

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Penelitian**

Pembelajaran kimia dapat dikatakan sebagai upaya yang dilakukan oleh guru dalam menyampaikan ilmu kimia serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari sehingga peserta didik mendapatkan pengalaman di bidang kimia (Rosmiati, 2022). Pada pembelajaran kimia bukan hanya teori saja yang dipelajari, tetapi perlu ditunjang dengan kegiatan eksperimen untuk mencari suatu kebenaran dari hasil percobaan di laboratorium. Menurut Sitorus dkk., (2022), kegiatan eksperimen ini dapat dilakukan terlebih dahulu dengan cara membuat desain eksperimen yang bertujuan untuk mendapatkan hasil percobaan yang optimal. Selain itu, desain eksperimen ini juga bertujuan untuk menyesuaikan prosedur yang cocok diterapkan dalam pembelajaran di laboratorium dengan prosedur yang sudah ada.

Lembar kerja (LK) menjadi salah satu hasil dari pengembangan desain eksperimen yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran kimia. Penggunaan LK dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan berpikir, bertanya, menjawab pertanyaan serta membuat hubungan dan penilaian dalam mengetahui peningkatan hasil belajar peserta didik (Yuliandriati dkk., 2019). Selain itu, LK dapat dijadikan alternatif dalam mendorong optimalisasi pembelajaran dan memberikan kepercayaan diri peserta didik terhadap kemampuan yang dimilikinya (Wahyuni & Miterianifa, 2019). Salah satu permasalahan atau topik yang dapat diterapkan dalam LK yaitu mengenai sumber energi yang ada di bumi.

Energi menjadi suatu kebutuhan pokok bagi masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan energi di masyarakat dapat dimanfaatkan dalam beberapa sektor kehidupan seperti halnya pertanian, pendidikan, kesehatan dan ekonomi. Namun, seiring meningkatnya populasi penduduk di bumi maka penggunaan energi akan terus meningkat (Al Hakim, 2020). Sebagian besar energi tersebut berasal dari energi fosil seperti bahan bakar minyak yang jumlahnya semakin menipis dan sewaktu-waktu dapat habis. Menipisnya cadangan energi fosil ini, membuat negara-negara di dunia berlomba-lomba untuk mengembangkan energi alternatif yang dapat diperbaharui (Afandi dkk., 2016).

Salah satu contoh dari energi terbarukan yang sedang dikembangkan adalah energi matahari atau energi surya. Energi surya ini berasal dari sinar matahari yang diterima oleh bumi dan kemudian akan diubah menjadi sumber listrik (Kinasti dkk., 2019). Sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi yaitu sebesar 69% dari total energi yang dipancarkan. Sedangkan untuk energi yang diserap oleh permukaan bumi sebesar  $3 \times 10^{24}$  joule atau setara dengan  $2 \times 10^{17}$  watt yang jumlahnya 10.000 kali lipat dari energi yang biasa dikonsumsi oleh manusia saat ini (Nadeak & Susanti, 2012). Hal ini yang membuat energi surya dapat dijadikan sebagai energi terbarukan karena jumlahnya yang sangat besar.

Indonesia merupakan salah satu negara dengan letak geografisnya yang membentang disepanjang garis khatulistiwa. Kedudukan tersebut membuat sinar matahari relatif stabil dan besar sepanjang tahunnya, sehingga membuat Indonesia memiliki potensi tinggi dalam mengembangkan energi surya (Safriani dkk., 2018). Pemanfaatan energi surya ini menjadi salah satu solusi terbaik untuk mengatasi krisis energi yang terjadi karena penggunaannya tidak terbatas dan juga tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Contoh teknologi dari energi surya yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari yaitu sel surya atau teknologi fotovoltaik (Lestari & Setiarso, 2021).

Sel surya menjadi suatu alat semikonduktor yang dapat menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi muatan-muatan listrik (Hamdani dkk., 2019). Perkembangan sel surya saat ini sudah mencapai tiga generasi. Sel surya generasi pertama berbahan kristal silikon tunggal lapis tipis yang membuat nilai efisiensinya mencapai hingga 25%, tetapi sel surya ini mempunyai biaya produksi yang sangat tinggi, bahan yang digunakannya sangat sulit disintesis, dan tidak ramah lingkungan. Adapun sel surya generasi kedua berbahan semikonduktor endapan *cadmium telluride* (CdTe). Namun, sama halnya dengan sel surya generasi pertama, kerugian dari produksinya yang tinggi dan masih kurang ramah lingkungan (Lestari & Setiarso, 2021).

