

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Pencemaran Air

Pencemaran air merupakan menurunnya kualitas air sampai ke tingkat tertentu yang disebabkan oleh masuknya atau dimasukkannya zat, energi atau komponen lain ke dalam air yang disebabkan oleh kegiatan manusia, sehingga menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan kegunaannya.¹ Akhir-akhir ini permasalahan mengenai pencemaran air di negara Indonesia sering diperbincangkan di ruang publik, hal ini karena potensi ketersediaan air di negara Indonesia setiap tahun semakin berkurang. Seperti halnya di pulau Jawa, yang mana pada tahun 1930 jumlah pasokan air masih sebesar 4.700 m³/kapita/tahun, namun pada tahun 2020 total potensinya hanya tinggal 1200 m³/kapita/tahun. Dari potensi alami ini, yang layak dikelola secara ekonomi hanya sebesar 35%, sehingga dengan demikian potensi ketersediaan air hanya tinggal 400 m³/kapita/tahun.²

Salah satu penyebab terjadinya permasalahan tersebut karena adanya buangan air limbah domestik. Air limbah domestik merupakan air limbah yang berasal dari beberapa aktivitas manusia yang meliputi, aktivitas pada permukiman, aktivitas rumah makan, aktivitas perkantoran, dan lain sebagainya.³ Air limbah domestik dibedakan menjadi dua yaitu *greywater* dan *blackwater*. Yang mana sebagian besar permasalahan pencemaran air yang terjadi di lingkungan disebabkan oleh adanya air limbah *greywater*. Air limbah *greywater* merupakan air limbah yang berasal dari air bekas mandi, air bekas

¹ Isti'anah, Najah, and Pratiwi, "Pengaruh Pencemaran Limbah Detergen Terhadap Biota Air."

² Herlambang, "Pencemaran Air Dan Strategi Penggulangannya."

³ Soil Mechanics, "Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Tanaman *Alisma Plantago* Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-WETLAND) *Amalia*" 1, no. 2004 (2007): 2234–39, <https://doi.org/10.16285/j.rsm.2007.10.006>.

cucian dan air yang berasal dari aktivitas dapur. Dalam kehidupan sehari-hari air limbah domestik tidak diolah terlebih dahulu saat dibuang di lingkungan. Padahal jika tidak diolah terlebih dahulu, *greywater* dapat menyebabkan dampak yang buruk bagi lingkungan. Hal ini dikarenakan di dalam *greywater* mengandung berbagai polutan bahan kimia, baik kimia organik maupun anorganik yang berasal dari deterjen sampo, sabun, dan sebagainya. Kandungan yang terdapat dalam *greywater* antara lain, nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), logam berat dan bakteri/mikroorganisme patogen⁴. Sehingga jika hal ini tidak segera ditangani maka akan menjadi permasalahan yang lebih serius terhadap kelestarian lingkungan dan kesehatan manusia.

Dapat disimpulkan bahwa pencemaran air yang terjadi merupakan dampak dari semua kegiatan dan aktivitas manusia itu sendiri. Hal ini sesuai dengan Firman Allah SWT dalam QS. al- Rum (30): 41 yang menjelaskan sebagai berikut:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ
لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Dalam Tafsir Ibnu Katsir menyebutkan bahwa segala kerusakan yang terjadi di darat, di kota-kota, di desa-desa dan di laut yang meliputi pulau-pulau yang

⁴ Iga Maliga, Chay Asdak, and Efan Yudha Winata, "Analisis Keberlanjutan Pengendalian Pencemaran Air Limbah Domestik Greywater Menggunakan Teknologi Lahan Basah Buatan," *Jurnal Sumber Daya Air* 17, no. 1 (2021): 13–24.

telah nampak merupakan sebagai akibat dari perbuatan dan kelakuan manusia.⁵

Secara awam karakteristik air yang tercemar oleh limbah dapat diketahui melalui indera, misalnya dilihat dari kekeruhannya, dari baunya yang menyengat, atau seringkali dapat menyebabkan rasa gatal-gatal pada kulit, dan juga dapat dirasakan dengan indera pengecap, seperti rasa asam dan getir. Selain itu air tercemar juga dapat diketahui dari matinya atau terganggunya makhluk hidup yang ada di perairan, baik ikan, tanaman dan hewan-hewan yang hidup di perairan.⁶ Sedangkan secara ilmiah karakteristik air yang tercemar oleh limbah dapat diketahui berdasarkan karakteristiknya, yang meliputi karakteristik fisika, karakter kimia, dan karakter biologi.⁷

a. Karakteristik Fisika

Karakteristik air tercemar secara fisika dapat diukur melalui beberapa parameter, di antaranya sebagai berikut.

1) Parameter suhu

Parameter suhu sangat diperlukan untuk menentukan karakter air limbah, karena dapat berpengaruh terhadap kelarutan suatu gas, bau dan rasa. Selain itu suhu dapat mempengaruhi jenis bakteri organisme yang terdapat pada air. Pengukuran suhu dapat dilakukan dengan menggunakan termometer khusus yang dapat dipakai untuk setiap variasi kedalaman.

