

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok untuk mendukung hampir seluruh aktifitas manusia. Seiring dengan perkembangan dunia industri dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia yang sangat pesat, tingkat konsumsi energi listrik terus meningkat karena dibutuhkan energi dalam jumlah yang besar. Hal ini didukung oleh pernyataan kementerian ESDM yang menyatakan bahwa untuk mendukung pertumbuhan ekonomi 6% per tahun dibutuhkan pertumbuhan tenaga listrik sebesar 7,5% hingga 8% (Herdiman, 2015).

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan sebaran penduduk yang tidak merata. Penyediaan listrik belum mencapai seluruh daerah, khususnya daerah terpencil. Jika membangun PLTA, atau pembangkit listrik setingkatnya di daerah terpencil tentu kurang efektif karena memerlukan anggaran yang besar. Selain itu, kebutuhan listrik di daerah terpencil pun belum terlalu besar seperti di Jawa yang padat penduduknya. Dalam rangka mendukung pertumbuhan tenaga listrik di Indonesia dan memenuhi kebutuhan listrik regional daerah terpencil akan lebih efisien jika digunakan energi alternatif. Penggunaan energi alternatif memiliki beberapa keuntungan diantaranya tidak memerlukan anggaran yang besar, membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, ramah lingkungan dan mampu mengembangkan potensi sumber daya energi lokal.

Indonesia termasuk negara beriklim tropis yang mendapat lama penyinaran yang panjang dengan total intensitas penyinaran matahari di Kawasan Barat dan Kawasan Timur Indonesia rata – rata 4.500 Wh/m^2 dan 5.100 Wh/m^2 setiap hari. Nilai tersebut jauh lebih besar dibandingkan dengan Jepang yang total intensitas penyinarannya hanya $150 - 180 \text{ Wh/m}^2$ setiap hari (Mardiana, 2010). Meninjau potensi energi matahari yang besar di Indonesia, pemanfaatan energi matahari dengan pembuatan sel surya merupakan prospek yang sangat menjanjikan. Selain itu, energi matahari termasuk energi alternatif yang sangat potensial karena ramah lingkungan dan tersedia dalam jumlah besar untuk waktu yang sangat panjang.

Sel surya bekerja dengan cara mengkonversi secara langsung energi matahari menjadi energi listrik. Sel surya yang banyak digunakan saat ini adalah sel surya berbasis teknologi silikon yang merupakan hasil dari perkembangan pesat teknologi semikonduktor elektronik. Hingga saat ini, masih terus dilakukan penelitian sel surya hingga ditemukan sel surya generasi ketiga yang terbuat dari bahan organik atau yang dikenal sebagai DSSC (*Dye-Sensitized Solar Cell*). DSSC merupakan sel surya yang memiliki beberapa keunggulan diantaranya bersahabat dengan lingkungan, biaya produksinya yang murah, *dye* tersedia dalam jumlah banyak, mudah mengekstraksi dan mudah terurai dilingkungan serta tidak diperlukan proses pemurnian lebih lanjut (Zhou dkk., 2011; K. Singh dkk., 2013).

DSSC pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 di École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Swiss. DSSC secara garis besar terdiri dari tiga bagian yaitu *photoanoda* transparan (elektroda kerja), larutan elektrolit, dan *counter elektrode* (CE) atau elektroda lawan. Dari sejumlah penelitian, diketahui bahwa penggunaan Ruthenium kompleks sebagai *dye* yang berfungsi sebagai penangkap cahaya (*photosensitizer*) menghasilkan efisiensi yang tinggi, tetapi terdapat sejumlah kekurangan karena biaya produksi yang mahal, kerumitan dalam sistesis, tidak ramah lingkungan dan cenderung mengalami degradasi ketika berinteraksi dengan air (Yusoff dkk., 2013). Oleh karena itu, para peneliti mulai beralih dengan menggunakan *dye* alami yang berasal dari alam. *Dye* alami seperti antosianin, karoten, klorofil, dan lainnya bisa diperoleh dari daun, buah, bunga dan batang tumbuh-tumbuhan.

Mengingat Indonesia merupakan daerah yang kaya akan spesies tumbuhan, hal ini menginspirasi penulis untuk memanfaatkan potensi yang ada di lingkungan sekitar dengan melakukan penelitian DSSC menggunakan tumbuhan Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) sebagai *dye*-nya. Tumbuhan ini dipilih karena diperkirakan dalam daun tumbuhan *Cordyline Fruticosa* terdapat pigmen antosianin dan klorofil yang akan berguna sebagai penangkap cahaya dalam DSSC. Antosianin memiliki rentang penyerapan pada rentang panjang gelombang 500 - 600 nm dan klorofil a memiliki puncak penyerapan pada panjang gelombang 658 nm, 661,6 nm (diekstrak dengan aseton), 664,2 nm (diekstrak dengan etanol), dan 665,2 nm (diekstrak dengan metanol) (Hemalatha dkk., 2012; Wrolstad dkk., 2001;

