

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi matahari atau surya adalah sumber energi yang berlimpah, berkelanjutan, tidak menimbulkan polusi, dapat diperbaharui, dan ekonomis. Saat ini energi surya belum digunakan sebagai sumber energi primer di Indonesia karena penyediaan sumber energi masih bergantung pada sumber bahan bakar fosil. Secara khusus, sinar surya merupakan sumber energi terbarukan yang paling praktis di bumi, namun penerapan fotovoltaik secara efisien terhambat oleh tantangan teknologi dalam mengkonversi secara efisien dengan bahan yang relatif murah (Xu *et al.*, 2023).

Dibidang energi surya, sel surya tersensitisasi zat warna (DSSC) dianggap sebagai pengganti sel surya berbasis silikon. Hal ini karena potensi keuntungannya termasuk desain sintetik yang mudah dari struktur molekuler yang berbeda, biaya rendah, proses manufaktur yang sederhana, fleksibilitas, efisiensi konversi cahaya-ke-elektron tidak beracun dan reliabel (Hachi *et al.*, 2021). DSSC ini menggunakan  $\text{TiO}_2$  sebagai anoda, akan tetapi  $\text{TiO}_2$  hanya mampu menyerap sinar Ultra Violet (UV). Oleh karena itu digunakanlah zat warna untuk membantu meningkatkan efisiensi serapan cahaya  $\text{TiO}_2$ .

Peranan zat warna pada DSSC ialah sebagai *sensitizer* cahaya. Zat warna yang tersedia melimpah di alam ialah zat warna organik. Zat warna organik merupakan zat warna yang ramah lingkungan tetapi memiliki kekurangan yaitu efisiensi serapan cahaya yang cukup rendah karena bersifat tidak stabil. Agar kemampuan efisiensi serapan cahaya zat warna organik meningkat maka telah dilakukan beberapa penelitian baik secara eksperimen maupun teoritik dengan cara memodifikasi struktur zat warna.

Modifikasi zat warna organik dapat dilakukan dengan berbagai tipe seperti D- $\pi$ -A (Nalçakan *et al.*, 2023), D-A- $\pi$ -A (Lu *et al.*, 2018), D-D- $\pi$ -A (Kumar *et al.*, 2021), D- $\pi$ -A- $\pi$ -A (Khanasa *et al.*, 2014). Rangkaian struktur zat warna tersebut akan menghasilkan resonansi elektron  $\pi$  yang lebih panjang dan cepat. Adapun dari hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui *sensitizer* organik menggunakan tipe struktur D- $\pi$ -A menghasilkan efisiensi serapan cahaya yang lebih baik. Pada susunan struktur tersebut, D merupakan gugus pendonor elektron, A merupakan gugus akseptor elektron dan  $\pi$  merupakan senyawa yang memiliki elektron  $\pi$  berkonjugasi atau disebut juga jembatan  $\pi$  (Nalçakan *et al.*, 2023).

Efisiensi serapan cahaya zat warna dapat di tingkatkan dengan memodifikasi struktur donor, jembatan  $\pi$  ataupun akseptor. Molekul donor yang dapat digunakan adalah yang mempunyai sifat sebagai pendonor elektron seperti anilin (Khanasa *et al.*, 2013), indolin (Babu

*et al.*, 2015), trifenil amin (Hosseinzadeh *et al.*, 2016), kumarin (Jadhav *et al.*, 2018), fenol, difenil amin (Deswita, 2021). Sedangkan untuk jembatan  $\pi$  dapat digunakan molekul yang memiliki elektron  $\pi$  berkonyugasi dalam bentuk struktur alifatik, aromatis maupun heterosiklik, diantaranya, butadiena (Podlesný *et al.*, 2020), heksatriena (Wüstenberg & Branda, 2005), antrasen (Yoosuf *et al.*, 2019), fenantren (Kusumawati *et al.*, 2019), bifuran (Fadda, 2023), bithiofen (Fernandes *et al.*, 2017) dan lain-lain. Sedangkan molekul akseptor yang bisa digunakan adalah asam organik karena merupakan bersifat penarik elektron kuat seperti asam format, asam asetat, asam benzoat, siano asetat (Imelda, Aziz, *et al.*, 2022).

