

BAB II LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Media Pembelajaran

Kata media berasal dari bahasa latin dan merupakan bentuk jamak dari kata “medium” yang secara harfiah berarti “perantara” atau “pengantar”. Media adalah perantara atau pengantar pesan dari pengirim ke penerima pesan¹.

Media dalam bahasa Arab adalah *wasā'il/wasīlah* (وسيلة/وساءل), *wasā'il* merupakan jamak dari kata *wasīlah* yang berarti perantara atau pengantar. Kata perantara itu sendiri berarti mengantari kedua sisi atau berada di antara dua sisi tersebut. Karena posisinya yang berada di tengah-tengah sisi, ia bisa disebut juga sebagai pengantar atau penghubung, yakni mengatarkan, menghubungkan atau menyalurkan sesuatu dari satu sisi ke sisi lainnya².

Media merupakan alat bantu pembelajaran yang dapat bertindak sebagai penyalur informasi secara langsung ataupun tidak langsung dalam proses pembelajaran, dengan menggunakan media diharapkan akan dapat mempermudah siswa dalam memahami dan menerima ilmu pengetahuan secara efektif dan efisien. Pembelajaran akan lebih mudah dipahami dengan adanya media pembelajaran³.

Menurut Hamidjojo yang dimaksud media adalah semua bentuk perantara yang dipakai oleh penyebar ide, sehingga gagasan itu sampai kepada penerima. Sedangkan, McLuhan memberikan batasan yang intinya bahwa media adalah sarana yang disebut saluran, karena pada hakekatnya media telah memperluas dan memperpanjang kemampuan manusia untuk merasakan, melihat dan mendengar dalam batas jarak dan waktu tertentu, kini dengan bantuan media batas-batas itu hampir menjadi tidak ada. Selanjutnya Blacks dan Horalsen

¹ Muhammad Ramli, *Media Dan Teknologi Pembelajaran*, 2013.

² Abdul Haris Pito, “Konsep Media Pembelajaran Dalam Perspektif Alquran,” *Ilmuna: Jurnal Studi Pendidikan Agama Islam* 3, no. 2 (2021): 87–101.

³ dan Adriyani Wilda Syahri, “Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Pada Materi Elektrokimia Untuk Kelas XII SMA N 8 Kota Jambi Dengan Menggunakan Software Prezi,” *J. Ind. Soc. Integ. Chem* 6, no. 1 (2014): 13–22.

berpendapat, media adalah medium atau saluran komunikasi yang digunakan untuk membawa dan menyampaikan suatu pesan, dimana medium merupakan jalan atau alat yang mana suatu pesan dapat berjalan antara komunikator ke komunikan⁴.

Menurut AECT (*Association of Education and Communication Technology*) yang dikutip oleh Basyaruddin “media adalah segala bentuk yang dipergunakan untuk proses penyaluran informasi”. Sedangkan menurut Muhammad Taufik Syastra dan Steffi Adam bahwa media pembelajaran adalah segala sesuatu baik berupa fisik ataupun teknis dalam proses pembelajaran yang dapat membantu guru untuk mempermudah dalam menyampaikan materi pelajaran kepada siswa sehingga memudahkan dalam pencapaian tujuan pembelajaran yang telah dirumuskan. Selanjutnya Joni Purwono, dkk menjelaskan bahwa media pembelajaran memiliki peranan yang penting dalam menunjang kualitas proses pembelajaran. Media juga dapat membuat pembelajaran lebih menyenangkan dan menarik. Dari pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran adalah alat bantu dalam proses pembelajaran untuk merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan ketrampilan atau kemampuan siswa sehingga dapat mendorong terjadinya proses belajar yang baik⁵.

Media pembelajaran sangat diperlukan dalam proses pembelajaran, media yang berupa dapat dilihat, didengar dan dirasakan, maksudnya media yang dapat membangkitkan perasaan dan emosional siswa. Hal ini karena pembentukan kepribadian manusia tergantung atau bersumber dari apa yang dilihat, didengar dan dirasakan, sebagaimana firman Allah⁶:

⁴ M Miftah, “Fungsi, Dan Peran Media Pembelajaran Sebagai Upaya Peningkatan Kemampuan Belajar Siswa,” *Jurnal KWANGSAN* 1, no. 2 (2013): 95–105.

⁵ Tafonao, “Peranan Media Pembelajaran Dalam Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa.”

⁶ Mihmidaty Ya’cub, “Media Pendidikan Perspektif Al Quran Hadits Dan Pengembangannya,” *CENDEKIA : Jurnal Studi Keislaman* 4, no. 2 (2018): 1–15.

ثُمَّ سَوَّاهُ وَنَفَخَ فِيهِ مِنْ رُوْحِهِ ۗ وَجَعَلَ لَكُمُ السَّمْعَ وَالْأَبْصَرَ
وَالْأَفْئِدَةَ ۗ قَلِيلًا مَّا تَشْكُرُونَ ﴿٩﴾

Artinya: “Kemudian Dia menyempurnakannya dan meniupkan roh (ciptaan)-Nya ke dalam (tubuh)nya dan Dia menjadikan pendengaran, penglihatan dan hati bagimu, (tetapi) sedikit sekali kamu bersyukur” (QS. As-Sajdah Ayat 9).

