

BAB II

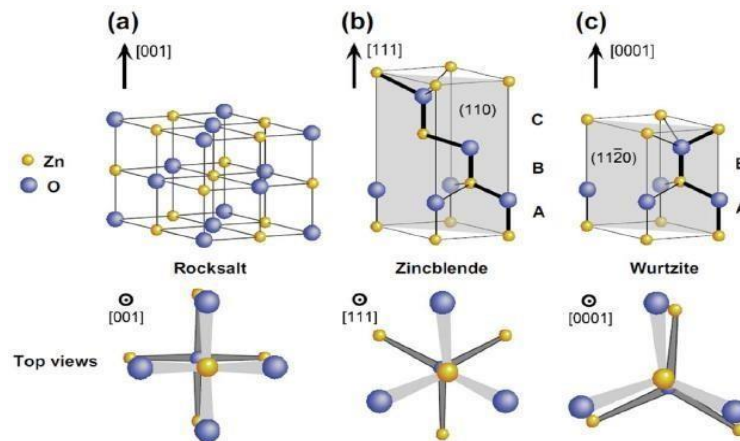
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Zinc Oxide (ZnO)

Zinc Oxide (ZnO) merupakan salah satu bahan pembuat lapisan tipis. Pada dasarnya ZnO adalah bahan semikonduktor yang memiliki kinerja tinggi dan panjang gelombang yang pendek pada perangkat optoelektronik karena besar band gap atau lebar celah pita energi sekitar 3,37 eV dan besar energi ikat exciton sekitar 60 MeV tetap stabil pada suhu kamar [17]. Nilai *band gap* yang besar akan mempengaruhi besarnya tegangan untuk mengubah material menjadi penghantar listrik, kemampuan untuk bertahan di bawah medan listrik yang besar, dan kemampuan beroperasi pada suhu dan daya tinggi. Selain itu karena memiliki lebar celah pita energi yang besar ZnO memiliki sifat transparan dalam daerah spektrum sinar tampak [18].

Sifat transparan pada ZnO ini dikarenakan perbedaan antara energi foton dan energy gap yang semakin besar menyebabkan serapan turun (transmitansi naik). Terkait dengan sifat-sifat ZnO yang *catalytic*, *optoelectronic*, dan *piezo electric properties*, material ZnO telah diteliti dan dipelajari secara luas untuk aplikasi light-emitting diodes [19], solar cells [20], photovoltaic devices [21] dan sensor [22]. ZnO mengkristal pada tiga bentuk *wurtzite hexagonal* [23], *zinc blende cubic*, *rocksalt cubic*.

Kondisi stabil ZnO berada pada struktur kristal *wurtzite hexagonal*, yang memiliki parameter kisi $a=b$ sebesar 3.2495 Å dan $c = 5.2069$ Å seperti pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Struktur kristal dari ZnO [24]. (a) Struktur rocksalt (b) Struktur zinc blende (c) Struktur wurtzite

2.2 Doping Fe

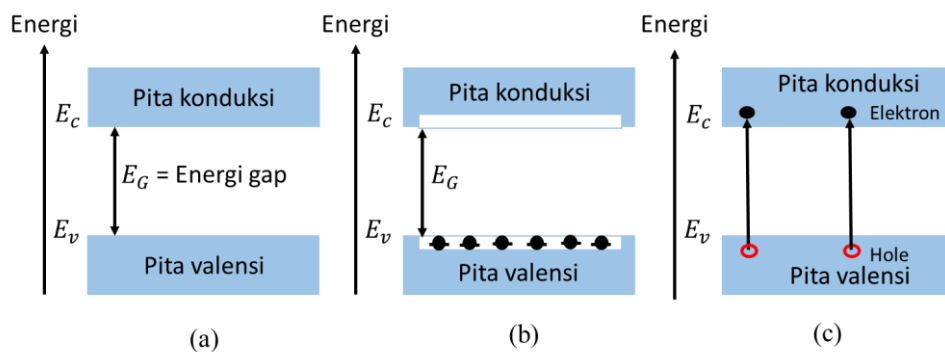
Doping merupakan metode penambahan unsur lain dengan presentase lebih kecil yang efektif untuk mengubah sifat fisik seperti sifat optik, magnet, dan listrik. Untuk itu Fe dianggap sebagai dopan ZnO yang efektif untuk komunikasi optik dan fabrikasi perangkat optoelektronik [25,26]. Besi merupakan sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Fe dan nomor atom 26. Fe memiliki berat massa sebesar 55.845 g/mol. Besi (Fe) stabil secara kimiawi dan ada dalam dua kemungkinan kondisi oksidasi, Fe^{2+} dan Fe^{3+} memiliki jari-jari ionik (0,78 Å dan 0,64 Å) yang dekat dengan jari-jari ion Zn^{2+} (0,74 Å) [27]. Dengan demikian, dapat dengan mudah masuk ke situs kisi Zn baik secara substitusi atau interstisial tanpa mengganggu struktur kristal ZnO dan dapat berkontribusi lebih banyak pembawa muatan untuk meningkatkan konduktivitasnya [27].