2) Parameter padatan terlarut/ Total Dissolved Solid (TDS)

Total Dissolved Solid (TDS) merupakan jumlah padatan yang berasal dari material-material terlarut. Air dengan kadar TDS yang tinggi dapat menyebabkan rasa air menjadi tidak enak. Selain itu, dengan semakin

⁵ Djaenab, "Polusi Dalam Perspektif Al- Qur'an," *Ash-Shahabah Jurnal Pendidikan dan Studi Islam* 5, no. 2 (2019): 181–194.

⁶ Herlambang, "Pencemaran Air Dan Strategi Pengulangannya."

⁷ Filliazati, Apriani, and Zahara, "Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball Dan Tanaman Kiambang."

tingginya nilai TDS maka akan memberikan dampak negatif terhadap beberapa parameter air lainnya. Pengukuran padatan terlarut dapat dilakukan dengan menggunakan alat TDS meter.

3) Parameter pH

Tingkat asiditas atau alkalinitas suatu sampel air dapat ditentukan melalui skala pH. Yang mana melalui skala pH, konsentrasi ion hidrogen yang terdapat pada suatu air dapat ditentukan. Skala pH mempunyai rentang 0 – 14, dengan nilai 7 sebagai pH netral, di bawah 7 larutan disebut sebagai pH asam sedangkan di atas 7 larutan disebut sebagai pH basa. Parameter pH juga dapat mempengaruhi reaksi dan aktivitas biologi yang terdapat pada air. Pengukuran pH dapat dilakukan dengan alat pH meter.

4) Parameter Konduktivitas/ Electrical Conductivity (EC)

Konduktivitas listrik merupakan kemampuan suatu larutan dalam menghantarkan arus listrik. Konduktivitas suatu larutan dapat ditentukan berdasarkan jumlah ion yang terdapat dalam larutan. Semakin besar jumlah padatan terlarut (TDS) yang terdapat di dalam air limbah maka kemungkinan jumlah ion dalam air limbah juga akan semakin besar, sehingga nilai konduktivitas listrik juga akan semakin besar. Jika nilai konduktivitas listrik pada suatu air tinggi, maka kualitas air tersebut akan semakin buruk. Pengukuran konduktivitas suatu air dapat diukur menggunakan alat EC meter.

b. Karakteristik kimia

Karakteristik air tercemar secara kimia dapat diukur melalui beberapa parameter, di antaranya sebagai berikut.

1) Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological oxygen demand atau kebutuhan oksigen biologis merupakan jumlah oksigen yang terdapat di dalam air yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk memecah, mendegradasi dan mengoksidasi limbah organik yang terdapat di dalam air.

2) Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) Merupakan jumlah kebutuhan oksigen yang terdapat di dalam air yang digunakan dalam proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang terdapat di dalam air limbah.

c. Karakteristik biologi

Karakteristik air tercemar secara biologi dapat diukur melalui banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah.

2. Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengolah air limbah dengan memanfaatkan suatu tumbuhan sebagai alat untuk menyerap dan mendegradasi kadar pencemar yang terdapat pada air limbah.⁸ Istilah fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu phyto (tumbuhan), yang mempunyai arti yang dilekatkan pada akar dan remedium yang berarti untuk memperbaiki atau menghilangkan kejahatan. Fitoremediasi merupakan bentuk teknologi alternatif yang dapat digunakan bersama dengan teknologi pembersihan konvensional mekanis atau dapat menggantikan teknologi pembersihan konvensional mekanis yang seringkali memerlukan input modal tinggi dan padat karya serta energi. Fitoremediasi menggunakan tumbuhan dapat membantu membersihkan berbagai jenis polusi termasuk logam, pestisida, bahan

⁸ Mirwan and Puspita, "Fitoremediasi Limbah Laundry Menggunakan Tanaman Mesiang (*Actinoscirpus Grossus*) Dan Lembang (*Thypa Angustifolia* L.)."

peledak, dan minyak.⁹ Dalam aplikasinya, fitoremediasi dianggap efektif sebagai teknologi alternatif yang digunakan untuk mengolah zat pencemar organik maupun non organik yang terdapat di dalam air limbah.¹⁰

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa tumbuhan yang berpotensi sebagai fitoremediator. Di antara tumbuhan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Daftar beberapa tumbuhan yang berpotensi sebagai fitoremediator

| Nama Tumbuhan | Nama Spesies | Potensi Fitoremediator |
|----------------------|-----------------------------|--|
| Alang-alang | <i>Imperata cylindrica</i> | Berpotensi dalam mengekstraksi Zn dari tanah tercemar dan Menyerap Pb dari tanah yang terkontaminasi ¹¹ |
| Tumbuhan obor | <i>Typha latifolia</i> | Berpotensi dalam menurunkan konsentrasi polutan berupa konsentrasi COD dalam air limbah ¹² |
| Eceng Gondok | <i>Eichhornia crassipes</i> | Berpotensi dalam menurunkan kadar besi (Fe), timah hitam (Pb) |

⁹ Geo Aghni Bintang Sukono et al., “Mekanisme Fitoremediasi: Review,” *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)* 2, no. 2 (2020): 40–47.