*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) menjadi sel surya generasi ketiga yang mampu mengubah sinar matahari menjadi sumber listrik dengan bantuan zat pemeka (*dye*). Pembuatan DSSC pertama kali dilakukan oleh Michael Grätzel pada

tahun 1991 dengan tujuan untuk mengatasi kekurangan dari sel surya generasi sebelumnya (Maulina dkk., 2014). Komponen dari DSSC ini terdiri atas fotoanoda ( $\text{TiO}_2$ ), elektrolit (*iodolyte*), elektroda lawan (platisol), dan zat pemeka (*dye*) (Chen dkk., 2019). DSSC ini memiliki potensi yang sangat tinggi untuk terus dikembangkan menjadi sel surya generasi mendatang. Hal ini karena jika dilihat dari komponennya tidak memerlukan material dengan kemurnian tinggi, sehingga biaya produksinya yang relatif rendah (Prasatya & Susanti, 2013).

DSSC dalam kehidupan sehari-hari digunakan sebagai solusi dalam menambah jumlah cadangan energi listrik. Hal ini karena kebutuhan konsumsi listrik yang selalu meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi penduduk di bumi dan berkembangnya kebutuhan manusia. Jumlah voltase yang dapat dihasilkan dari satu perangkat DSSC yaitu sebesar 1140 mv dengan densitas arus maksimum sebesar  $0,591 \text{ mA/cm}^2$  dan efisiensi 0,14972% (Prasatya & Susanti, 2013). Meskipun nilai efisiensi dari sel surya tersensitisasi *dye* ini masih rendah, tetapi terdapat beberapa kelebihan diantaranya proses fabrikasi yang relatif mudah, ramah lingkungan serta bahannya yang mudah didapatkan (Safriani dkk., 2018).

Prinsip kerja dari sel surya DSSC didasari ketika cahaya matahari masuk ke kaca konduktif, lalu *dye* yang menempel pada permukaan  $\text{TiO}_2$  akan mengabsorpsi cahaya matahari tersebut. Kemudian setelah diabsorpsi, elektron pada *dye* yang mendapatkan energi akan mengalami eksitasi dan diinjeksi ke pita konduksi  $\text{TiO}_2$ . Selanjutnya elektron tersebut mengalir menuju sirkuit luar dan akan ditangkap oleh elektroda lawan. Dari peristiwa tersebut terjadilah reduksi pada elektrolit yang biasanya terjadi pada  $\text{I}_3^-$  menjadi  $\text{I}^-$  dan diiringi juga oksidasi pada  $\text{I}^-$  menjadi  $\text{I}_3^-$ . Kemudian elektron yang terdapat pada antarmuka *dye*-elektrolit akan mengalami regenerasi kembali dan menerima satu elektron dari iodida dan selanjutnya mengalami siklus yang sama seperti sebelumnya (Devadiga dkk., 2021).

Zat pemeka pada DSSC berfungsi sebagai penyerap sinar matahari dan dapat menghasilkan elektron tereksitasi. Pemakaian zat pemeka dapat menggunakan bahan sintesis seperti ruthenium kompleks (N719) yang mempunyai nilai efisiensi tinggi, tetapi bahan ini mempunyai harga yang mahal dan sulit untuk disintesis (Baharuddin dkk., 2015). Oleh karena itu, terdapat alternatif zat pemeka lainnya

yang menggunakan bahan alami dengan cara mengekstrak beberapa komponen pada tanaman yang memiliki kandungan, seperti klorofil, antosianin atau karoten (Ludin dkk., 2014). Alasan penggunaan zat pemeka alami ini dikarenakan memiliki karakteristik yang tidak berbahaya bagi lingkungan, mudah didapatkan serta biayanya yang sangat murah (Maulina dkk., 2014).

Daun mahoni (*Swietenia macrophylla*) sebagai salah satu tumbuhan endemik atau lokal dari Indonesia yang sering digunakan untuk obat-obatan. Manfaat lainnya yaitu dapat digunakan juga sebagai makanan hewan ternak dan zat pewarna alami untuk kain batik (Pratama dkk., 2022). Fungsi zat pewarna alami inilah yang memungkinkan daun mahoni dapat digunakan sebagai zat pemeka pada DSSC. Hal ini karena daun mahoni memiliki kandungan klorofil cukup tinggi sebesar 27,82 mg/g yang fungsinya menyerap sinar matahari dan sebagai fotosensitizer pada daerah panjang gelombang sinar tampak (Cahaya dkk., 2019). Selain itu, alasan penggunaan daun mahoni karena memiliki karakteristik yang *eco-friendly* yaitu produk ramah lingkungan dan berdampak sangat minim terhadap kerusakan lingkungan (Putri, 2019).