2.3 Band Gap (Pita Energi) Semikonduktor

Semikonduktor dibagi menjadi dua yaitu semikonduktor intrinsik dan semikonduktor ekstrinsik. Semikonduktor intrinsik merupakan semikonduktor yang belum disisipkan atom-atom lain. Semikonduktor jenis ini memiliki elektron dan hole (pembawa muatan positif) yang sama. Konduktivitas semikonduktor intrinsik sangat rendah, karena terbatasnya jumlah pembawa muatan hole maupun elektron bebas. Sedangkan semikonduktor ekstrinsik merupakan semikonduktor

yang sudah dimasukkan sedikit ketidakmurnian (doping). Akibat doping ini maka hambatan jenis semikonduktor mengalami penurunan. Semikonduktor jenis ini terdiri dari dua macam, yaitu semikonduktor tipe-P (pembawa hole) dan tipe-N (pembawa elektron) [28]. Bahan semikonduktor memiliki sifat hantaran listrik yang khusus. Jika bahan semikonduktor dipanaskan, hambatan jenisnya akan berkurang. Hal ini disebabkan karena elektron-elektron pada pita valensi mendapatkan energi termik yang cukup untuk melompat ke pita konduksi. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak elektron yang mendapatkan energi termik sehingga semakin banyak pula elektron-elektron yang loncat ke pita konduksi. Dalam pita konduksi ini elektron bergerak lincah sehingga dapat bertindak sebagai penghantar listrik yang baik. Oleh sebab itu, hambatan jenis bahan semikonduktor turun dengan cepat apabila terjadi kenaikan suhu [28]. Konduktivitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk membawa arus listrik.

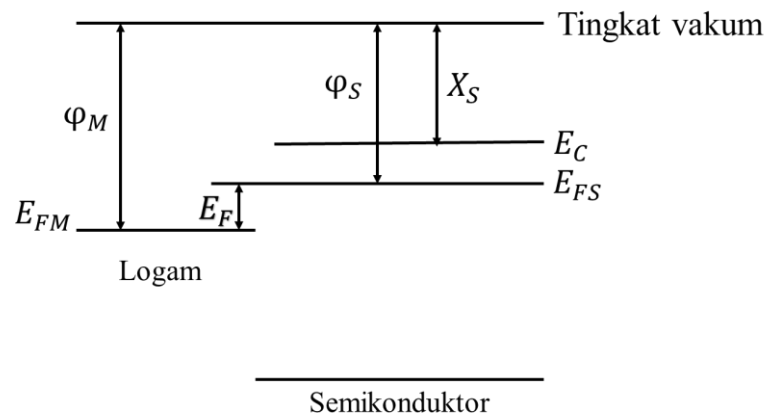
Berdasarkan konsep pita energi, semikonduktor merupakan bahan yang pita valensinya hampir penuh sedangkan pita konduksinya hampir kosong dengan lebar pita terlarang atau (E_g) sangat kecil (± 1 hingga 2 eV). Struktur pita energi pada semikonduktor terdapat pita valensi dan pita konduksi yang disebut dengan energi gap (E_g). Semikonduktor adalah material yang memiliki nilai konduktivitas diantara isolator dan konduktor. Bahan semikonduktor dapat berubah sifat kelistrikannya apabila temperaturnya berubah. Celah pita antara pita valensi dan pita konduksi yang sempit memungkinkan elektron akan tereksitasi secara termal pada temperatur ruang dari pita valensi menuju pita konduksi [29].