¹⁰ Mirwan and Puspita, “Fitoremediasi Limbah Laundry Menggunakan Tanaman Mensiang (*Actinoscirpus Grossus*) Dan Lembang (*Thypha Angustifolia* L.).”

¹¹ Diah Rochana Puspitasari, Anne Nuraini, and Sumadi, “Keanekaragaman Tumbuhan Fitoremediasi Di Ekosistem Riparian DAS Citarum,” *Jurnal Paspalum* 7, no. 2 (2019): 24–33.

¹² Ernastin Maria, “Penyisihan COD Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Fitoremediasi Pada SSF-Wetland Menggunakan Tanaman Obor (*Typha Latifolia*) Dan Tanaman Tasbih (*Canna Indica*.L),” *Jurnal Rekayasa Lingkungan* 19, no. 1 (2020): 1–9, <https://doi.org/10.37412/jrl.v19i1.16>.

| | | |
|-------------------|-------------------------------|---|
| | | dan mangan (Mn) yang terdapat dalam air limbah ¹³ |
| Semanggi Air | <i>Marsilea crenata</i> | Berpotensi dalam menurunkan kadar TSS pada limbah cair. ¹⁴ |
| Tumbuhan Mensiang | <i>Actinoscirpus grossus</i> | Berpotensi dalam menurunkan kadar pencemar berupa Surfaktan, Fosfat, BOD dan TSS yang terdapat pada air limbah. ¹⁵ |
| Tumbuhan Tasbih | <i>Canna indica l</i> | Berpotensi dalam menurunkan konsentrasi polutan berupa konsentrasi COD dalam air limbah ¹⁶ |
| Lembang | <i>Thypha angustifolia l.</i> | Berpotensi dalam menurunkan kadar pencemar berupa Surfaktan, Fosfat, BOD dan TSS yang terdapat di dalam limbah laundry. ¹⁷ |
| Teki | <i>Cyperus rotundus</i> | Berpotensi dalam menurunkan kadar fosfat dan COD yang terdapat pada limbah cair laundry. ¹⁸ |

¹³ Suryanti, "Efektifitas Tumbuhan Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Fitoremediasi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe), Timah Hitam (Pb), Mangan (Mn) Pada Leachate TPA."

¹⁴ Musapana, Dewi, and Rahayu, "Efektivitas Semanggi Air (*Marsilea Crenata*) Terhadap Kadar TSS Pada Fitoremediasi Limbah Cair Tahu."

¹⁵ Mirwan and Puspita, "Fitoremediasi Limbah Laundry Menggunakan Tanaman Mensiang (*Actinoscirpus Grossus*) Dan Lembang (*Thypha Angustifolia L.*)"

¹⁶ Maria, "Penyisihan COD Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Fitoremediasi Pada SSF-Wetland Menggunakan Tanaman Obor (*Typha Latifolia*) Dan Tanaman Tsbih (*Canna Indica.L.*)"

¹⁷ Mirwan and Puspita, "Fitoremediasi Limbah Laundry Menggunakan Tanaman Mensiang (*Actinoscirpus Grossus*) Dan Lembang (*Thypha Angustifolia L.*)"

¹⁸ E. P, T. Joko, and H. D, "Efektifitas Constructed Wetlands Tipe Subsurface Flow System Dengan Menggunakan Tanaman *Cyperus Rotundus*

Selain tumbuhan yang mempunyai potensi sebagai fitoremediator yang disebutkan pada tabel di atas, masih banyak lagi berbagai tumbuhan yang berpotensi sebagai fitoremediator yang diuji melalui beberapa penelitian.

Adapun beberapa tahapan yang dilakukan dalam proses fitoremediasi adalah sebagai berikut.¹⁹

a. Penanaman tumbuhan

Tahap ini dilakukan dengan cara mengambil tanaman fitoremediator yang telah dewasa dari lingkungan aslinya dan ditanam pada media / reaktor fitoremediasi. Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan tanaman uji yang telah beradaptasi pada media tanam dan media uji yang akan digunakan pada proses uji fitoremediasi.

b. Aklimatisasi

Setelah ditanam kemudian dilakukan aklimatisasi terhadap tumbuhan. Aklimatisasi dilakukan dengan membiarkan tumbuhan selama beberapa hari agar tumbuhan mampu beradaptasi dengan media fitoremediasi.

c. Proses Fitoremediasi

Pada tahap ini tanaman yang telah diaklimatisasi, mulai diberikan air limbah. Pada tahapan ini tanaman mulai bekerja dengan menyerap kadar polutan yang ada pada air limbah tersebut

3. *Constructed Wetland*

Constructed wetland merupakan sebuah lahan basah buatan, sebagai media yang dapat digunakan dalam proses pengolahan air limbah dengan menggunakan metode fisika, kimia dan biologi dalam sebuah ekosistem dengan memanfaatkan proses filtrasi, adsorpsi, sedimentasi, pertukaran ion dan penguraian

Untuk Menurunkan Kadar Fosfat Dan Cod Pada Limbah Cair Laundry,” *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* 5, no. 1 (2017): 444–449.