Pembuatan sel surya DSSC menggunakan zat pemeka daun mahoni sangat cocok diterapkan dalam pembelajaran kimia dengan cara mengembangkan sebuah LK eksperimen. LK ini bertujuan untuk membimbing peserta didik dalam melakukan kegiatan praktikum serta dapat meningkatkan kemampuan dan pemahaman mengenai materi sel surya DSSC. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Kasih dkk., (2018) bahwa LK eksperimen dapat membimbing peserta didik dalam melakukan kegiatan praktikum secara mandiri, sehingga dapat membantu memahami suatu permasalahan yang sedang diteliti. Tahapan prosedur dari pembuatan sel surya DSSC yang dicantumkan dalam LK dapat dibuat terlebih dahulu desain eksperimennya dengan tujuan untuk mendapatkan prosedur yang cocok diterapkan dalam LK praktikum kimia.

Beberapa penelitian terdahulu mengenai pengembangan LK yaitu penelitian dari Rokhmah & Madlazim, (2015) mengenai pengembangan LK berbasis inkuiri pada materi energi terbarukan untuk melatih keterampilan siswa dalam melakukan eksperimen. Penelitian ini memperoleh hasil persentase nilai kelayakan sebesar

87,5% dengan respon siswa terhadap keterbacaan pada LK didapatkan hasil sebesar 83,5% dengan kategori sangat baik. Adapun penelitian pengembangan LK pada materi laju reaksi berbasis inkuiri terstruktur kelas XI SMA dengan hasil nilai rata-rata validitas sebesar 0,87 dan nilai kepraktisan sebesar 0,87 (Efliana & Azhar, 2019).

Penelitian mengenai desain eksperimen fotosintesis pengaruh suhu bermuatan literasi kuantitatif dengan tujuan untuk merekonstruksi percobaan Ingenhousz dalam menganalisis pengaruh suhu pada laju fotosintesis (Saputri dkk., 2022). Penelitian selanjutnya mengenai desain eksperimen untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan zeolit dalam menurunkan kadar limbah (Cd) pada proses pelapisan logam (Siska & Salam, 2012). Pada penelitian DSSC, terdapat penelitian pemanfaatan klorofil ekstrak daun kemangi sebagai zat pemeka dalam fabrikasi dan uji efektivitas sel surya DSSC mendapatkan hasil nilai efisiensi sebesar 0,0127%. (Sulaeman, 2021). Kemudian penelitian mengenai karakterisasi DSSC dengan zat pemeka daun alfalfa dan menggunakan  $\text{TiO}_2$  nanopartikel mendapatkan nilai efisiensi sebesar 0,114% (Cahaya dkk., 2019).

Pada pembahasan di atas dan juga sesuai dengan referensi yang telah dicantumkan, maka diperlukannya pengembangan LK berbasis inkuiri terstruktur dari hasil desain eksperimen pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni. Pengembangan LK ini bertujuan untuk memberikan pemahaman kepada peserta didik dalam memahami materi sel surya DSSC pada mata kuliah konservasi energi. Adapun kebaruan dari penelitian ini yaitu pengembangan LK untuk eksperimen pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni yang sebelumnya belum pernah dikembangkan. Selain itu, penelitian sel surya DSSC berpemeka daun mahoni ini masih terbatas pada kajian ilmiah dan belum pernah ada yang mengembangkannya menjadi sebuah konten dalam LK.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka peneliti melakukan sebuah rangkaian penelitian dalam mengembangkan LK yang berjudul **“Pengembangan Lembar Kerja untuk Eksperimen Pembuatan Sel Surya DSSC dengan Zat Pemeka Daun Mahoni”**.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana desain eksperimen pada pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni?
2. Bagaimana hasil optimasi pada pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni?
3. Bagaimana tampilan lembar kerja pada eksperimen pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni?
4. Bagaimana hasil uji validasi dan uji kelayakan lembar kerja pada eksperimen pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni?