Ayat diatas menunjukkan bahwa sejak proses penciptaan manusia, Allah telah membekali manusia dengan pendengaran, penglihatan dan hati atau perasaan yang terus berkembang dan dikembangkan untuk mencapai kesempurnaannya, termasuk dalam proses pendidikan, dikembangkan fungsi dan dayanya untuk menguasai ilmu pengetahuan dengan menggunakan media pendidikan. Media pendidikan yang diterapkan Rasulullah pada masa itu, dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dunia pendidikan seiring dengan perkembangan IPTEK (ilmu pengetahuan dan teknologi) dalam pembelajaran Pendidikan Agama Islam sampai dengan sekarang.

Dari definisi media pembelajaran di atas, maka media pembelajaran sebenarnya melingkupi tiga jenis, yaitu (1) alat bantu mengajar, (2) alat peraga dalam mengajar, dan (3) sumber belajar. Di sisi lain media juga ada yang wujudnya konkret seperti kebendaan (papan tulis, buku, dan lain-lain) dan bersifat abstrak, seperti suara guru, muatan isi, dan lain-lain⁷.

Jadi pengertian media pembelajaran secara singkat dapat dikemukakan sebagai sesuatu, bisa berupa alat, bahan, atau keadaan yang digunakan sebagai perantara komunikasi dalam pembelajaran. Jadi ada tiga konsep yang mendasari batasan

⁷ Ramli, *Media Dan Teknologi Pembelajaran*.

media pembelajaran di atas yaitu konsep komunikasi, konsep sistem, dan konsep pembelajaran⁸.

2. KIT Ilmu Pengetahuan Alam

Komponen Instrumen Terpadu (KIT) praktikum merupakan media yang diproduksi dan dikemas dalam bentuk *box* yang berisi peralatan praktikum tentang materi tertentu⁹. Dalam penggunaan KIT praktikum ini siswa dapat mengaplikasikan teori yang diperoleh melalui bahan bacaan menjadi hal nyata yang dapat langsung dilihat proses kerjanya. KIT IPA adalah seperangkat alat/media yang digunakan untuk membantu pembelajaran dalam mencapai suatu tujuan pembelajaran IPA yang telah ditentukan melalui hasil percobaan atau penelitian dengan memanfaatkan bahan-bahan yang sederhana¹⁰.

KIT berupa alat praktikum yang sederhana sehingga siswa dapat melakukan percobaan secara individu ataupun berkelompok di dalam kelas. KIT ini dapat digunakan untuk mengembangkan ranah berpikir kognitif, afektif dan psikomotor. Diharapkan dengan menggunakan KIT, siswa dapat berpikir secara ilmiah dan mampu menganalisis temuan-temuannya selama melakukan percobaan ilmiah. KIT yang digunakan dalam pembelajaran diharapkan dapat membantu dalam proses pencapaian tujuan pembelajaran. KIT sebagai media pembelajaran merupakan salah satu sumber belajar yang digunakan sebagai penghubung pesan ajar yang didesain secara terencana oleh guru untuk menciptakan lingkungan belajar yang kondusif bagi siswa-siswanya¹¹.

⁸ Miftah, "Fungsi, Dan Peran Media Pembelajaran Sebagai Upaya Peningkatan Kemampuan Belajar Siswa."

⁹ Okimustava Novi Nursari1, "Pengembangan KIT Praktikum Termodinamika Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) Untuk Siswa Kelas XI SMA Negeri 1 Turi," *Universitas Ahmad Dahlan*, 2019.

¹⁰ Misno, "Ketuntasan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Pesawat Sederhana Kelas V SDN 2 Purwasana Kecamatan Punggelan Kabupaten Banjarnegara Misno Pendidikan Dasar," *Jurnal Review Pendidikan Dasar: Jurnal Kajian Pendidikan dan Hasil Penelitian* 3, no. 1 (2017): 358–363.

¹¹ Ratulani Juwita, "Pengembangan KIT Elektrokimia Kelas XII SMA."

KIT IPA merupakan alat peraga yang digunakan dalam membuktikan teori-teori IPA yang dihubungkan dengan lingkungan alam yang tujuannya mendorong siswa agar mampu mengembangkan potensi yang dimilikinya. Setiap siswa memiliki potensi yang beragam dalam diri masing-masing, potensi tersebut dapat membantu siswa dalam menemukan bidang minatnya masing-masing.

KIT IPA secara umum berupa kotak yang berisi alat-alat IPA. Seperangkat peralatan IPA tersebut mengarah pada kegiatan yang berkesinambungan atau berkelanjutan. Peralatan IPA yang dirancang menyerupai rangkaian peralatan uji coba ketrampilan proses ilmiah pada bidang studi IPA. Fungsi alat peraga dan KIT dalam pembelajaran tersebut adalah untuk membantu guru agar lebih mudah menyampaikan materi pelajaran dan siswa akan lebih mudah dalam memahami konsep yang diajarkan¹².

Penggunaan KIT IPA sebagai alat bantu dalam pembelajaran IPA dengan penggunaan metode eksperimen, diharapkan peserta didik dapat memaksimalkan pengetahuan dan keterampilan mereka dengan menggunakan alat-alat tersebut, seperti penggunaan kit mekanik pada pokok bahasan Hukum Newton, dan KIT model anatomi pada pokok bahasan rangka manusia¹³.

