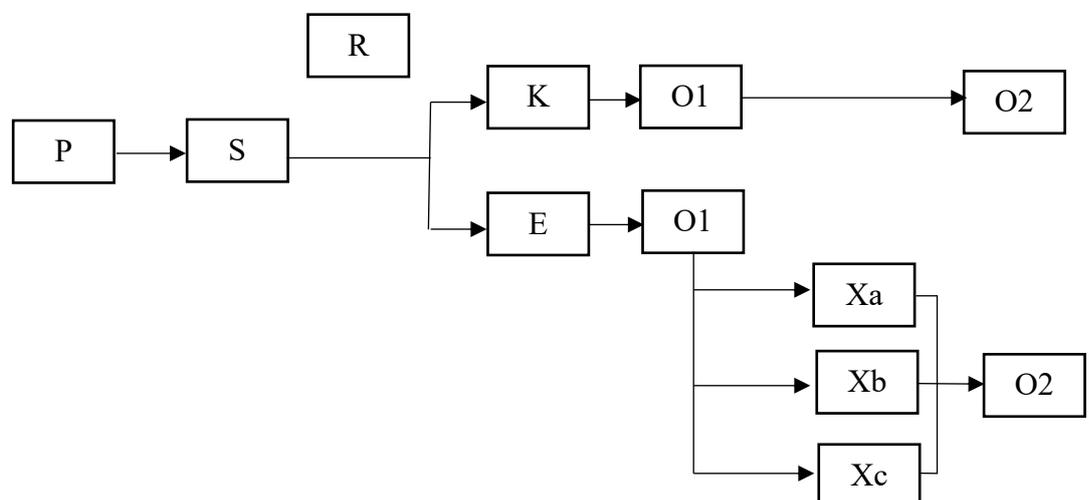
Variabel	Definisi Operasional	Satuan	Cara Pengukuran	Alat ukur	Skala
Variabel Bebas					
Jenis Tumbuhan air	Tumbuhan air yang digunakan dalam proses fitoremediasi untuk menurunkan COD, TSS, pH pada limbah cair <i>home industry</i> tahu	-	-	Kategori : a. Eceng Gondok b. Kayu Apu c. Kombinasi eceng gondok dan Kayu apu	Nominal

Variabel	Definisi Operasional	Satuan	Cara Pengukuran	Alat ukur	Skala
Variabel Terikat					
Kadar BOD	Jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara biologis di dalam limbah cair <i>home Industry</i> tahu diukur sebelum dan sesudah eksperimen.	mg/L	Dengan melakukan uji laboratorium.	BOD-manometer dengan metode acuan APHA 23 st ed. (2017)m method 5210B	Rasio
Kadar COD	Jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik melalui reaksi kimia di dalam limbah cair <i>home industry</i> tahu diukur sebelum dan sesudah eksperimen.	mg/L	Dengan melakukan uji laboratorium.	spektrofotometer dengan metode acuan SNI 6989.2-2019.	Rasio
Kadar TSS	Kadar TSS merupakan total padatan berupa bahan-bahan organik yang tidak terlarut dan menyebabkan kekeruhan pada limbah cair <i>home industry</i> tahu diukur sebelum	mg/L	Dengan melakukan uji laboratorium.	metode acuan SNI 6989.3-2019.	Rasio

Variabel	Definisi Operasional	Satuan	Cara Pengukuran	Alat ukur	Skala
	dan sesudah eksperimen.				
Ph	pH merupakan derajat atau tingkat keasaman atau kebasaan dalam limbah cair <i>home industry</i> tahu diukur sebelum dan sesudah eksperimen.	-	Dengan melakukan uji laboratorium.	pH meter-elektrometri dengan metode acuan SNI 6989.-2019.	Rasio

E. Desain Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah eksperimental murni (*True Experiment*) dengan rancangan *Pretest-Posttest Control Design*. Eksperimen murni merupakan eksperimen yang mana untuk proses pengambilan sampel dilakukan secara random dari populasi tertentu baik kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol (Sugiyono, 2020).