Gambar 2.2 Struktur pita pada semikonduktor. Digambar ulang dari [30].

2.4 Model Jalur Hubungan Logam dan Semikonduktor

Semua jenis bahan mempunyai tingkatan vakum yang sama. Celah energi antara tingkatan Fermi dari sebuah bahan dan tingkatan vakum disebut fungsi kerja [31]. **Gambar 2.3** menunjukkan model jalur logam dan sebuah semikonduktor tipe-n relatif terhadap tingkat vakum. φ_M dan φ_S masing-masing adalah fungsi kerja dari logam dan semikonduktor. Fungsi kerja logam (φ_M) adalah energi yang diperlukan untuk melepaskan satu elektron dari permukaan dan memindahkannya ke tingkat vakum, sedangkan fungsi kerja pada semikonduktor (φ_S) merupakan energi yang diperlukan untuk memindahkan satu elektron dari pita konduksi ke tingkat vakum. Bila pada logam diberikan energi dari luar yang lebih besar dari φ_M , elektron-elektron dekat E_F akan dinaikkan ketingkatan vakum dan menjadi elektron bebas. Celah energi dari semikonduktor antara tingkatan vakum dan E_C disebut afinitas elektron (χ_s). Afinitas elektron adalah energi yang menyertai proses penambahan satu elektron pada suatu atom yang netral dalam wujud gas, sehingga terbentuk ion yang bermuatan -1. E_F adalah perbedaan tingkat Fermi antara logam dan semikonduktor.



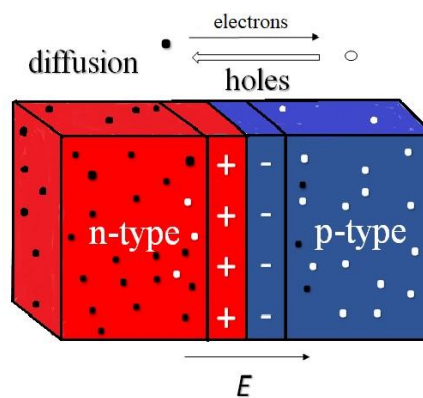
Gambar 2.3 Skema level energi logam dan semikonduktor

Digambar ulang dari [31].

Karena $E_{FS} > E_{FM}$ maka elektron berpindah dari semikonduktor ke logam, sampai perbedaan tingkatan Fermi mereka menjadi nol. Hasilnya jumlah elektron dalam semikonduktor menurun. Muatan-muatan positif mengionisasikan donor yang menempati suatu lebar tertentu dari semikonduktor terhadap bidang pertemuan

Medan listrik tersebut menghalangi arus elektron yang berasal dari daerah netral ke logam. Seperti terlihat pada **Gambar 2.4** medan listrik ini menaikkan tegangan daerah muatan ruang yang disebut dengan tegangan *barrier* atau *barrier Schottky*.

dari tipe-n ke tipe-p akan mengakibatkan jumlah hole pada tipe-p semakin berkurang kemudian akhirnya bermuatan positif, begitu pula pada hole yang berpindah dari tipe-p menuju tipe-n akan mengakibatkan jumlah elektron pada tipe-n semakin berkurang hingga akhirnya bermuatan negatif. Hal tersebut mengakibatkan adanya daerah deplesi yang berperan untuk menghambat proses difusi secara terus-menerus antara elektron dan hole. Kemudian pada daerah ini akan timbul medan listrik (E) hal ini karena adanya perbedaan muatan positif dan muatan negatif. Dengan adanya medan listrik maka akan timbul arus listrik yang mengalir pada beban seperti dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 P-N junction. Digambar ulang dari [1].

2.6 Solar Cell

Solar cell merupakan sebuah peralatan semikonduktor yang terdiri dari dua buah wilayah besar yang dikenal dengan p-n junction, yang mampu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Solar cell adalah salah satu jenis sensor cahaya photovoltaic yang mempunyai pengertian sebuah sensor yang dapat mengubah intensitas cahaya menjadi perubahan tegangan pada outputnya.