Fungsi alat peraga dan KIT pembelajaran secara garis besar dapat dibedakan mejadi beberapa bagian, yaitu: (1) Berguna untuk membantu mengatasi kemampuan, ruang, dan tenaga yang terbatas serta meningkatkan kualitas pembelajaran. (2) Berguna untuk memperjelas antara informasi yang disampaikan guru atau pendidik yang berupa kata-kata dengan alat atau media yang berbentuk benda. (3) Berguna untuk merangsang peningkatan motivasi siswa. (4) Memberi tekanan pada bagian-bagian yang penting. (5) Berguna untuk memudahkan siswa memahami teori, konsep

¹² Satria and Sari, "Penggunaan Alat Peraga Dan KIT IPA Oleh Guru Dalam Pembelajaran Di Beberapa Sekolah Dasar Di Kecamatan Padang Utara Dan Nanggalo Kota Padang."

¹³ Marlina Syam, Muhammad Arsyad, "Peranan Penggunaan KIT IPA Sebagai Alat Pembelajaran Dalam Upaya Meningkatkan Keterampilan Peserta Didik Kelas VIII4 SMP Negeri 1 Belawa Kabupaten Wajo."

atau prinsip. (6) Meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses belajar. (7) Memberi variasi dalam pembelajaran.¹⁴

Peranan KIT IPA dalam pembelajaran diantaranya: (1) merangsang pikiran, perhatian, perasaan, dan keinginan siswa dalam pembelajaran, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan bermakna. (2) mengaktifkan komunikasi dan interaksi antar guru dan siswa, antara siswa dengan siswa lain dalam pembelajaran. (3) membangkitkan keinginan dan minat belajar siswa. (4) memberikan pengalaman yang lebih nyata sehingga menumbuhkan kemandirian siswa. (5) membangun dasar-dasar untuk perkembangan belajar.¹⁵

3. Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam

Pembelajaran merupakan suatu sistem, yang terdiri atas berbagai komponen yang saling berhubungan satu dengan yang lain. Pembelajaran sebagai pengorganisasian atau pengaturan suatu kondisi lingkungan yang sebaik-baiknya dan memungkinkan terjadinya proses belajar pada siswa. Hamalik mengatakan pembelajaran adalah, “Suatu kombinasi yang tersusun meliputi unsur-unsur manusiawi, fasilitas, material, perlengkapan dan prosedur yang saling mempengaruhi dalam mencapai tujuan pembelajaran.” Beranjak dari pengertian belajar, maka dalam UU No.20 tahun 2003 tentang SISDIKNAS pasal 1 ayat 20 menyatakan bahwa, pembelajaran adalah proses interaksi siswa dengan guru dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Pembelajaran adalah proses, cara menjadikan orang atau makhluk hidup belajar. Susanto menyatakan, “Pembelajaran adalah kegiatan guru secara terprogram dalam desain instruksional, untuk membuat siswa belajar secara aktif, yang menekankan pada penyediaan sumber belajar.”¹⁶

¹⁴ Satria and Sari, “Penggunaan Alat Peraga Dan KIT IPA Oleh Guru Dalam Pembelajaran Di Beberapa Sekolah Dasar Di Kecamatan Padang Utara Dan Nanggalo Kota Padang.”

¹⁵ Noor Indah Simponi, “Optimasi Desain KIT Simponi Berbasis Etnosains Proses Produksi Garam Tradisional Yang Berorientasi Pada Literasi Ilmiah Untuk Siswa SMP/MTs Skripsi,” 2021.

¹⁶ Erwinsyah Satria, “Penggunaan Alat Peraga Dan Kit IPA Oleh Guru Dalam Pembelajaran Di Beberapa Sekolah Dasar Di Kecamatan Padang Utara Dan Nanggalo Kota Padang.”

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) atau *sains* merupakan ilmu yang mempelajari gejala-gejala alam yang meliputi makhluk hidup dan makhluk tak hidup atau *sains* tentang kehidupan dan *sains* tentang dunia fisik. Pengetahuan *sains* diperoleh dan dikembangkan dengan berlandaskan pada serangkaian penelitian yang dilakukan oleh *sainstis* dalam mencari jawaban pertanyaan "apa?", "mengapa?", dan "bagaimana?" dari gejala-gejala alam serta penerapannya dalam teknologi dan kehidupan sehari-hari¹⁷. IPA merupakan ilmu pengetahuan yang memiliki peran penting dalam peningkatan mutu pendidikan, khususnya dalam menghasilkan siswa yang berkualitas, yaitu manusia yang mampu berfikir kritis, logis, kreatif dan berinisiatif dalam menanggapi isu di masyarakat yang diakibatkan oleh dampak perkembangan IPTEK¹⁸.

Samatowa menyatakan bahwa IPA merupakan ilmu yang berhubungan dengan gejala alam dan kebendaan yang sistematis, tersusun secara teratur, berlaku umum yang berupa kumpulan dari hasil observasi dan eksperimen. Sistematis artinya pengetahuan itu tersusun dalam suatu sistem, tidak berdiri sendiri, satu dengan lainnya saling berkaitan, saling menjelaskan sehingga seluruhnya merupakan satu kesatuan yang utuh, sedang berlaku umum maksudnya pengetahuan itu tidak hanya berlaku atau oleh seseorang atau beberapa orang dengan cara eksperimentasi yang sama akan memperoleh hasil yang sama atau konsisten¹⁹.