Romi Nugraha, 2015

KARAKTERISTIK FOTOFISIKA-KIMIA FOTOSENSITIZER HANJUANG (*CORDYLINE FRUTICOSA*) PADA *DYE SENSITIZED SOLAR CELLS*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Nurhayati & Suendo V,2011). Beberapa peneliti sebelumnya memperoleh kesimpulan bahwa kombinasi beberapa pigmen bisa meningkatkan performa absorpsi *dye*. Antosianin dari *Ipomoea Pescaprae* menghasilkan puncak absorpsi pada panjang gelombang 526 nm. Ekstrak klorofil dari *Imperata cylindrica* (L.) *Beauv* menghasilkan puncak absorpsi pada panjang gelombang 656 nm. Ekstrak kombinasi antosianin dan klorofil dari kedua tumbuhan tersebut menghasilkan puncak absorpsi pada panjang gelombang 516 nm, dan 650 nm (Prima, 2013). Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan Chang dkk. (2009), ekstrak dari *Ipomoea Pescaprae* menghasilkan puncak penyerapan pada panjang gelombang 410 nm, sedangkan ekstrak dari bayam menghasilkan puncak penyerapan pada panjang gelombang 437 nm dan paduannya menghasilkan penyerapan pada rentang panjang gelombang 400-500 nm. Adanya paduan antosianin dan klorofil dalam tumbuhan Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) diharapkan akan memperlebar rentang panjang gelombang penyerapan sehingga menghasilkan efisiensi DSSC yang tinggi.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, diketahui bahwa penggunaan tipe pelarut dalam proses maserasi *dye* akan berpengaruh pada efisiensi DSSC. Penggunaan pelarut etanol menghasilkan efisiensi lebih tinggi yaitu 0,71% dibandingkan menggunakan pelarut air yang menghasilkan efisiensi 0,52%. Hal ini disebabkan karena penggunaan etanol menghasilkan tingkat agregasi molekul yang rendah dan dispersi molekul *dye* yang baik pada permukaan titanium oksida sehingga mampu meningkatkan efisiensi sistem (Wongcharee dkk., 2007). Peneliti lainnya menggunakan metanol dan menghasilkan efisiensi DSSC yang cukup tinggi. Li dkk. (2013) menggunakan pelarut metanol dalam ekstraksi *dye* dari kubis merah dan menghasilkan efisiensi DSSC sebesar 2,908%. Selain itu, Calogero dkk. (2013) menggunakan aseton untuk mengekstraksi klorofil dari *Undaria Pinnatifida* dan menghasilkan efisiensi DSSC sebesar 0,178%. Tumbuhan Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) diduga memiliki kandungan klorofil dan antosianin, untuk itu perlu dilakukan penelitian dengan memvariasikan pelarut selama proses maserasi dengan harapan memperoleh pelarut yang paling optimal dalam mengekstrak pigmen dari daun Hanjuang sehingga akan menghasilkan DSSC yang memiliki efisiensi tinggi.

Dalam mekanisme kerja DSSC, arus dihasilkan dari rangkaian proses fotofisika dan fotokimia : ketika cahaya mengenai sistem DSSC, elektron dalam molekul *dyes* akan mengalami fotoeksitasi dari keadaan dasar (level energi HOMO) ke keadaan tereksitasi (level energi LUMO) kemudian elektron tersebut diinjeksikan pada pita konduksi oksida semikonduktor. Elektron di pita konduksi semikonduktor selanjutnya diinjeksikan pada substrat TCO dan akan melewati rangkaian eksternal menuju elektroda lawan. Elektron di elektroda lawan akan kembali pada molekul *dye* yang teroksidasi dengan bantuan elektrolit. Rangkaian proses ini akan terus berlangsung sehingga membentuk sebuah siklus. Rangkaian proses fotofisika dan fotokimia dalam DSSC dapat dijelaskan lebih mendalam dengan mengetahui karakteristik fotofisika dan fotokimianya yang diuraikan dalam beberapa karakteristik : *pertama* karakteristik absorpsi, *dye* idealnya memiliki absorpsi yang tinggi pada rentang panjang gelombang yang lebar sehingga elektron yang dieksitasikan oleh foton dalam molekul *dye* akan lebih banyak. *Kedua*, karakteristik gugus organik, *dye* sebaiknya memiliki *anchoring grup* (gugus jangkar) yaitu gugus hidroksil dan karbonil agar *dye* terikat dengan baik pada oksida semikonduktor. *Ketiga*, karakteristik transfer muatan antarmuka fotosensitizer dan oksida semikonduktor yang dijelaskan dengan menganalisa level energi HOMO-LUMO *dye* dan resistansi internal DSSC. *Dye* idealnya memiliki level energi LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) yang lebih besar daripada pita konduksi elektroda TiO₂ untuk mencegah rekombinasi elektron dengan molekul *dye* lain yang teroksidasi dan transfer balik elektron pada elektrolit, juga memiliki level energi HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) yang lebih kecil dibandingkan dengan potensial redoks (I_3^-/I^-) untuk mempercepat regenerasi *dye* teroksidasi melalui transfer elektron dari donor elektron I^- (Prima, 2013). Selain itu, agar transfer muatan antara antarmuka dalam DSSC lancar sebaiknya memiliki resistansi internal yang kecil sehingga menghasilkan efisiensi yang tinggi. *Keempat* karakteristik kelistrikan (I-V), DSSC yang baik memiliki performa tinggi yang salah satunya direpresentasikan oleh nilai efisiensi.