¹⁹ Mirwan and Puspita, “Fitoremediasi limbah Laundry Menggunakan Tanaman Mensiang (*Actinoscirpus Grossus*) DAN Lembang (*Thypha Angustifolia L.*)”

mikroba.²⁰ Teknologi lahan basah buatan adalah salah media pengolahan air limbah yang dapat diaplikasikan melalui metode fitoremediasi dengan menggunakan tanaman yang berpotensi sebagai fitoremediator. Penggunaan *constructed wetland* sebagai media pengolahan air dianggap relatif lebih murah dan mudah karena lahan yang digunakan relatif lebih kecil, sehingga sangat cocok diaplikasikan dimana saja, khususnya di daerah perkotaan yang terkendala dengan keterbatasan lahan.²¹

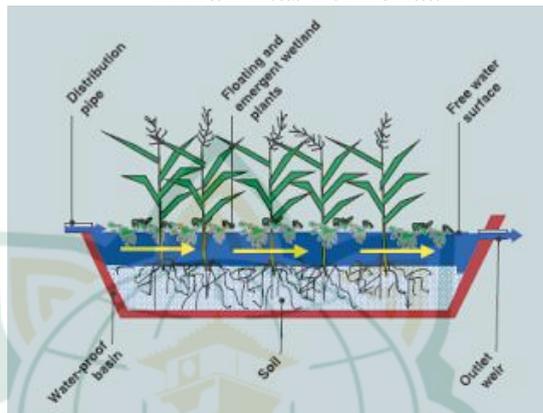
Adapun jenis-jenis *constructed wetland* berdasarkan alirannya dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut.

- a. *Constructed wetland* dengan aliran permukaan (*free water surface constructed wetland multilayers/FWS*)
Constructed wetland dengan aliran atas permukaan (*free water surface constructed wetland multilayers/FWS*) merupakan media pengolahan air limbah dengan sistem pengolahannya terjadi di atas permukaan air dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan yang mengambang. Bentuk *constructed wetland* dengan aliran atas permukaan (*free water surface constructed wetland multilayers/FWS*) dapat dilihat pada Gambar 2.1.

²⁰ Adi Buldan Rayaganda Rito, "Pemanfaatan *Constructed Wetland* Sebagai Bagian Dari Rancangan Lanskap Ruang Publik Yang Berwawasan Ekologis Studi Kasus Houtan Park China."

²¹ Maliga, Asdak, and Winata, "Analisis Keberlanjutan Pengendalian Pencemaran Air Limbah Domestik Greywater Menggunakan Teknologi Lahan Basah Buatan."

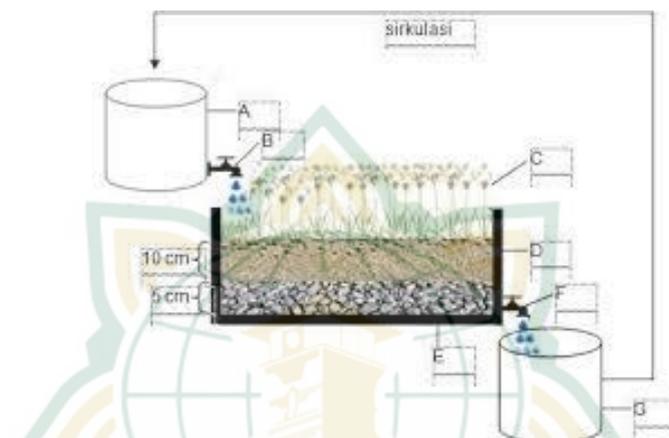
Gambar 2.1 Bentuk *Constructed wetland* Dengan Aliran Atas Permukaan



- b. *Constructed wetland* aliran bawah permukaan (*Subsurface Flow Constructed wetlands/SSF*)

Constructed wetland aliran bawah permukaan (*Subsurface Flow Constructed wetlands/SSF*) merupakan media pengolahan air limbah dengan sistem pengolahan air yang bekerja di dasar permukaan dengan menggunakan akar tumbuhan dan media seperti pasir, kerikil dan batuan halus. Prinsip kerja sistem pengolahan limbah dengan sistem *Subsurface Flow Constructed wetlands* yaitu dengan memanfaatkan simbiosis antara tumbuhan dengan mikroorganisme yang terdapat di dalam media di sekitar akar (*Rhizosphere*) tumbuhan. Sistem media *constructed wetland* aliran bawah permukaan dibedakan berdasarkan arah alirannya, yang terdiri dari aliran horizontal atau vertikal. Bentuk *Constructed wetland* aliran bawah permukaan (*Subsurface Flow Constructed wetlands/SSF*) dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Gambar 2.2 Bentuk *Constructed Wetland* Aliran Bawah Permukaan



Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi sistem *constructed wetland* dalam proses pengolahan air limbah, yakni media, tanaman, mikroorganisme dan temperatur.²²

4. Model Pembelajaran STEM-PJBL

STEM merupakan sebuah pembelajaran lintas disiplin ilmu yang mengintegrasikan antara ilmu sains, teknologi, engineering dan matematika.²³ Sedangkan PJBL (*Project Based Learning*) menurut Kemendikbud merupakan sebuah model pembelajaran, yang mana dalam proses pembelajarannya menggunakan suatu proyek, dan berpusat pada siswa (*Student centered*).²⁴ Berdasarkan teori pengajaran konstruktivis, dengan mengintegrasikan pengetahuan interdisipliner ilmu antara pengetahuan, teknologi, teknik dan matematika

²² Astuti et al., “Kinerja Subsurface Constructed Wetland Multylayer Filtration Tipe Aliran Vertikal Dengan Menggunakan Tanaman Akar Wangi (*Vetivera Zozanoides*) Dalam Penyisihan BOD Dan COD Dalam Air Limbah Kantin.”