Secara umum prinsip kerja sel surya mirip dengan fotodetektor, namun memiliki perbedaan antara lain sel surya dapat menyerap spektrum energi foton yang cukup lebar, yaitu foton yang memiliki energi sama atau lebih besar dari celah pita energi material semikonduktornya, sedangkan fotodetektor hanya menyerap energi foton yang energinya disekitar celah pita energi semikonduktor. Sel surya merupakan fotovoltaiik yaitu divais yang mampu mengubah sinar matahari menjadi energi

listrik DC, tegangan yang dihasilkan sebanding dengan paparan cahaya sinar matahari yang mengenai permukaan sel surya.

Peran dari p-n junction ini untuk sel surya adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang.

Berdasarkan teori Maxwell tentang radiasi elektromagnet, cahaya dapat dianggap sebagai spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda. Pendekatan yang berbeda dijabarkan oleh Einstein bahwa efek fotoelektrik mengindikasikan cahaya merupakan partikel diskrit atau quanta energi. Dualitas cahaya sebagai partikel dengan gelombang dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda \quad (2.1)$$

Dimana cahaya pada frekuensi f atau panjang gelombang λ datang dalam bentuk paket-paket foton dengan energi sebesar E , h adalah konstanta Planck ($6,625 \times 10^{-34}$ J/s) dan c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s). Sifat cahaya sebagai energi dalam paket-paket foton ini yang diterapkan pada sel surya.

Semakin besar input yang diberikan, maka daya listrik yang dapat dihasilkan oleh sel surya semakin besar. Daya listrik adalah besaran yang diturunkan dari nilai tegangan dan arus yang dihasilkan merupakan bagian dari kelistrikan yang dimiliki oleh sel surya. Daya listrik yang diberikan oleh sel surya adalah:

$$P_{sel} = V_{sel} \cdot I_{sel} \quad (2.2)$$

Efisiensi keluaran maksimum (η) didefinisikan sebagai persentase daya keluaran optimum terhadap energi cahaya yang digunakan, yang dituliskan sebagai:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Pada saat sel surya dikenai cahaya maka hanya energi photon yang sama besar atau lebih besar dari energi band gap tertentu yang mampu menghasilkan pasangan elektron ke hole, arus yang dihasilkan pada kondisi itu disebut arus photon atau cahaya arus mengalami pengurangan didalam karena pengaruh tahanan pada dioda dan sambungannya gabungan PN [1].

2.7 Karakterisasi Lapisan Tipis FZO

Lapisan tipis semikonduktor FZO akan diuji baik sifat fisika maupun kimia, diantaranya sifat struktur, sifat optik, serta sifat listik dengan instrument XRD, SEM, UV-Vis, serta kurva I-V.

2.7.1 X-Ray Diffraction (XRD)

X-ray diffraction atau difraksi sinar-x merupakan metode analisis yang memanfaatkan interaksi antara sinar-X dengan atom yang tersusun dalam sebuah sistem kristal. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Selain itu, juga dimanfaatkan untuk mengetahui rincian lain seperti susunan berbagai jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat kristal.

XRD berguna untuk mengidentifikasi struktur kristal suatu zat padat, yaitu dengan membandingkan nilai jarak bidang kristal (d) dan intensitas puncak difraksi dengan data standar. Sinar-X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang (λ) antara 10 nm hingga 100 pm, biasanya sinar-X dihasilkan dari penembakan elektron berenergi kepada logam. Sinar ini memiliki penetrasi yang besar, sehingga sinar-X dapat mengetahui periodisitas kristal.

Ratnasari dkk. [33] juga menyatakan bahwa pada waktu suatu material dikenai sinar-X, maka intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh material dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar-X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi. Hukum yang digunakan pada difraksi sinar-X adalah Hukum Bragg, yaitu:

$$n \lambda = 2d \sin \theta \quad (2.4)$$

Dimana :

n = orde berkas dihambur;

λ = panjang gelombang

d = jarak antar bidang kristal

θ = sudut difraksi.