Gambar 3.2 Desain Penelitian

Keterangan :

P : Populasi

S : Sampel

R : Randomisasi

K : Kelompok kontrol

E : Kelompok eksperimen

O1 : *Pretest* atau pengujian awal BOD, COD, dan TSS pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen

Xa : Pemberian perlakuan yaitu dengan melakukan fitoremediasi menggunakan eceng gondok

Xb : Pemberian perlakuan yaitu dengan melakukan fitoremediasi menggunakan kayu apu

Xc : Pemberian perlakuan yaitu dengan melakukan fitoremediasi menggunakan kombinasi eceng gondok dan kayu apu

O2 : *posttest* atau pengujian BOD, COD, dan TSS pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen

F. Populasi dan Sampel

1. Populasi

Populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri atas objek atau subjek yang memiliki kuantitas serta karakteristik tertentu yang ditentukan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian dapat diambil kesimpulannya (Sugiyono, 2020). Populasi dalam penelitian ini adalah

seluruh limbah cair dari *home industry* tahu yang berada pada Jalan Nagrog Kulon, Indihiang, Kota Tasikmalaya.

2. Sampel

Sampel merupakan bagian dari jumlah serta karakteristik yang dimiliki oleh populasi (Sugiyono, 2020). Sampel dalam penelitian ini adalah limbah cair dari salah satu *home industry* tahu tahu yang berada pada Jalan Nagrog Kulon, Indihiang, Kota Tasikmalaya dengan jumlah replikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 replikasi. Dimana jumlah tersebut didapat berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus Federer sebagai berikut :

$$(n-1) (k-1) \geq 15$$

$$(n-1) (4-1) \geq 15$$

$$(n-1) (3) \geq 15$$

$$3n-3 \geq 15$$

$$3n \geq 15+3$$

$$n \geq 18/3$$

$$n \geq 6$$

Keterangan :

k : banyak kelompok perlakuan

n : jumlah replikasi atau pengulangan

Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus replikasi didapatkan jumlah yaitu sebanyak 6 replikasi. Pada penelitian ini

menggunakan 4 perlakuan, maka jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 24 sampel yang diperoleh dari perhitungan 6 replikasi dikali 4 perlakuan.

G. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat dan bahan. Alat dan bahan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Alat

- a. Bak plastik dengan volume 5L yang digunakan sebagai reaktor untuk proses fitoremediasi limbah cair *home industry* tahu dengan tumbuhan air eceng gondok dan kayu apu.
- b. Jerigen digunakan untuk wadah pengambilan sampel limbah cair *home industry* tahu.
- c. Timbangan digunakan untuk menimbang tumbuhan yang akan digunakan.
- d. Gayung digunakan untuk mengambil limbah cair *home industry* tahu dari tempat penampungan limbah cair.
- e. Corong digunakan untuk memasukan limbah cair *home industry* tahu ke dalam jerigen.
- f. Gelas ukur dengan ukuran 1L yang digunakan untuk mengukur 72 L sampel limbah cair *home industry* tahu yang akan digunakan pada proses fitoremediasi.
- g. Penggaris digunakan untuk mengukur panjang akar tumbuhan.
- h. Kertas label digunakan untuk memberikan keterangan pada sampel.

- i. Termometer batang dengan suhu maksimum 50°C untuk mengontrol suhu pada bak perlakuan.
 - j. Alat tulis digunakan untuk mencatat dan memberikan keterangan pada sampel.
 - k. Kamera digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan penelitian.
2. Bahan
 - a. Limbah cair *home industry* tahu, limbah cair yang digunakan diambil dari *home industry* tahu yang berada pada Jl Nagrog Kulon, Indihiang, Kota Tasikmalaya. Limbah cair diambil dari satu tempat yang sama dan satu waktu menggunakan wadah jerigen yang selanjutnya dibawa ke lokasi penelitian serta diisikan ke setiap bak reaktor sebanyak 3 L untuk setiap perlakuan.
 - b. Tumbuhan Eceng gondok dan kayu apu yang akan digunakan diambil dari perairan yang selanjutnya dilakukan aklimatisasi.