²³ Srigati, “Uji Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) -STEM Untuk Meningkatkan Literasi Sains Pada Siswa MTsN 28 Jakarta Timur.”

²⁴ Ines Dwi Astuti, Toto Toto, and Lia Yulisma, “Model Project Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Aktivitas Belajar Siswa,” *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi* 11, no. 2 (2019): 93, <https://doi.org/10.25134/quagga.v11i2.1915>.

(STEM) melalui strategi pembelajaran berbasis proyek dapat memberikan siswa dalam sebuah situasi pembelajaran, yang mana mereka dapat secara aktif mengeksplorasi pengalamannya secara nyata dan mencari solusi atas permasalahan yang terdapat dalam kehidupan nyata untuk menumbuhkan pemikiran kreatif dan keterampilan langsung.²⁵

Implementasi kegiatan pembelajaran dengan model STEM-PJBL dapat dilakukan berdasarkan sintaks model pembelajaran STEM-PJBL yang terdiri dari 5 tahapan yaitu sebagai berikut :²⁶

a. *Reflection*

Pada tahap ini siswa dibawa ke dalam konteks masalah dan menginspirasi siswa untuk segera untuk menyelidiki permasalahan tersebut.

b. *Research*

Pada tahap ini siswa mengumpulkan berbagai informasi yang menunjang penelitian yang akan dilakukan untuk membuat produk yang akan digunakan untuk mengatasi sebuah permasalahan.

c. *Discovery*

Pada tahap siswa mengumpulkan penemuan-penemuan mengenai produk yang akan dibuat melalui proses analisis dan evaluasi. Kemudian dilanjutkan dengan menyusun rencana pembuatan proyek atau sebuah produk inovasi baru dengan merumuskan tujuan, menyusun langkah kerja, menyusun anggaran biaya, serta menentukan alat bahan yang diperlukan.

d. *Aplication*

Pada tahap ini siswa terjadi mulai mencipta sebuah produk yang telah direncanakan secara kolaboratif. Selain itu pada tahap ini juga terjadi proses evaluasi karena setelah pembuatan produk

²⁵ Sukmawijaya and Juhanda, "Pengaruh Model Pembelajaran STEM-PJBL Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Pada Materi Pencemaran Lingkungan."

²⁶ Ade Fitriyani, Toto Toto, and Euis Erlin, "Implementasi Model PjBL-STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi," *Bioed : Jurnal Pendidikan Biologi* 8, no. 2 (2020): 1–6, <https://doi.org/10.25157/jpb.v8i2.4375>.

siswa menguji hasil produk sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan, kemudian hasil yang diperoleh digunakan untuk memperbaiki langkah sebelumnya.

e. *Communication*

Pada tahap ini siswa dituntut untuk mengkomunikasikan hasil proyek yang telah dibuat. Pada tahap ini juga terjadi proses analisis dan evaluasi, mengenai melalui kegiatan diskusi.

5. Keterampilan Proses Sains

Keterampilan proses sains merupakan keterampilan khusus yang memperlumuh pembelajaran sains, mengaktifkan siswa, mengembangkan rasa tanggung jawab siswa dalam pembelajaran mereka sendiri, meningkatkan kebermaknaan belajar, serta mengajari siswa metode penelitian.²⁷ Keterampilan proses sains terdiri atas 5 aspek penting yaitu sebagai berikut.²⁸

a. Observasi

Observasi merupakan keterampilan paling utama yang digunakan dalam mempelajari sains, melalui kegiatan observasi siswa akan diberikan kebebasan untuk mengeksplorasi dan mencari tahu hal yang berkaitan dengan apa yang akan diteliti. Penggunaan panca indera dalam kegiatan observasi memberi kesempatan siswa untuk mencari tahu ukuran, bentuk, warna, tekstur dan hal-hal lain yang dapat menambah informasi bagi anak untuk menemukan jawaban.

b. Membandingkan (*comparing*)

Membandingkan merupakan keterampilan yang digunakan dalam melihat persamaan atau perbedaan suatu objek yang sedang diamati. Keterampilan membandingkan dilakukan setelah siswa melakukan kegiatan observasi untuk

²⁷ Murni Murni, "Profil Keterampilan Proses Sains Siswa Dan Rancangan Pembelajaran Untuk Melatihkannya," *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika* 6, no. 1 (2018): 118.