Merujuk pada pengertian IPA, hakikat IPA meliputi empat unsur utama yaitu:

- a. Proses: prosedur pemecahan masalah melalui metode ilmiah, terdiri dari penyusunan hipotesis, perancangan

¹⁷ P Rahayu, S Mulyani, and S S Miswadi, "Pengembangan Pembelajaran IPA Terpadu Dengan Menggunakan Model Pembelajaran Problem Base Melalui Lesson Study," *JPII* 1, no. 1 (2012): 63–70.

¹⁸ Riko Maryandi, "Penggunaan KIT IPA Pada Materi Energi Panas Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas IV SD," *Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura Pontianak*, 2013.

¹⁹ Sulthon, "Pembelajaran IPA Yang Efektif Dan Menyenangkan Bagi Siswa Madrasah Ibtidaiyah (MI)," *ELEMENTARY* 4, no. 1 (2016): 1–58.

eksperimen, evaluasi, pengukuran dan penarikan kesimpulan.

- b. Sikap: sikap yang didasari seorang selama proses mendapatkan suatu pengetahuan
- c. Produk: berupa fakta, prinsip, teori dan hukum
- d. Aplikasi: penerapan metode ilmiah dan konsep IPA dalam kehidupan sehari – hari²⁰.

Pembelajaran IPA terpadu merupakan salah satu model implementasi kurikulum yang disarankan untuk diaplikasikan pada jenjang pendidikan dasar yaitu SD dan SMP. Pelaksanaan pembelajaran IPA terpadu membutuhkan profesionalisme guru yang memadai. Guru harus memiliki cukup ilmu dalam menyampaikan pengetahuan IPA secara utuh. Selain itu, dalam penyampaian IPA secara terpadu diperlukan suatu sarana yang berupa model pembelajaran dan perangkat pembelajaran yang sesuai²¹.

4. Elektrokimia

Elektrokimia merupakan bagian dari ilmu kimia yang mempelajari hubungan antara reaksi kimia dengan energi listrik. Ada banyak sekali fenomena kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan elektrokimia, seperti proses penyepuhan emas, batu baterai yang dapat menyalakan lampu senter, proses pengkaratan besi dan masih banyak yang lainnya. Dengan demikian dalam membelajarkan materi elektrokimia sebaiknya juga dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari²². Pokok bahasan elektrokimia memiliki keluasan dan kedalaman materi yang dikembangkan berdasarkan standar isi²³.

Sel elektrokimia adalah jenis sel yang menghasilkan listrik sebagai hasil dari reaksi kimia. Sel jenis ini disebut sel

²⁰ Farida Nur Kumala, *Pembelajaran IPA Sekolah Dasar* (Malang: Penerbit Ediiide Infografika, 2016).

²¹ Rahayu, Mulyani, and Miswadi, “Pengembangan Pembelajaran IPA Terpadu Dengan Menggunakan Model Pembelajaran Problem Base Melalui Lesson Study.”

²² Lisa Tania Intan Tiara Fani*, Noor Fadiawati, “E-Book Interaktif Pada Materi Elektrokimia Berbasis Fenomena Kehidupan Sehari-Hari,” *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia* 5, no. 2 (2016): 334–346.

²³ Ratulani Juwita, “Pengembangan KIT Elektrokimia Kelas XII SMA.”

volta atau sel galvani. Jenis lain dari sel adalah sel elektrolitik yang akan dipelajari di bagian lain. Sel elektrolitik adalah sel yang menghasilkan perubahan kimia yang tidak spontan. Menurut Parning, sel elektrokimia adalah sel (tempat) berlangsungnya proses elektrokimia, sel elektrokimia ada dua jenis yaitu sel volta dan sel elektrolisis²⁴.

5. Microbial Fuel Cells

Microbial Fuel Cells (MFCs) atau sel bahan bakar microbial, merupakan salah satu teknologi sel bahan bakar hayati yang memanfaatkan aktifitas mikroorganisme yang dapat mengubah secara langsung senyawa biokimia menjadi energi listrik. *Microbial Fuel Cells* (MFCs) adalah alat untuk mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik dengan bantuan reaksi katalis dari mikroorganisme²⁵.

Mikroorganisme dapat mengubah energi kimia yang tersimpan di dalam komponen organik menjadi energi listrik selama diinkubasi dalam *Microbial Fuel Cells* (MFCs), sehingga bakteri di dalam *Microbial Fuel Cells* (MFCs) bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan daya listrik selama mengonsumsi limbah²⁶.

Prinsip kerja *Microbial Fuel Cells* (MFCs) mirip dengan *hidrogen fuel cell*, yaitu proton dari ruang anoda disalurkan ke ruang katoda melalui membran elektrolit atau jembatan garam dan aliran elektron yang bergerak ke arah yang sama melalui kabel konduksi. Elektron merupakan partikel subatomik yang bermuatan negatif dimana elektron ini digunakan untuk menghasilkan listrik. Elektron dihasilkan

²⁴ Wilda Syahri, "Pengembangan Media Pembelajaran Kimia Pada Materi Elektrokimia Untuk Kelas XII SMA N 8 Kota Jambi Dengan Menggunakan Software Prezi."

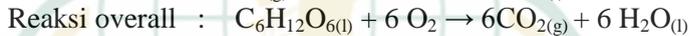
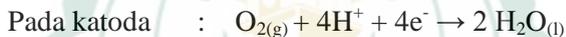
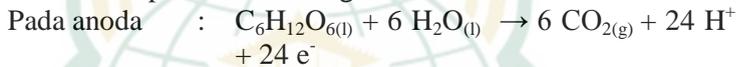
²⁵ Lintang Iradati et al., "Pengaruh Konsentrasi Chemical Biological Demand (COD) Dan Ragi Terhadap Kinerja Dual Chamber Microbial Fuel Cells (DC-MFCs)," *Program Studi Teknik Lingkungan Undip*, 2013.