Dalam penelitian ini, digunakan tumbuhan Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) sebagai *dye* DSSC yang dimaserasi dalam tiga jenis pelarut berbeda yaitu dalam

aseton, dalam etanol, dan dalam metanol. Kemudian dilakukan sejumlah karakterisasi untuk mengetahui karakteristik fotofisika dan fotokimia DSSC yang terbuat dari ketiga jenis *dye Cordyline Fruticosa*. Karakteristik absorpsi *dye* dapat diketahui melalui karakterisasi dengan alat spektroskopi UV-Vis, kandungan organik *dye* untuk mencari gugus hidroksil dan karbonil dapat diketahui melalui karakterisasi dengan alat spektroskopi FTIR, level energi HOMO dan LUMO *dye* diteliti melalui karakterisasi dengan alat *Cyclic Voltametry (CV)*, karakteristik resistansi internal DSSC diteliti melalui karakterisasi dengan alat *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)* dan karakteristik kelistrikan DSSC diuji dengan lampu LED berintensitas 100 mW/cm^2 .

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik serapan cahaya (absorpsi) Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) yang dimaserasi dalam pelarut berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol?
2. Bagaimana karakteristik kandungan gugus organik Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) yang dimaserasi dalam pelarut berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol?
3. Bagaimana karakteristik level energi (HOMO-LUMO) Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) yang dimaserasi dalam pelarut berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol?
4. Bagaimana karakteristik resistansi internal DSSC yang dibuat dari *dye* Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) yang dimaserasi dalam pelarut berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol?
5. Bagaimana karakteristik kelistrikan DSSC yang dibuat dari *dye* Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) yang dimaserasi dalam pelarut berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak terlalu melebar, masalah dalam penelitian ini dibatasi pada beberapa hal yaitu :

1. Penelitian berfokus pada *dye* untuk mengetahui karakteristik absorpsi dan karakteristik transfer muatan antarmuka *photosensitizer Cordyline Fruticosa* – Titanium Dioksida *nanoparticle* pada *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC).
2. Proses maserasi tumbuhan Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) dilakukan dalam tiga jenis pelarut yang berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol.
3. Penelitian ini dibatasi hanya pada ranah eksperimen tanpa melibatkan aspek teoretikal.
4. Menggunakan elektroda kerja TiO₂ nanopartikel MS001610, elektrolit HSE (*High Stability Electrolyte*) MS005616, sealant MS004610 dan elektroda lawan berlapis platina MS001651 produksi *Dyesol*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik serapan cahaya (absorpsi) Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) yang dimaserasi dalam pelarut berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol.
2. Menganalisis karakteristik kandungan gugus organik Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) yang dimaserasi dalam pelarut berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol.
3. Menganalisis karakteristik level energi (HOMO-LUMO) Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) yang dimaserasi dalam pelarut berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol .
4. Menganalisis karakteristik resistansi internal DSSC yang dibuat dengan *dye* Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) yang dimaserasi dalam pelarut berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol.
5. Mengetahui karakteristik kelistrikan DSSC yang dibuat dengan *dye* Hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) yang dimaserasi dalam pelarut berbeda yaitu dalam aseton, dalam etanol dan dalam metanol.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari pelaksanaan penelitian ini adalah

1. Sebagai salah satu upaya untuk mendukung pertumbuhan energi listrik di Indonesia.

2. Sebagai salah satu usaha untuk membantu pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan.
3. Mengembangkan dan memanfaatkan potensi alam yang ada dilingkungan sekitar.
4. Meningkatkan nilai guna tumbuhan yang belum termaksimalkan.
5. Data-data dari penelitian ini dapat digunakann sebagai rujukan untuk penelitian selanjutnya.

1.6 Struktur Organisasi Penulisan

Struktur organisasi penulisan dalam skripsi ini terdiri dari :

1. Bab I, memaparkan latar belakang dilakukannya penelitian tentang DSSC yang menggunakan tumbuhan hanjuang (*Cordyline Fruticosa*) sebagai *dye*-nya. Rumusan masalah dan batasan masalah yang merupakan identifikasi spesifik dari permasalahan yang diteliti. Kemudian diikuti tujuan dan manfaat penelitian serta struktur organisasi penulisan skripsi .
2. Bab II, menjelaskan kanjian pustaka yang berisi hukum-hukum , teori-teori, rumus-rumus, dalil-dalil, konsep-konsep, dan model-model yang berhubungan dengan topik penelitian yang diperoleh dari studi literatur.
3. Bab III, menjelaskan metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari metode yang digunakan, lokasi penelitian, alat dan bahan yang digunakan, desain penelitian, langkah kerja beserta karakterisasi dalam penelitian yang telah dilakukan .
4. Bab IV, membahas dan menganalisis hasil dari pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan.
5. BAB V, terdiri dari kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan beserta saran untuk penelitian selanjutnya.