H. Prosedur Penelitian

1. Pengumpulan Data
 - a. Data primer dalam penelitian ini didapatkan dengan melakukan uji laboratorium limbah cair *home industry* tahu sebelum dan sesudah fitoremediasi untuk mengetahui kadar BOD, COD, dan TSS.
 - b. Data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari Dinas Perdagangan dan Perindustrian tentang jumlah pabrik tahu di Kota Tasikmalaya.

2. Proses Aklimatisasi pada Eceng Gondok dan Kayu Apu

Tumbuhan air eceng gondok dan kayu apu yang diambil dari lingkungan sebelumnya selanjutnya dilakukan proses aklimatisasi menggunakan air bersih selama 7 hari yang bertujuan untuk penyesuaian kondisi eceng gondok dan kayu apu supaya memiliki kemampuan daya serap polutan yang baik.

3. Melakukan Pengujian dan Analisa Awal BOD, COD, dan TSS Limbah Cair *Home Industry* Tahu.

Setelah pengambilan sampel limbah cair *home industry* tahu, sebelum dilakukan proses fitoremediasi, dilakukan pengujian dan analisa awal kadar BOD, COD, dan TSS di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) sebagai data pembandingan.

a. Uji Kadar BOD Limbah Cair *Home Industry* Tahu

Prosedur yang digunakan untuk menguji kadar BOD limbah cair *home industry* tahu dengan metode acuan APHA 23st ed. (2017), method 5210B, sebagai berikut :

- 1) Memasukan sejumlah sampel limbah cair *home industry* kedalam botol BOD
- 2) Memasukan *magnetic stirrer bar* kedalam botol
- 3) Beri vaselin pada mulut botol
- 4) Menambahkan 1 spatula LiOH pada karet alkali kontainer
- 5) Tutup botol BOD dan pastikan tertutup dengan rapat

- 6) Mengatur skala pada tiap botol BOD sesuai dengan range yang digunakan
- 7) Tempatkan alat BOD kedalam BOD inkubator, atur suhu pada 20 °C, kemudian hubungkan kabel pada *magnetic stirrer* ke soket.
- 8) Setelah 30 menit alat terkondisikan pada suhu 20 °C, tutup penutup manometer dan sambungkan selat konektor pada tutup botol
- 9) Mengatur zero pada manometer yang ditunjukkan dengan miniskus merkuri
- 10) Mengecek miniskus merkuri setelah 30 menit (skala manual), mengecek angka digital dengan klik start setelah 30 menit (sekala digital), tulis sebagai nilai awal
- 11) Mengecek kembali skala manometer setelah 5 hari.
- 12) Perhitungan

$$\text{BOD}_5 (\text{mg/L}) = \text{BOD} \times F_c$$

BOD : Skala yang terbaca pada manometer

F_c : Faktor pengenceran

b. Uji Kadar COD Limbah Cair *Home Industry* Tahu

Prosedur yang digunakan untuk menguji kadar COD limbah cair *home industry* tahu dengan metode acuan SNI 6989.2-2019, sebagai berikut :

- 1) Ambil sejumlah volume contoh uji dengan pipet atau mikroburet, lalu tambahkan *digestion solution*, larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung atau ampul
- 2) Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen
- 3) Letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu $150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, lakukan refluks selama 2 jam
- 4) Dinginkan contoh uji dan larutan kerja yang sudah direfluks sampai suhu ruang
- 5) Biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih
- 6) Hidupkan dan optimalkan alat uji spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian COD. Atur panjang gelombang pada 600 nm atau 420 nm
- 7) Ukur serapan masing-masing larutan kemudian catat dan plotkan terhadap kadar COD.
- 8) Perhitungan

$$\text{Kadar COD (mg/L)} = C \times f$$

C : nilai COD contoh uji (mg/L)

f : faktor pengenceran

c. Uji Kadar TSS Limbah Cair *Home Industry* Tahu

Prosedur yang digunakan untuk menguji pH limbah cair *home industry* tahu dengan metode acuan SNI 6989.3-2019, sebagai berikut :