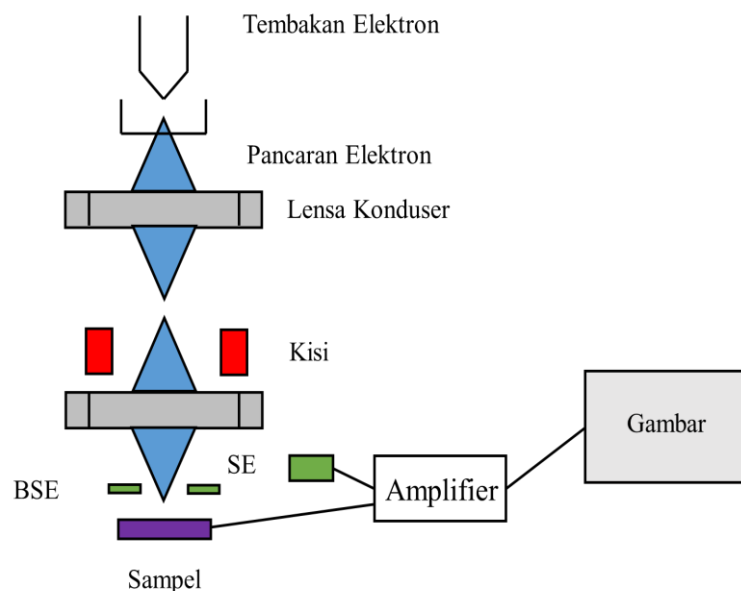
Hukum Bragg menghubungkan sudut difraksi (2θ) dan d_{hkl} . Pada umumnya dalam difraktometer panjang gelombang sinar-X tetap, sehingga jarak pada bidang-bidang menghasilkan puncak difraksi hanya pada sudut 2θ . D_{hkl} merupakan fungsi geometris ukuran dan bentuk pada sel satuan. D_{hkl} dapat didefinisikan juga sebagai besaran vektor yang diambil dari bidang hkl pada sudut 90° karena D_{hkl} menyatakan jarak antar bidang-bidang yang sejajar pada atom.

2.7.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Setelah penumbuhan lapisan dilakukan pengukuran ketebalan. Ketebalan merupakan salah satu parameter untuk menjelaskan sifat fisis suatu lapisan tipis [34]. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan salah satu alat yang populer untuk mengukur ketebalan dan ukuran butir suatu lapisan tipis [34,35]. SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi [36]. Permukaan benda

yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah dimana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda. Kelebihan dari pengukuran ketebalan menggunakan SEM adalah dapat mengukur ketebalan lapisan tipis secara real time melalui perbesaran gambar hasil scanning berkas elektron sehingga ketebalan lapisan sesuai dengan ukuran sebenarnya [34].

Prinsip kerja SEM yaitu sumber elektron yang berasal dari filamen katoda ditembakkan menuju sampel. Berkas elektron tersebut kemudian difokuskan oleh lensa magnetik sebelum sampai pada permukaan sampel. Lensa magnetik memiliki lensa kondenser yang berfungsi memfokuskan sinar elektron. Berkas elektron kemudian menghasilkan *Backscattered Electron* (BSE) dan *Secondary Electron* (SE) menuju sampel, dimana SE akan terhubung dengan *amplifier* yang kemudian dihasilkan gambar pada monitor.



Gambar 2.6 Skematik prinsip kerja SEM. Digambar ulang dari [34].

Karakterisasi dengan SEM digunakan untuk melihat efek doping Fe pada morfologi film ZnO. Dengan SEM kita dapat mengukur ukuran butir serta tebal lapisan film yang terbentuk, sehingga dapat diperoleh data untuk menganalisis sifat struktur dari film ZnO.