²⁶ Bustami Ibrahim, Pipih Suptijah, and Zhalindri Noor Adjani, "Kinerja Microbial Fuel Cell Penghasil Biolistrik Dengan Perbedaan Jenis Elektroda Pada Limbah Cair Industri Perikanan," *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 20, no. 2 (2017): 296.

dari metabolisme secara natural yang terjadi dimikroorganisme²⁷.

Microbial Fuel Cells (MFCs) mampu untuk memberikan penurunan COD lebih dari 90% serta merupakan teknologi bersih, aman, efisiensi energi yang tinggi, emisi rendah, dan kemudahan dalam operasi. Beberapa komponen yang mempengaruhi kerja dari *Microbial Fuel Cells* (MFCs) adalah substrat yang digunakan, jenis dan luas penampang elektroda, material pembuat jembatan garam, internal resistant dan lainnya²⁸.

Reaksi yang berlangsung pada *Microbial Fuel Cells* (MFCs) dengan substrat berupa glukosa dan oksigen sebagai elektron aseptor adalah sebagai berikut²⁹:



Zhang menyatakan *Microbial Fuel Cells* (MFCs) adalah bioelektrokimia yang dapat mengkonversi energi kimia yang tersimpan dalam limbah materi organik atau biomassa menjadi listrik dengan katalisis mikroorganisme³⁰.

Efisiensi dan kinerja dari *Microbial Fuel Cells* (MFCs) dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Dalam *Microbial Fuel Cells* (MFCs) *dual-chamber* pertumbuhan optimal bakteri membutuhkan pH netral. Menurut Liu, faktor-faktor yang berpengaruh antara lain kecepatan degradasi substrat,

²⁷ Martiana Nugraeny and Tri Wahyuning Eka Purnama Sari, "Pengolahan Limbah Molases Sebagai Sumber Energi Listrik Serta Reduksi Logam Berat Cr (VI) Dengan Reaktor Dual Chamber Microbial Fuel Cell (MFC) Sistem Kontinyu," 2018.

²⁸ Sri Sumiyati Nurul Ulfia, Ganjar Samudro, "Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Larutan Garam Dalam Jembatan Garam Terhadap Kinerja Dual Chamber Microbial Fuel Cells (DCMFCs)," *Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, n.d.

²⁹ Iradati et al., "Pengaruh Konsentrasi Chemical Biological Demand (COD) Dan Ragi Terhadap Kinerja Dual Chamber Microbial Fuel Cells (DCMFCs),"

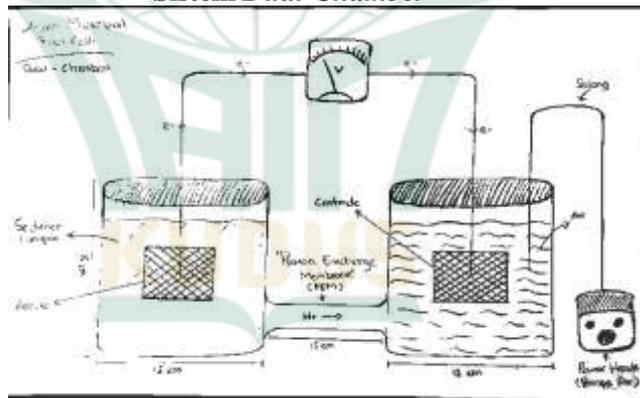
³⁰ Diya Novarina et al., "Inovasi Sistem Stack Microbial Fuel Cell Menggunakan Substrat Limbah Rumen Sapi Serta Implementasinya Sebagai Media Pembelajaran," *PENDIPA Journal of Science Education* 2, no. 2 (2018): 188–195.

kecepatan transfer elektron bakteri ke katoda, dan transfer proton dalam larutan. Menurut Lovley (2003), kinerja *Microbial Fuel Cells* (MFCs) dipengaruhi oleh aktivitas mikroba dan substrat yang digunakan³¹.

6. Desain Microbial Fuel Cells

Desain reaktor *Microbial Fuel Cells* (MFCs) dalam penelitian ini menggunakan sel elektrokimia dengan sistem *dual-chamber* yang terdiri dari kompartemen katoda dan kompartemen anoda. Sistem MFC *dual-chamber* termasuk system *Microbial Fuel Cells* (MFCs) yang paling sering digunakan untuk menguji pengaruh dari kondisi operasi yang divariasikan. Kedua *chamber* dapat menampung volume larutan (cairan) yang sama. Kedua kompartemen dipisahkan dengan sebuah membrane yaitu *proton exchange membrane* (PEM) yang biasa digunakan dalam penelitian *Microbial Fuel Cells* (MFCs) sebagai membran penukar ion³².

Gambar 2.1. Desain Microbial Fuel Cells (MFCs) Sistem Dual-Chamber



a. Anoda

Material anoda harus bersifat konduktif, biocompatible (bisa beradaptasi dengan makhluk hidup),

³¹ Nugraeny and Sari, “Pengolahan Limbah Molases Sebagai Sumber Energi Listrik Serta Reduksi Logam Berat Cr (VI) Dengan Reaktor Dual Chamber Microbial Fuel Cell (MFC) Sistem Kontinyu.”