- 1) Gunakan wadah gelas atau botol plastik polietilen yang setara
- 2) Awetkan contoh uji pada suhu 4°C, untuk meminimalkan dekomposisi mikrobiologikal terhadap padatan.
- 3) Pisahkan partikel besar yang mengapung
- 4) Letakkan kertas saring pada peralatan filtrasi. Pasang vakum dan bawah pencuci dengan air suling 20 ml. lanjutkan penyedotan untuk menghilangkan semua sisa air, matikan vakum, hentikan pencucian
- 5) Pindahkan kertas saring dari peralatan filtrasi ke wadah timbang aluminium. Jika digunakan cawan *Gooch* dapat langsung dikeringkan
- 6) Keringkan dalam oven pada suhu 103 °C sampai dengan 105 °C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator kemudian timbang
- 7) Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling
- 8) Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetic untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen

- 9) Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetic
- 10) Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan sempurna, contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan
- 11) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dengan peralatan penyaringan dan pindahkan ke wadah timbangan aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya
- 12) Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103 °C sampai dengan 105 °C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang
- 13) Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg
- 14) Perhitungan

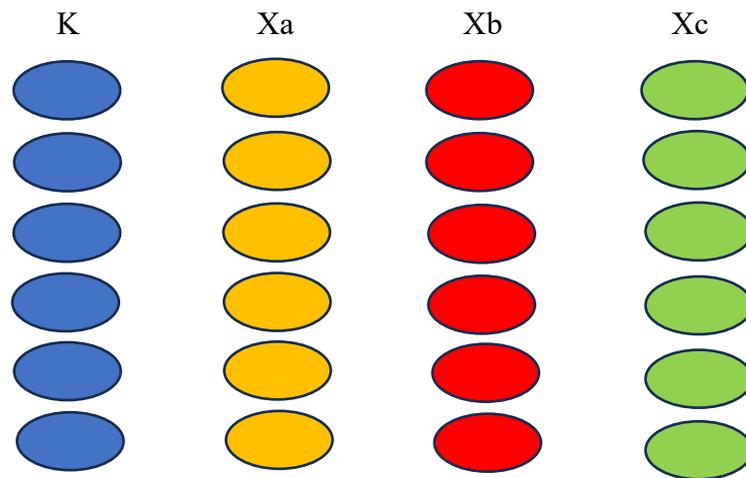
$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(\text{A}-\text{B}) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}}$$

A : berat kertas saring + residu kering (mg)

B : berat kertas saring (mg)

4. Proses Fitoremediasi Menggunakan Eceng Gondok dan Kayu Apu.

Proses fitoremediasi dilakukan dengan membagi sampel limbah cair yang telah diambil ke bak atau reaktor yang akan digunakan. Banyak bak yang akan digunakan yaitu 24 yang terdiri dari 4 perlakuan dan 6 kali pengulangan pada setiap perlakuannya. Sedangkan tumbuhan yang digunakan adalah 300 gr tumbuhan eceng gondok pada perlakuan pertama, 300 gr tumbuhan kayu apu pada perlakuan kedua dan 150 gr tumbuhan eceng gondok dan 150 gr kayu apu pada perlakuan ketiga. Penggunaan berat tumbuhan 300 gr mengacu pada penelitian Yulita Dwi Ningrum, Abdul Ghofar, dan Haerudin (2020) yang menggunakan berat tumbuhan 200-250 gr untuk setiap perlakuannya. Lama waktu kontak mengacu pada penelitian Dwi Savitri Vidyawati dan Herlina Fitrihidajati (2019) bahwa tumbuhan optimal dalam penyerapan pada waktu 7 hari dan sudah mengalami perubahan morfologi (daun layu dan menguning), oleh karena itu waktu fitoremediasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah selama 7 hari.