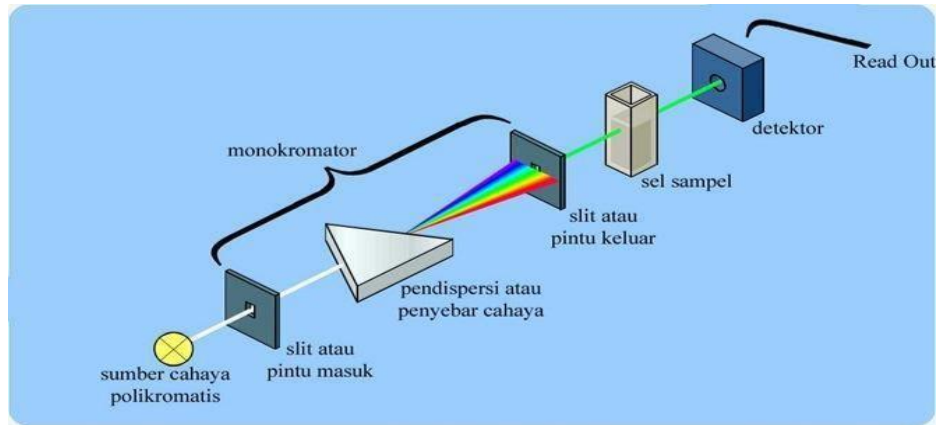
2.7.3 Spektrofotometer UV–Vis

Spektrofotometer sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer ialah menghasilkan sinar dari spektrum dan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Jadi spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang [37].

Skema mekanisme spektrofotometer UV-Vis menjelaskan bahwa cahaya yang berasal dari lampu deuterium maupun wolfram yang bersifat polikromatis diteruskan melalui lensa menuju ke monokromator pada spektrofotometer dan filter cahaya pada fotometer. Monokromator kemudian akan mengubah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis (tunggal). Berkas-berkas cahaya dengan panjang tertentu kemudian dilewatkan pada sampel yang mengandung suatu zat dalam konsentrasi tertentu. Oleh karena itu, terdapat cahaya yang diserap (diabsorpsi) dan ada pula yang dilewatkan. Cahaya yang dilewatkan ini kemudian diterima oleh detektor. Detektor kemudian akan menghitung cahaya yang diterima dan mengetahui cahaya yang diserap oleh sampel. Cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi zat yang terkandung dalam sampel sehingga akan diketahui konsentrasi zat dalam sampel secara kuantitatif.

Secara sederhana instrument spektrofotometri yang disebut spektrofotometer terdiri dari :

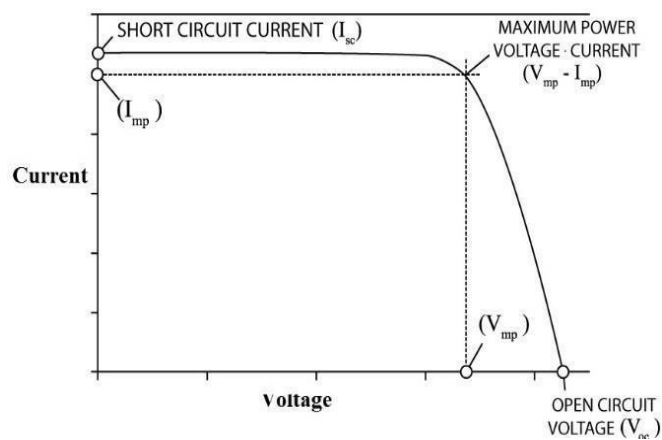
Sumber cahaya – monokromatis – sel sampel – detector- read out



Gambar 2.7 Pembacaan spektrofotometer [37].

2.7.4 Pengukuran I-V

Pengukuran kurva I-V merupakan suatu teknik untuk mengetahui sifat listrik suatu material. Karakteristik I-V merupakan hubungan fisis arus dengan tegangan [38]. Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapatkan cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama. Kemampuan ini direpresentasikan dalam kurva arus-tegangan (I-V) seperti **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Karakterisasi kurva I-V pada sel surya [39].

Ada beberapa parameter utama dari kurva hubungan arus dan tegangan yaitu arus short circuit current (I_{sc}), arus maksimum (I_m), tegangan open circuit (V_{oc}), tegangan maksimum (V_m) dan daya maksimum (P_{mpp}). Berdasarkan kurva diatas dapat dilihat bahwa titik potong antara (I_m) dan (V_m) disebut (P_{mpp}) sel surya dimana puncak daya maksimum (P_{mpp}) suatu sel surya merupakan hasil kali antara I_m dan V_m . Kurva tersebut sangat dipengaruhi oleh besarnya cahaya matahari yang diterima, maka semakin besar cahaya matahari yang diterima, maka semakin besar pula tegangan (V_m) dan arus (I_m) sel surya tersebut, sehingga daya (P_{mpp}) juga semakin besar.