²⁸ Susanti, *Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Melalui Pendekatan Inkuiri*.

menemukan berbagai informasi mengenai suatu benda atau hal yang sedang diteliti.

c. Mengklasifikasikan (*classifying*)

Mengklasifikasikan merupakan keterampilan yang digunakan oleh siswa untuk mengelompokkan atau memilah suatu objek berdasarkan kategori tertentu. Dalam kegiatan mengklasifikasi siswa tidak hanya mengamati tapi berpikir untuk mengklasifikasikan benda berdasarkan bentuk, warna, ukuran dan sebagainya.

d. Mengukur (*measuring*)

Mengukur merupakan kegiatan menghitung atau mendeskripsikan jumlah berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan. Hasil pengukuran dapat berupa angka, jarak, waktu, volume dan suhu.

e. Mengkomunikasikan (*communicating*)

Mengkomunikasikan (*communicating*) merupakan kemampuan siswa dalam menceritakan proses yang telah dilakukan dalam menemukan hasil temuannya, berupa pendapat/ide-ide atau pemecahan masalah yang diperoleh siswa dari penelitian yang telah siswa lakukan.

6. Desain Proyek Pembelajaran

Dalam bahasa sehari-hari kata desain di artikan sebagai sebuah kegiatan perancangan, perencanaan atau gagasan.²⁹ Kemudian proyek adalah suatu kegiatan yang dilakukan dengan waktu dan sumber daya terbatas untuk mencapai hasil akhir (produk) yang ditentukan.³⁰ Sedangkan pembelajaran merupakan bantuan yang diberikan pendidik agar dapat terjadi proses pemerolehan ilmu dan pengetahuan, penguasaan kemahiran dan tabiat, serta pembentukan sikap dan kepercayaan pada peserta didik.³¹ Dari penjabaran ketiga kata tersebut dapat kita pahami bahwa desain proyek pembelajaran merupakan sebuah rancangan dalam pembuatan sebuah produk yang

²⁹ M.Pd. Muhajirin, "Desain Produk, Pengertian Dan Ruang Lingkupnya," *Desain Produk, Pengertian Dan Ruang Lingkupnya* (2017): 9.

³⁰ Hafnidar A Rani, "Manajemen Proyek Konstruksi" (2016): 99.

³¹ Wardana Ahdar Djamaluddin, *Belajar Dan Pembelajaran 4 Pilar Peningkatan Kompetensi Pedagogis*, 2019.

digunakan untuk membantu siswa dalam memperoleh ilmu dan pengetahuan. Pada penelitian ini proyek pembelajaran yang rancang adalah sebuah produk desain *constructed wetland* yang digunakan untuk fitoremediasi limbah domestik.

Melalui pembelajaran berbasis proyek siswa diharapkan dapat menentukan sendiri proses pembelajarannya secara kolaboratif, melakukan penelitian yang berhubungan dengan permasalahan yang ada di sekitar mereka dan membuat sebuah produk kreatif untuk mengatasi permasalahan tersebut sesuai dengan pengetahuan yang mereka miliki.³² Thomas (2000) menetapkan bahwa terdapat 5 kriteria suatu pembelajaran dapat disebut sebagai pembelajaran berbasis proyek. 5 kriteria tersebut yaitu sebagai berikut.³³

a) Keterpusatan (*centrality*)

Keterpusatan (*centrality*) yaitu proyek yang terdapat dalam pembelajaran berbasis proyek merupakan pusat atau inti kurikulum, bukan pelengkap kurikulum.

b) Berfokus pada pertanyaan atau masalah

Berfokus pada pertanyaan atau masalah yaitu proyek yang dibuat di latar belakang pada suatu pertanyaan atau permasalahan.

c) Investigasi konstruktif atau desain

Investigasi konstruktif atau desain yaitu dalam pembelajaran berbasis proyek terdapat aktivitas investigasi konstruktif atau mendesain sehingga melalui aktifitas tersebut diharapkan dapat menransformasi dan mengkonstruksi pengetahuan siswa.

³² Robert F. Krueger and Kristen C. Kling, "Proyek Buku Digital: Upaya Peningkatan Keterampilan Abad 21 Calon Guru Sekolah Dasar Melalui Model Pembelajaran Berbasis Proyek," *Encyclopedia of Psychology*, Vol. 7., 2004, 220–24, <https://doi.org/10.1037/10522-098>.

³³ Herminarto Sofya, "Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Bidang Kejuruan," *cakrawala Pendidikan* (2006).

d) Otonomi

Otonomi yaitu proyek yang terdapat dalam pembelajaran berbasis proyek dapat dibuat oleh siswa, sehingga siswa dapat bertanggung jawab atas atas proyek yang sedang dikerjakan.