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu:

1. Mendeskripsikan desain eksperimen pada pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni.
2. Menganalisis hasil optimasi pada pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni.
3. Mendeskripsikan tampilan lembar kerja pada eksperimen pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni.
4. Menganalisis hasil uji validasi dan uji kelayakan lembar kerja pada eksperimen pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni.

## **D. Manfaat Hasil Penelitian**

Adapun hasil penelitian dari pengembangan LK ini diharapkan mampu memberikan beberapa manfaat seperti halnya di bawah ini:

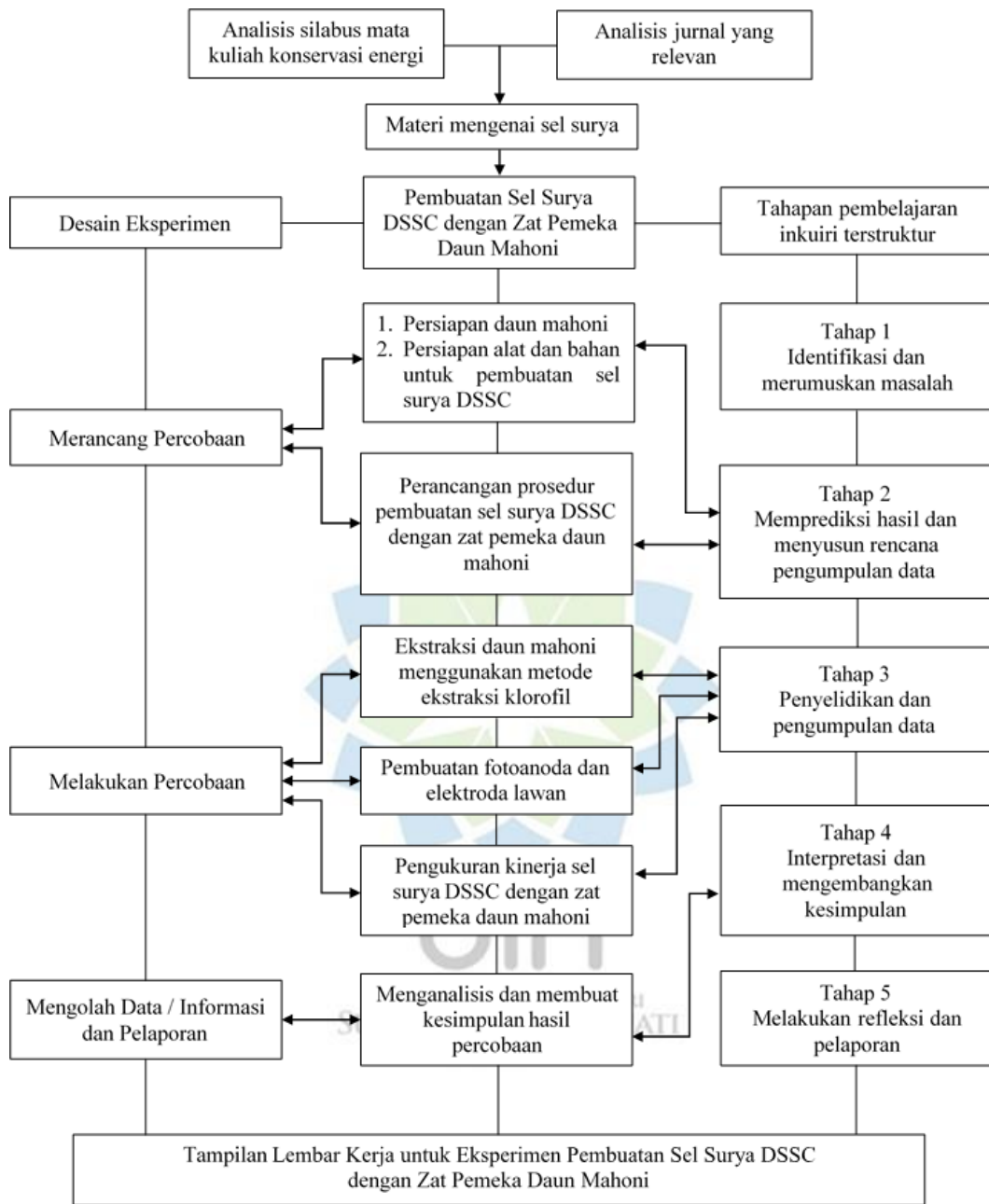
1. Menjadikan LK yang dibuat sebagai alat atau media dalam membantu pembelajaran serta menumbuhkan motivasi belajar dan meningkatkan pemahaman mengenai konsep materi sel surya DSSC.
2. Meningkatkan pengetahuan dan kemampuan dalam pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni.