Gambar 3.3 Replikasi Perlakuan

Adapun perlakuan yang diberikan sebagai berikut :

- a. K : Kelompok kontrol yaitu limbah cair *home industry* tahu tanpa pemberian tumbuhan air
- b. Xa : Limbah cair *home industry* tahu dengan tumbuhan eceng gondok
- c. Xb : Limbah cair *home industry* tahu dengan tumbuhan kayu apu
- d. Xc : Limbah cair *home industry* tahu dengan kombinasi tumbuhan eceng gondok dan kayu apu

5. Melakukan Pengujian dan Analisa Akhir BOD, COD, dan TSS Limbah Cair *Home Industry* Tahu.

Setelah dilakukan proses fitoremediasi, maka dilakukan kembali pengujian dan Analisa BOD, COD, dan TSS pada laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kota Tasikmalaya dengan prosedur pengujian dan

metode acuan yang sama saat pengujian awal sebelum proses fitoremediasi untuk melihat perbedaan sebelum dan sesudah perlakuan.

I. Pengolahan dan Analisis Data

1. Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan setelah diperoleh data hasil uji laboratorium limbah cair sebelum dan sesudah dilakukan fitoremediasi selama 7 hari. Pengolahan data yang dilakukan diantaranya sebagai berikut :

a. *Editing* (penyuntingan data)

Proses *editing* dalam penelitian dilakukan dengan mengecek kembali hasil uji laboratorium yang telah dicatat pada lembar pengamatan.

b. *Entry data* (memasukan data)

Proses *entry data* merupakan proses memasukan data yang telah didapat ke dalam aplikasi SPSS.

c. *Tabulating* (tabulasi)

Tabulating dalam penelitian ini adalah proses membuat atau menampilkan data dengan membuat tabel yang berisikan data yang diperlukan saat analisis data.

2. Analisis Data

a. Analisis Univariat

Analisis univariat dilakukan untuk mendeskripsikan parameter BOD, COD, dan TSS dari hasil pengujian laboratorium dalam bentuk tabel serta efektivitas eceng gondok, kayu apu dan kombinasi dalam penurunan kadar BOD, COD, dan TSS.

b. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk menguji perbedaan kadar parameter BOD, COD, dan TSS pada limbah cair *home industry* tahu sebelum dan sesudah fitoremediasi menggunakan eceng gondok, kayu apu dan kombinasi. Selain itu, untuk melihat perbedaan rata-rata penurunan BOD, COD, dan TSS antara kelompok perlakuan eceng gondok, kayu apu, dan kombinasi.

Sebelum melakukan analisis bivariat dengan uji statistik, dilakukan terlebih dahulu pengujian normalitas data. Apabila data berdistribusi normal maka digunakan uji parametrik dengan uji paired T-Test dan apabila data berdistribusi tidak normal, maka digunakan uji non-parametrik dengan uji wilcoxon. Pengambilan keputusan berdasarkan pada $P\ value < \alpha (0,05)$ maka terdapat perbedaan data sebelum dan sesudah fitoremediasi, sedangkan apabila $P\ value > \alpha (0,05)$ maka tidak terdapat perbedaan data sebelum dan sesudah fitoremediasi. Sedangkan untuk melihat perbedaan rata-rata penurunan BOD, COD, dan TSS pada kelompok

perlakuan kontrol, eceng gondok, kayu apu, dan kombinasi, apabila data berdistribusi normal digunakan uji *One-way anova*, apabila tidak berdistribusi normal digunakan uji *Kruskal-wallis*. Pengambilan Keputusan berdasarkan apabila $P\ value < \alpha (0,05)$ maka terdapat perbedaan rata-rata penurunan BOD, COD, dan TSS pada kelompok perlakuan kombinasi, eceng gondok, kayu apu, dan kombinasi, sedangkan apabila $P\ value > \alpha (0,05)$ maka tidak terdapat perbedaan rata-rata penurunan BOD, COD, dan TSS pada kelompok perlakuan kombinasi, eceng gondok, kayu apu, dan kombinasi.