³² Salahudin and Hidayat, “Perancangan Microbial Fuel Cell (MFC) Untuk Produksi Bioelektrik Dari Limbah Cair Industri Kelapa Sawit.”

dan secara kimia stabil di dalam larutan bioreaktor. Material yang umum digunakan sebagai anoda pada sistem *Microbial Fuel Cells* (MFCs) adalah material berbasis karbon, karena sifat konduktivitasnya tinggi, stabil, strukturnya kuat, sifat permukaan yang sesuai untuk perkembangan biofilm dan luas permukaan yang memadai. Beberapa contohnya adalah grafit dalam bentuk batangan, lempeng, busa, granular, dan karbon aktif³³.

b. Katoda

Katoda adalah elektroda dimana akseptor elektron sedang menjalani reaksi reduksi³⁴. Bahan yang digunakan sebagai katoda bisa berupa bahan karbon biasa seperti plat grafit namun bisa juga dilengkapi dengan katalis seperti platinum³⁵. Bahan yang digunakan dalam katoda pada penelitian ini adalah elektroda karbon batang.

Pada katoda terjadi reaksi reduksi, dimana Fe^{3+} akan berubah menjadi Fe^{2+} dengan bantuan elektron yang datang dari anoda. Fe^{2+} kemudian akan dioksidasi menjadi Fe^{3+} dengan melepaskan elektron dan akan bereaksi dengan H^+ yang datang dari anoda dengan cara melewati *Proton Exchange Membrane*, dan membentuk molekul air³⁶.

c. Proton Exchange Membrane (PEM)

Proton exchange membrane (PEM) atau yang sering disebut jembatan garam adalah pemisah anatar ruang anoda dan ruang katoda dalam reaktor *Microbial Fuel Cells* (MFCs). Keberadaan jembatan garam dalam reaktor *Microbial Fuel Cells* (MFCs) juga mempunyai pengaruh terhadap kinerja *Microbial Fuel Cells* (MFCs), berdasarkan jurnal penelitian Muralidharan, menyebutkan

³³ Ester Kristin, "Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe" (Universitas Indonesia, 2012).

³⁴ Nugraeny and Sari, "Pengolahan Limbah Molases Sebagai Sumber Energi Listrik Serta Reduksi Logam Berat Cr (VI) Dengan Reaktor Dual Chamber Microbial Fuel Cell (MFC) Sistem Kontinyu."

³⁵ Kristin, "Produksi Energi Listrik Melalui Microbial Fuel Cell Menggunakan Limbah Industri Tempe."

³⁶ Nugraeny and Sari, "Pengolahan Limbah Molases Sebagai Sumber Energi Listrik Serta Reduksi Logam Berat Cr (VI) Dengan Reaktor Dual Chamber Microbial Fuel Cell (MFC) Sistem Kontinyu."

dengan adanya jembatan garam membuat proton dari hasil pada metabolisme bakteri bisa segera di transfer dari ruang anoda ke katoda. Selain itu dengan adanya jembatan garam elektron akan mengalir kontinu melalui kawat pada rangkaian luar³⁷.

Menurut Achmad, jika kedua elektrolit pada sel dipisahkan sama sekali tanpa adanya jembatan garam, maka aliran elektron akan segera berhenti karena terjadinya ketidaknetralan muatan listrik. Menurut Gross, Erin M., jembatan garam terbuat dari agar dengan larutan garam yang bersifat elektrolit. Hal itu dikarenakan larutan elektrolit mudah terionisasi menjadi anion dan kation dan mudah berikatan dengan ion lainnya.

Panjang dalam jembatan garam juga mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan. Pada penelitian yang dilakukan Nuraida Rahmah, M. Ramdhan Kirom dan Amaliyah yang melakukan analisis pengaruh panjang jembatan garam terhadap produksi listrik pada *dual-chamber* MFC dengan variasi panjang 5 cm, 6 cm, 7 cm sampai 11 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa puncak nilai tegangan, arus, dan rapat daya tertinggi ada pada reaktor pertama. Tegangan yang tertinggi yaitu 0,925 mV, sedangkan untuk nilai arus tertinggi yaitu 0,930 mA. Nilai rapat daya yang diperoleh yaitu 546,840. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin pendek jembatan garamnya maka makin besar tegangannya³⁸.

Untuk konsentrasi larutan garam yang digunakan dalam jembatan garam adalah 1 M. Hal tersebut diambil berdasarkan hasil dari jurnal penelitian yang dilakukan oleh Muralidharan A, et al yang memvariasikan konsentrasi larutan garam mulai dari 1,3,5,7,dan 9M. Hasil dari penelitian tersebut adalah nilai *power density* terbesar dihasilkan oleh konsentrasi 1M sehingga untuk

³⁷ Nurul Ulfia, Ganjar Samudro, "Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Larutan Garam Dalam Jembatan Garam Terhadap Kinerja Dual Chamber Microbial Fuel Cells (DCMFCs)."

³⁸ Nuraida Rahmah, M Ramdhan Kirom, and R I U Amaliyah, "Analisis Pengaruh Panjang Jembatan Garam Terhadap Produksi Listrik Pada Dual Chamber MFC," *e-Proceeding of Engineering* 7, no. 3 (2020): 9247–9254.

penelitian kali ini juga dilakukan hal yang sama sesuai dengan penelitian sebelumnya³⁹.

B. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasari oleh penelitian terdahulu yang penjelasannya dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Judul	Peneliti	Hasil Kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
1	Inovasi Sistem Stack Microbial Fuel Cell menggunakan Substrat Limbah Rumen Sapi serta Implementasinya sebagai Media Pembelajaran	Diya Novarina, dkk.	Terdapat perbedaan besar Gaya Gerak Listrik (GGL) yang dihasilkan antara disain rangkaian MFC tipe seri, paralel, campuran tipe 1 dan campuran tipe 2 dengan perbandingan 3 : 1 : 1,5 : 2 yang mana besar GGL maksimum diperoleh pada rangkaian seri sebesar 3,29 V. selain itu juga terdapat perbedaan besar daya listrik per satuan luas permukaan anoda (Pa) yang dihasilkan antara	Terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan antara pembelajaran model PBL menggunakan media MFC dengan pembelajaran model PBL menggunakan media kit listrik pada konsep listrik dinamis di SMA Muhammadiyah 4 Kota Bengkulu dengan hasil analisis uji-t dua sampel independen dari skor rata-rata posttest diperoleh $t_{hitung} > t_{tabel}$

³⁹ Nurul Ulfia, Ganjar Samudro, “Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Larutan Garam Dalam Jembatan Garam Terhadap Kinerja Dual Chamber Microbial Fuel Cells (DCMFCs).”

No	Judul	Peneliti	Hasil Kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
			disain rangkaian MFC tipe seri, paralel, campuran tipe 1 dan campuran tipe 2 dengan perbandingan 1 : 10 : 6 : 2 yang mana besar Pa maksimum dihasilkan pada rangkaian paralel sebesar 21,76 mW/m ²	2,001 untuk taraf signifikan 95% ⁴⁰
2	Pengolahan Limbah Molases Sebagai Sumber Energi Listrik Serta Reduksi Logam Berat Cr (VI) dengan Reaktor Dual Chamber <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC) Sistem Kontinyu	Martiana Nugraeny dan Tri Wahyunin g Eka Purnama Sari	Variabel recycle ratio yang mempunyai produksi listrik relatif lebih stabil dan paling optimum adalah RR 0,6 pada pH 3 di katoda yaitu berkisar antara ±33 mW/m ² .	Metode dual chamber <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC) sistem resirkulasi kontinyu dengan limbah pabrik gula (molases) mampu menghasilkan energi listrik serta mereduksi logam Cr dengan bantuan bakteri <i>Shewanella oneidensis MR-1</i> ⁴¹ .
3	Pengaruh Konsentrasi <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Dan Larutan Garam Dalam Jembatan	Nurul Ulfia, dkk.	Konsentrasi COD optimum yang dihasilkan pada penelitian ini dihasilkan oleh konsentrasi COD 800 mg/l dengan	Variasi konsentrasi COD mempengaruhi kinerja MFC yaitu dengan semakin besar konsentrasi

⁴⁰ Novarina et al., “Inovasi Sistem Stack Microbial Fuel Cell Menggunakan Substrat Limbah Rumen Sapi Serta Implementasinya Sebagai Media Pembelajaran.”

⁴¹ Nugraeny and Sari, “Pengolahan Limbah Molases Sebagai Sumber Energi Listrik Serta Reduksi Logam Berat Cr (VI) Dengan Reaktor Dual Chamber Microbial Fuel Cell (MFC) Sistem Kontinyu.”

No	Judul	Peneliti	Hasil Kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
	Garam Terhadap Kinerja <i>Dual Chamber Microbial Fuel Cells</i> (DCMFCs)		nilai efisiensi 92,3% dan jenis larutan garam yang optimal dihasilkan oleh jenis NaCl dengan power density optimal 454,8 mW/m ² .	influen COD maka semakin besar selisih penurunan konsentrasi COD dan semakin besar nilai power density. Ketiga jenis larutan garam berfungsi baik dalam menurunkan kadar COD, dan dalam power density menghasilkan nilai yang berbeda-beda karena pengaruh mobilitas ionik yaitu semakin kecil Rlarutan maka akan menghasilkan power density yang besar $R_{larutan\ NaCl} < R_{larutan\ BaCl_2} < R_{larutan\ MgCl_2}$, sehingga <i>power density</i> NaCl lebih besar dari kedua jenis garam lainnya ⁴² .
4	Desain dan Konstruksi <i>Prototype</i> KIT Proyek STEM Sebagai Media Pembelajaran	Zulirfan, dkk.	Para pakar sependapat bahwa <i>prototype</i> KIT Proyek STEM Aplikasi Listrik Dinamis untuk	<i>Prototype</i> KIT Proyek STEM Aplikasi Listrik Dinamis untuk pembelajaran IPA SMP telah

⁴² Nurul Ulfia, Ganjar Samudro, “Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Larutan Garam Dalam Jembatan Garam Terhadap Kinerja Dual Chamber Microbial Fuel Cells (DCMFCs).”