3. Memberikan alternatif prosedur percobaan dalam pembuatan sel surya DSSC pada mata kuliah konservasi energi.
4. Memberikan alternatif baru mengenai pengembangan sumber energi terbarukan menggunakan bahan alami yang dapat ditemukan di alam sekitar.
5. Menjadikan penelitian ini sebagai referensi dalam melakukan penelitian pembuatan DSSC dengan bahan alami selanjutnya.

#### **E. Kerangka Berpikir**

Bahan alam seperti daun mahoni dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan sel surya DSSC. DSSC ini menjadi salah satu teknologi alternatif dari energi terbarukan mengingat pemasukan jumlah sinar matahari di Indonesia tetap ada sepanjang tahunnya. Penggunaan DSSC biasanya menggunakan ruthenium sebagai zat pemeka yang memiliki kinerja sangat bagus meskipun harganya yang sangat mahal. Oleh karena itu, dibuatlah prosedur pembuatan sel surya DSSC dengan bahan daun mahoni sebagai zat pemeka untuk menekan biaya yang mahal serta karena bahan tersebut yang tidak berbahaya bagi lingkungan dan mudah ditemukan di Indonesia.

Prosedur pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni ini dapat diterapkan dalam pembelajaran kimia dengan mengembangkan LK yang berbasis inkuiri terstruktur dari hasil desain eksperimen. Tahapan dari desain eksperimen terdiri atas merancang percobaan, melakukan percobaan, mengolah data atau hasil serta pelaporan. Pada LK berbasis inkuiri terstruktur terdiri dari beberapa tahapan yaitu identifikasi permasalahan keterbatasan energi dari sumber wacana, melakukan praktikum pembuatan sel surya DSSC dengan zat pemeka daun mahoni, menganalisis data dan menjawab beberapa pertanyaan, serta menyimpulkan dan pelaporan hasil percobaan. Adapun kerangka berpikir pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.



**Gambar 1.1.** Kerangka Pemikiran



## **F. Hasil Penelitian Terdahulu**

Penelitian mengenai desain eksperimen pengaruh penambahan zeolit untuk menurunkan kadar limbah kadmium (Cd) pada kolam IV di Unit Pelatihan Terpadu Riau Elektroplating Industri Pekanbaru (Siska & Salam, 2012). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan zeolit pada penurunan kadar limbah kadmium (Cd) dalam proses pelapisan logam. Penelitian mengenai pembuatan desain eksperimen pada fotosintesis pengaruh suhu bermuatan literasi kuantitatif (Saputri dkk., 2022). Adapun penelitian yang dilakukan bertujuan untuk merekonstruksi percobaan Ingenhousz dalam menganalisis pengaruh suhu yang mempengaruhi laju reaksi fotosintesis.

Penelitian dari Efliana & Azhar, (2019) mengenai pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) laju reaksi berbasis inkuiri terstruktur kelas XI SMA. Pada penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil nilai validasi dengan rata-rata sebesar 0,87 dengan kategori kevalidan yang sangat tinggi dan juga uji praktikalitas diperoleh nilai rata-rata pada guru sebesar 0,88 dan pada siswa sebesar 0,87 dengan kategori masing-masing sangat tinggi. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa LKPD laju reaksi terstruktur telah valid dan praktis. Adapun respon dari siswa menyatakan bahwa LKPD yang dikerjakan dapat membantu penyelidikan terkait permasalahan sesuai dengan tahapan-tahapan yang telah diberikan oleh guru sebelumnya.

Penelitian dari Rokhmah & Madlazim, (2015) mengenai pengembangan lembar kerja siswa (LKS) berbasis inkuiri pada materi sumber energi terbarukan dalam melatih keterampilan siswa melakukan eksperimen. Penelitian ini mendapatkan hasil kelayakan sebesar 87,5% dengan kriteria sangat layak dan hasil keterbacaan sebesar 83,5% dengan kriteria sangat baik. LKS yang telah dikembangkan membuat siswa merasa senang dalam kegiatan pembelajaran dan dapat meningkatkan motivasi untuk melakukan eksperimen pada materi sumber energi terbarukan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKS ini dapat meningkatkan keterampilan dalam melakukan eksperimen dan memberikan pengaruh yang positif terhadap kegiatan pembelajaran yang telah dilakukan.