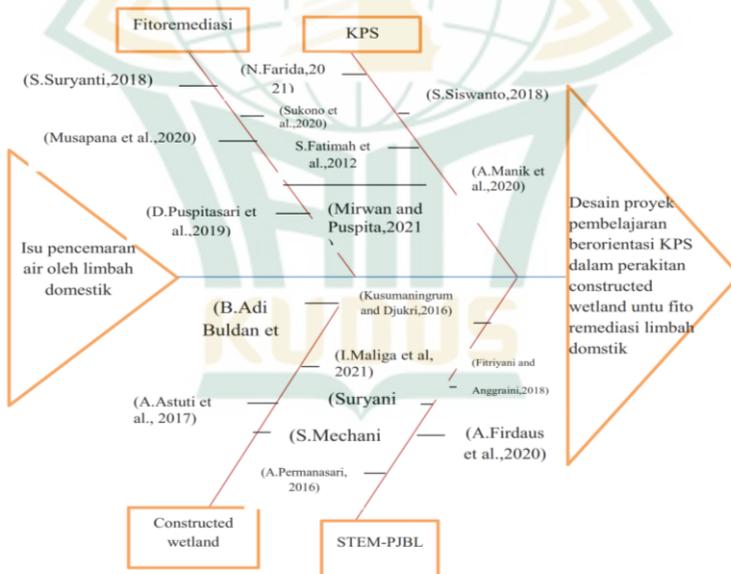
e) Realistik

Realistik yaitu proyek berfokus pada pertanyaan atau masalah otentik yang ada di kehidupan nyata, pemecahannya berpotensi untuk diterapkan di lapangan sesungguhnya.

B. Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini disajikan dalam Gambar 2.3.

Gambar 2.3 Diagram Fishbone Penelitian Terdahulu



Penjelasan dari penelitian terdahulu diuraikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

| No | Nama Peneliti | Hasil Penelitian |
|----|-------------------------|--|
| 1. | Suryanti,2018 | Eceng gondok mampu menurunkan kadar besi (Fe), timah hitam (Pb) dan mangan (Mn) pada leachate dengan lama waktu kontak 6 hari. ³⁴ |
| 2. | Sukono et al.,2020 | Tanaman dapat membantu membersihkan berbagai jenis polusi termasuk logam, pestisida, bahan peledak, dan minyak. ³⁵ |
| 3. | Musapana et al.,2020 | Semanggi air efektif dalam penurunan kadar TSS limbah cair tahu. ³⁶ |
| 4. | Mirwan and Puspita,2021 | Penyisihan Surfaktan dan BOD pada reaktor lembang sebesar 97,26% dan 84,94%. Penyisihan Fosfat dan TSS pada reaktor mensiang sebesar 98,38% dan 93,81% pada reaktor Mensiang. Waktu tinggal optimal adalah 9 hari. ³⁷ |
| 5. | Puspitasari et | Ditemukan tumbuhan bawah yang berpotensi sebagai |

³⁴ Suryanti, "Efektifitas Tumbuhan Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Sebagai Fitoremediasi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe), Timah Hitam (Pb), Mangan (Mn) Pada Leachate TPA."

³⁵ Sukono et al., "Mekanisme Fitoremediasi: Review."

³⁶ Musapana, Dewi, and Rahayu, "Efektivitas Semanggi (*Marsilea Crenata*) Terhadap Kadar TSS Fitoremediasi Limbah Cair Tahu."

³⁷ Mirwan and Puspita, "Fitoremediasi Limbah Laundry Menggunakan Tanaman Mensiang (*Actinoscirpus Grossus*) Dan Lembang (*Thypha Angustifolia* L.)."

| | | |
|----|-----------------------|--|
| | al.,2019 | fitoremediasi diantaranya rumput teki (<i>Cyperus rotundus</i>), Beluntas (<i>Pluchea indica</i>), Alang-alang (<i>Imperata cylindrica</i>), Jejarongan (<i>Chloris barbata</i>), Rumput gajah (<i>Cyperus rotundus</i>), dan Bayam duri (<i>Amaranthus spinosus</i>). ³⁸ |
| 6. | Buldan et al.,2017 | <i>Constructed wetland</i> tidak hanya dimanfaatkan sebagai sarana pembersihan air, namun menjadi bagian dari area lansekap ruang publik yang dapat dinikmati dan membuat pengunjung lebih dekat dengan alam dan lingkungan yang berkualitas. ³⁹ |
| 7. | Maliga et al, 2021 | Metode pengelolaan air limbah domestik dengan teknologi lahan basah buatan dapat menjadi alternatif untuk mengendalikan pencemaran air limbah domestik. ⁴⁰ |
| 8. | A.Astuti et al., 2017 | Pengolahan air limbah kantin dengan menggunakan subsurface constructed |

³⁸ Puspitasari, Nuraini, and Sumadi, "Keanekaragaman Tumbuhan Fitoremediasi Di Ekosistem Riparian DAS Citarum."

³⁹ Adi Buldan Rayaganda Rito, "Pemanfaatan *Constructed Wetland* Sebagai Bagian Dari Rancangan Lansekap Ruang Publik Yang Berwawasan Ekologis Studi Kasus Houtan Park China."