No	Judul	Peneliti	Hasil Kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
	IPA SMP Secara Daring pada Topik Aplikasi Listrik Dinamis		<p>siswa SMP sederajat ini telah memenuhi aspek kederhanaan, artinya KIT dibuat dari bahan yang murah dan mudah didapat serta sederhana dari bentuk dan cara kerja komponen. KIT juga dinyatakan memenuhi aspek keamanan yang artinya bahwa KIT tidak membahayakan siswa dalam penggunaannya, seperti tidak mengandung zat beracun, atau mudah terbakar, atau penggunaan listrik bertegangan tinggi. Aspek kemudahan sangat penting dalam penilaian suatu media pembelajaran. Semua pakar sependapat bahwa KIT telah memenuhi unsur kemudahan dalam penggunaannya. KIT dinilai memberikan</p>	<p>didesain, dibangun, dan divalidasi. Prototype KIT telah dinyatakan memenuhi persyaratan media pembelajaran dari aspek kurikulum, interaktif, fleksibilitas, daya tarik, kesederhanaan, keamanan, dan kemudahan oleh pakar pendidikan sains. Oleh karena itu, prototype KIT dinyatakan sah dan layak untuk digunakan dalam pembelajaran IPA, baik secara daring maupun secara luring⁴³.</p>

⁴³ Zulirfan et al., “Desain Dan Konstruksi Prototype KIT Proyek STEM Sebagai Media Pembelajaran IPA SMP Secara Daring Pada Topik Aplikasi Listrik Dinamis.”

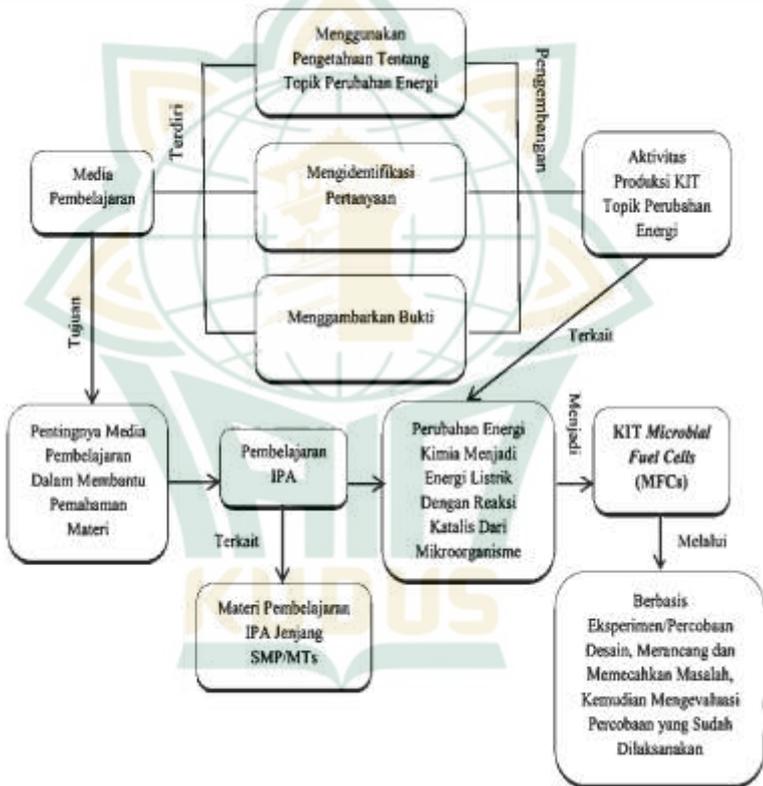
No	Judul	Peneliti	Hasil Kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
			kemudahan bagi siswa dalam melakukan perakitan proyek dan mengemas kembali KIT, sehingga aktivitas mengerjakan proyek lebih efisien dari segi waktu.	
5	Pembelajaran Berbasis Literasi Sains Pada Materi Larutan Elektrolit Dan Non Elektrolit Di Sma Negeri 1 Pontianak	Djuniar Rahmatunnisa Haristy, dkk.	Pembelajaran berbasis literasi sains dapat menyebabkan siswa menjadi lebih aktif dan termotivasi dalam memfokuskan atau mengarahkan pikiran dalam belajar sehingga mengurangi kesempatan untuk diam atau bermain disaat belajar. Dengan pembelajaran tersebut, dapat membuat siswa belajar dengan cara menemukan dan melatih siswa untuk lebih kritis dalam berpikir ilmiah serta mengaitkannya dalam kehidupan sehari-hari yang dilakukan dengan	Berdasarkan analisis data yang diperoleh dari hasil tes siswa dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan hasil belajar antara siswa yang diajar dengan pembelajaran berbasis literasi sains dan yang diajar dengan pembelajaran konvensional. Pembelajaran berbasis literasi sains memberikan pengaruh sebesar 48,17% terhadap peningkatan hasil belajar siswa di SMA Negeri 1 Pontianak ⁴⁴ .

⁴⁴ Ira Lestari Djuniar Rahmatunnisa Haristy, Eny Enawaty, "Pembelajaran Berbasis Literasi Sains Pada Materi Larutan Elektrolit Dan Non Elektrolit Di SMA Negeri 1 Pontianak," *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa* Vol 02, no. No. 12 (2013): 1–13.

No	Judul	Peneliti	Hasil Kajian Penelitian Terdahulu	Kesimpulan
			bimbingan oleh guru.	

C. Kerangka Berpikir

Gambar 2.2 Kerangka Berpikir



D. Hipotesis

Berdasarkan landasan teori serta kerangka berpikir yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Optimasi desain KIT *Microbial Fuel Cells* (MFCs) sebagai media pembelajaran diduga sudah ideal dan sesuai untuk pembelajaran siswa SMP/MTs pada topik perubahan energi.