Selain dengan memodifikasi struktur donor, jembatan  $\pi$  ataupun akseptor, menambahkan gugus pendorong dan gugus penarik pada molekul zat warna juga akan meningkatkan efisiensi serapan cahaya dari molekul zat warna. Gugus pendorong yang sering digunakan diantaranya  $\text{NH}_2$  dan  $\text{C}(\text{CH}_3)_3$ . Berdasarkan hasil penelitian Imelda, 2022 yang menggunakan gugus  $\text{NH}_2$  dan  $\text{C}(\text{CH}_3)_3$  mampu meningkatkan efisiensi serapan cahaya molekul zat warna. Sedangkan untuk gugus penarik yang sering digunakan diantaranya  $\text{NO}_2$  dan  $\text{CN}$ . Berdasarkan hasil penelitian Imelda, 2022 yang menggunakan gugus  $\text{NO}_2$  dan  $\text{CN}$  mampu meningkatkan efisiensi serapan cahaya molekul zat warna (Imelda, Aziz, *et al.*, 2022).

Sehubungan dengan masih sedikitnya penelitian tentang aplikasi DSSC menggunakan zat warna berbasis fenol dan difenilamin serta belum menghasilkan efisiensi serapan cahaya yang tinggi. Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa modifikasi rantai donor, jembatan  $\pi$ , dan akseptor pada struktur meningkatkan kemampuan penyerapan cahaya zat warna sehingga menghasilkan efisiensi energi DSSC yang lebih tinggi (Islam *et al.*, 2023).

Metode kimia komputasi menawarkan peluang untuk merancang pada tingkat molekuler dan struktur molekul, merekayasa donor, konjugat  $\pi$ , dan akseptor dari studi *sensitizer* yang dilakukan (Obotowo *et al.*, 2016). Dalam hal ini metode DFT dan TD-DFT telah banyak digunakan untuk mempelajari struktur dan spektrum serapan zat warna sebagai *sensitizer* DSSC karena hasil perhitungannya yang akurat. Modifikasi jembatan  $\pi$  yang dilakukan pada zat warna tipe D- $\pi$ -A berbasis fenol dan difenilamin diharapkan dapat memiliki efisiensi konversi energi ( $I_p$ ) matahari menjadi energi listrik yang tinggi agar dapat dikatakan sebagai *sensitizer* yang efektif untuk aplikasi DSSC (El-Shishtawy *et al.*, 2016). Oleh karena itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian terkait modifikasi jembatan  $\pi$  zat warna tipe D- $\pi$ -A berbasis fenol dan difenilamin.

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini diantaranya:

1. Bagaimana pengaruh modifikasi struktur jembatan  $\pi$  zat warna tipe D- $\pi$ -A berbasis donor fenol dan difenilamin terhadap efisiensi serapan cahaya sebagai zat warna pada DSSC?
2. Bagaimana pengaruh gugus pendorong ( $\text{NH}_2$  dan  $\text{C}(\text{CH}_3)_3$ ) dan penarik ( $\text{NO}_2$  dan  $\text{CN}$ ) elektron terhadap serapan cahaya zat warna tipe D- $\pi$ -A berbasis donor fenol dan difenilamin
3. Bagaimana struktur jembatan  $\pi$  zat warna terbaik berbasis donor fenol dan difenilamin yang menghasilkan efisiensi tinggi terhadap peralatan DSSC?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan pengaruh modifikasi struktur jembatan  $\pi$  zat warna tipe D- $\pi$ -A berbasis donor fenol dan difenilamin terhadap serapan cahaya zat warna pada DSSC.
2. Menentukan pengaruh gugus pendorong ( $\text{NH}_2$  dan  $\text{C}(\text{CH}_3)_3$ ) dan penarik ( $\text{NO}_2$  dan  $\text{CN}$ ) elektron terhadap serapan cahaya zat warna tipe D- $\pi$ -A berbasis donor fenol dan difenilamin
3. Menentukan zat warna terbaik berbasis donor fenol dan difenilamin yang mampu menghasilkan serapan cahaya tinggi terhadap peralatan DSSC.

## 1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu dapat menentukan efisiensi serapan cahaya dan efisiensi daya zat warna tipe D- $\pi$ -A berbasis fenol dan difenilamin yang nantinya dapat ditentukan struktur molekul terbaik yang mampu meningkatkan efisiensi daya listrik DSSC dan dapat disintesis dalam skala laboratorium dan industri sebagai *sensitizer* pada DSSC yang menghasilkan serapan cahaya yang tinggi, murah dan ramah lingkungan.