⁴⁰ Maliga, Asdak, and Winata, "Analisis Keberlanjutan Pengendalian Pencemaran Air Limbah Domestik Greywater Menggunakan Teknologi Lahan Basah Buatan."

| | | |
|-----|------------------|--|
| | | wetland multilayers filtration tipe aliran vertikal dengan tanaman akar wangi efektif untuk menyisihkan konsentrasi BOD dan COD. ⁴¹ |
| 9. | S.Mechanics,2017 | <i>Constructed wetland</i> dengan media tanah gambut dan tanaman <i>Alisma plantago</i> bisa digunakan untuk mengolah limbah domestik ⁴² |
| 10. | Farida,2021 | Model pembelajaran sains berbasis proyek efektif digunakan untuk meningkatkan keterampilan proses sains anak usia 5-6 tahun. ⁴³ |
| 11. | Siswanto,2018 | Hasil penelitian menunjukkan bahwa melalui penerapan scientific project learning, terdapat peningkatan keterampilan proses sains siswa secara signifikan ⁴⁴ |

⁴¹ Astuti et al., “Kinerja Subsurface Constructed Wetland Multylayer Filtration Tipe Aliran Vertikal Dengan Menggunakan Tanaman Akar Wangi (*Vetivera Zozanoides*) Dalam Penyisihan BOD Dan COD Dalam Air Limbah Kantin.”

⁴² Mechanics, “Pengolahan Air imbah Domestik Menggunakan Tanaman *Alisma Plantago* Dalam Sistem Lahan Bsah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-WETLAND) Amalia.”

⁴³ Niken Farida, “Stimulasi Keterampilan Proses Sains Anak Melalui Model Pembelajaran Sains Berbasis Proyek,” *Mitra Ash-Shibyan: Jurnal Pendidikan dan Konseling* 4, no. 01 (2021): 71–80.

⁴⁴ Siswanto Siswanto, “Scientific Project Learning: Bagaimana Model Pembelajaran Tersebut Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Dan Motivasi Siswa Terhadap Materi Fisika?,” no. 2006 (2018).

| | | |
|-----|-------------------------------|---|
| 12. | Fatimah et al.,2012 | Ada interaksi antara metode pembelajaran berbasis masalah dengan metode proyek terhadap keterampilan proses sains dan karakter sains ditinjau dari efikasi diri ⁴⁵ |
| 13. | Manik et al.,2020 | Melalui pembelajaran berbasis proyek siswa telah memiliki semua indikator keterampilan proses sains yang termasuk kategori baik ⁴⁶ |
| 14. | Kusumaningrum and Djukri,2016 | Perangkat pembelajaran biologi dengan model PjBL yang efektif untuk meningkatkan keterampilan proses sains dan kreativitas siswa pada aspek berpikir kreatif siswa. ⁴⁷ |
| 15. | Fitriyani and Anggraini,2018 | Terdapat pengaruh keterampilan proses sains peserta didik dengan menggunakan model |

⁴⁵ Siti Fatimah, "Analisis Karakter Sains Dan Keterampilan Proses Sains Ditinjau Dari Efikasi Diri Pada Pembelajaran Ipa Berbasis Masalah Melalui Metode Proye," *Prosiding FKIP* (2017).

⁴⁶ Manik, Suryaningsih, and Muslim, "Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Konsep Koloid Untuk Pengembangan Keterampilan Proses Sains Siswa Evi."

⁴⁷ Sih Kusumaningrum and Djukri Djukri, "Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Project Based Learning (PjBL) Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Dan Kreativitas," *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA* 2, no. 2 (2016): 241.

| | | |
|-----|-------------------------------|--|
| | | pembelajaran berbasis proyek. ⁴⁸ |
| 16. | Suryaningsih and Fakhira,2021 | Integrasi pembelajaran STEAM project selama proses pembelajaran mampu menunjang keterampilan proses sains dan keterampilan berpikir kreatif siswa, literasi sains dan digital, serta keterampilan motorik siswa. ⁴⁹ |
| 17. | Firdaus et al.,2020 | Hasil penelitian menunjukkan bahwa PjBL dapat meningkatkan keterampilan proses sains ⁵⁰ |
| 18. | Permanasari, 2016 | Pembelajaran STEM dapat meningkatkan literasi sains, kreativitas, dan kemampuan memecahkan masalah ⁵¹ |

⁴⁸ Laila Okta Fitriyani and Welly Anggraini, "Project Based Learning : Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik di Tanggamus Project Based Learning : The Effect On Student's Science Process Skill In Tanggamus Keseluruhan Keterampilan Ilmiah Yang Kelebihi Yaitu Menjadikan Sisw.," *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education* 01, no. November (2018): h. 243-253.

⁴⁹ Siti Suryaningsih and Fakhira Ainun Nisa, "Kontribusi STEAM Project Based Learning Dalam Mengukur Keterampilan Proses Sains Dan Berpikir Kreatif Siswa," *Jurnal Pendidikan Indonesia* 2, no. 6 (2021): 1097–1111.

⁵⁰ Anthony Firdaus, Yula Miranda, and Soaloon Sinaga, "Implementasi Model PjBL Terhadap Peningkatan Keterampilan Proses Sains Dan Sikap Ilmiah Siswa Kelas VIII SMP," *Journal of Environment and Management* 1, no. 3 (2020): 259–266.

⁵¹ Anna Permanasari Guru Besar Bidang Pendidikan Kimia UPI, *STEM Education: Inovasi Dalam Pembelajaran Sains*, n.d.

C. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Gambar 2.4 Kerangka Berfikir