Pada penelitian ini pengukuran I-V dilakukan dengan menggunakan instrumen multimeter digital dan power supply. Kurva I-V digunakan sebagai informasi untuk memperoleh karakteristik utama yaitu sensitivitas.

2.8 Metode Spray Pyrolysis

Spray pyrolysis adalah salah satu metode penumbuhan film tipis di mana dilakukan penyemprotan larutan sampai mengendap pada substrat yang telah dipanaskan, yang kemudian bereaksi untuk membentuk senyawa kimia [40]. Metode spray pyrolysis mampu menghasilkan partikel berbentuk bulat, tanpa aglomerasi, serta rentang waktu produksi yang sangat pendek (dapat kurang dari satu detik). Ukuran partikel yang dihasilkan juga dapat dikontrol dengan mudah melalui pengontrolan konsentrasi prekursor yang digunakan maupun ukuran droplet yang dihasilkan nebulizer. Komposisi kimiawi partikel yang disintesis juga mudah dikontrol melalui pengontrolan fraksi molar masing-masing prekursor dalam larutan yang akan dispray.

Dengan menggunakan konsentrasi prekursor yang sangat kecil, maka secara teoretis metode spray pyrolysis dapat juga digunakan untuk mengasilkan partikel dalam orde nanometer. Beberapa penulis juga melaporkan sintesis nanopartikel dengan menggunakan metode spray pyrolysis [41,42]. Sintesis partikel dengan metode spray pyrolysis diawali dengan proses penyemprotan larutan prekursor dalam bentuk droplet oleh nebulizer. Droplet yang mengandung pelarut dan

material prekursor kemudian dibawa menggunakan carrier gas ke reaktor yang telah diset pada suhu tertentu. Pemanasan pada suhu tinggi yang terjadi dalam reaktor tersebut menguapkan pelarut yang diikuti dengan reaksi kimia pada suhu tinggi (pyrolysis) untuk membentuk partikel. Partikel yang terbentuk dibawa oleh carrier gas dan terkumpul di kolektor. Kolektor dapat berupa filter atau wadah yang di dalamnya terdapat dua elektroda yang dipasang pada tegangan DC tinggi (sekitar 10 kV). Spray pyrolysis sangat potensial digunakan untuk membuat partikel oksida dengan diameter puluhan mikrometer hingga sub mikrometer [43].

Pada metode *Spray Pyrolysis* pada penelitian ini alat yang digunakan adalah *nanospray*. *Nanospray* adalah alat yang mampu mengubah partikel kecil ke skala nanometer. Alat ini memiliki kapasitas tangki 20 ml dan memiliki daya atomizer minimal 0.2 atau 200 nm. Harga alat ini sangat murah, sehingga mengurangi biaya penumbuhan film tipis. Jarak optimum *spray* alat ini sampai 15 cm pada temperatur ruang.



Gambar 2.9 Alat *nanospray*

Pada metode *spray pyrolysis* terdapat beberapa parameter penting untuk mengontrol struktur dari film tipis diantaranya yaitu temperatur penumbuhan, molaritas [44, 45], jarak *nozzle* ke substrat, serta waktu deposisi [46]. Di antara variabel-variabel ini, temperatur penumbuhan pada substrat telah dianggap sebagai faktor paling penting dalam memproduksi film tipis dari proses spray pyrolysis karena tetesan pengeringan, dekomposisi, kristalisasi, dan pertumbuhan butir sangat bergantung pada parameter ini [47].

2.9 Pelarut

Larutan sendiri terbagi atas pelarut (solvent) dan zat terlarut (solute). Pelarut merupakan benda cair atau gas yang melarutkan benda padat, cair atau gas, yang menghasilkan sebuah larutan. Pelarut memiliki titik didih rendah dan lebih mudah menguap. Pelarut (solvent) pada umumnya adalah zat yang berada pada larutan dalam jumlah yang besar, sedangkan zat lainnya dianggap sebagai zat terlarut (solute).

Pelarut juga bertindak sebagai kontrol suhu, salah satunya untuk meningkatkan energi dari tubrukan partikel sehingga partikel-partikel tersebut dapat bereaksi lebih cepat, atau untuk menyerap panas yang dihasilkan selama reaksi eksotermik [48]. Pada penelitian ini digunakan variasi pelarut yaitu aquades, etanol, dan alkohol.