Penelitian mengenai pengembangan lembar kerja berbasis inkuiri pada analisis kafein berbagai bahan baku minuman. LK disusun melalui dua tahapan yaitu perencanaan dan pengembangan dengan terdapat beberapa karakteristik pada LK diantaranya wacana, pertanyaan dan tugas yang mendorong kegiatan berinkuiri. Hasil validasi yang didapatkan pada LK dinyatakan layak untuk digunakan dengan nilai rata-rata *rhitung* sebesar 0,8 (Pratiwi, 2017). Penelitian selanjutnya mengenai pengembangan lembar kerja berbasis inkuiri untuk analisis kualitatif logam berat pada limbah laboratorium. Penelitian tersebut menggunakan metode R&D (*Research & Development*) dengan hasil uji kelayakan melebihi nilai *rhitung* rata-rata yaitu sebesar 0,79 atau dalam persentase lebih dari 75% yang dinyatakan sangat layak untuk digunakan (Sukmawardani & Hardiyanti, 2017).

Pengembangan LKPD pada materi larutan penyangga berbasis inkuiri terstruktur pada *liveworksheet* untuk fase F SMA yang dikembangkan oleh Artanti & Azhar, (2023) mendapatkan nilai validitas dengan empat aspek penilaian sebesar 0,86. Sementara itu, didapatkan juga nilai praktikalitas guru dan respon peserta didik sebesar 77% dan 98%. Penelitian lainnya dari Andani & Azhar, (2023) mengenai pengembangan LKPD berbasis inkuiri terstruktur pada materi hukum-hukum dasar kimia mendapatkan nilai rata-rata uji validitas sebesar 0,88 dan uji praktikalitas dari guru serta siswa sebesar 95% dan 92%. Hasil tersebut menyimpulkan bahwa LKPD yang dibuat sangat praktis dan dapat digunakan.

Penelitian mengenai preparasi DSSC menggunakan variasi komposisi elektrolit semi dengan metode faksinasi ekstrak antosianin buah manggis menghasilkan nilai efisiensi DSSC sebesar 0,592% (Maulina dkk., 2014). Penelitian selanjutnya mengenai efisiensi ekstrak umbi betalain bit sebagai zat pemeka DSSC. Penelitian ini menggunakan etanol sebagai pelarut yang kemudian dikarakterisasi memakai spektrofotometri UV-Vis. Hasil penelitian dari umbi betalain bit memiliki panjang serapan sebesar 534 nm dan nilai efisiensi DSSC sebesar 0,0004% dengan celah pita energi sebesar 1,29 eV. Hasil ini menunjukkan keberhasilan dari umbi betalain bit sebagai zat pemeka DSSC (Lestari & Setiarso, 2021).

Penelitian mengenai karakterisasi zat warna daun jati sebagai *photosensitizer* DSSC dengan fraksi metanol: n-Heksana mendapatkan hasil efisiensi DSSC sebesar 0,0118% untuk keadaan basa (pH 11) dan nilai sebesar 0,0289% untuk keadaan asam (pH 6). Adapun hasil untuk zat pewarna yang telah dikarakterisasi memakai FTIR, GC-MS, dan UV-Vis menunjukkan bahwa terdapat zat pewarna golongan antosianin yaitu sianidin yang berada dalam ekstrak daun jati (Baharuddin dkk., 2015). Kemudian penelitian dari Cahaya dkk., (2019) mengenai karakterisasi DSSC dengan zat pemeka daun alfalfa dan menggunakan TiO<sub>2</sub> nanopartikel mendapatkan nilai efisiensi sebesar 0,114% pada ketebalan 10 µm.

Penelitian mengenai pemanfaatan klorofil ekstrak daun kemangi sebagai zat pemeka dalam fabrikasi dan uji efektivitas sel surya DSSC mendapatkan hasil nilai efisiensi sebesar 0,0127% dengan penyinaran sinar matahari sebesar 10.000 lux (Sulaeman, 2021). Selanjutnya, penelitian mengenai uji performansi DSSC dengan variasi *dye* dan katalis menggunakan daun singkong, pepaya dan alfalfa. Hasil dari penelitian ini yaitu DSSC dengan *dye* klorofil alfalfa menunjukkan performa yang lebih baik dibanding dengan daun lainnya (Musaffa, 2018). Kemudian, penelitian dari Syalma & Vauzia, (2021) menyatakan bahwa kandungan klorofil dalam daun mahoni yang diambil dari hutan Universitas Negeri Padang yaitu sebesar 27,82 mg/g.