

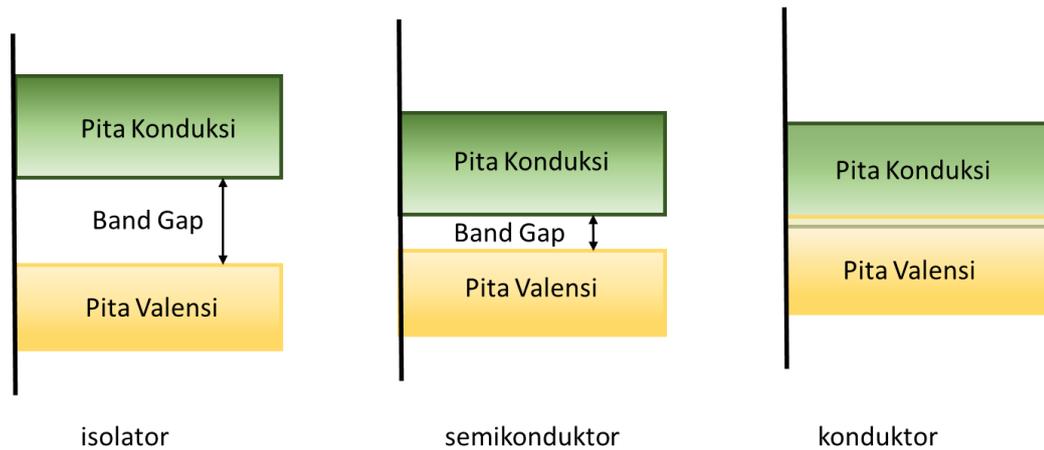
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Semikonduktor

Semikonduktor adalah material padat yang memiliki pita valensi energi yang lebih rendah dan pita konduksi energi yang lebih tinggi. Pada suhu nol absolut, valensi terisi penuh dengan elektron, dan pita konduksi tidak diisi oleh elektron, sehingga pada suhu nol absolut, material berubah menjadi isolator yang ideal [11]. Pertukaran elektron dari pita valensi ke pita konduksi disebabkan oleh pengaruh suhu dan radiasi. Namun, biasanya pada suhu di atas nol absolut, beberapa elektron berada di pita konduksi. Jika energi elektron lebih besar atau setara dengan energi hole di atasnya, elektron dapat bergerak. Elektron yang bertransisi ke pita konduksi akan menjadi elektron bebas dan meninggalkan banyak lubang yang disebut hole di pita valensi, yang kemudian akan bergabung kembali dengan elektron [12]. Elektron dan *hole* ini mengalirkan arus dalam bahan semikonduktor [13].

Material yang memiliki konduktivitas antara isolator dan konduktor disebut semikonduktor dan bahan ini bukan konduktor murni. Semikonduktor biasanya diklasifikasikan menurut resistivitasnya [12]. Semikonduktor akan bertindak sebagai isolator pada suhu yang sangat rendah, tetapi akan bertindak sebagai konduktor pada suhu kamar [12]. Pada material semikonduktor, kenaikan temperatur akan meningkatkan konduktivitas dan menurunkan tahanan, karena semakin tinggi temperatur maka akan semakin banyak elektron yang ditambahkan ke pita konduksi akibat penyerapan energi panas.

Secara umum, ada celah yang disebut celah energi antara pita valensi dan pita konduksi. Lebar celah antar pita energi disebut *band gap energy*. Dimana, tidak ada elektron yang diperbolehkan di wilayah ini dan fungsi gelombang elektron tidak diperbolehkan di wilayah ini karena, menurut larangan Pauli, setiap subkulit hanya dapat memiliki sejumlah elektron tertentu [14].



Gambar 2.1 Band Gap Energi [15].

Lebar *band gap* bergantung pada jenis material, fungsi gelombang atom, dan struktur konduktor, isolator, atau zat semikonduktor. Pita energi bahan konduktor sangat sempit, sehingga elektron yang ada pada pita valensi tertentu mudah dipindahkan ke pita konduksi [16]. Ini karena elektron pada pita valensi mengalami celah dibandingkan dengan pita konduksi yang terisi penuh elektron. Meskipun bahan isolator memiliki celah besar di daerah terlarang, akan sulit bagi elektron untuk bertransisi dari pita valensi menuju ke pita konduksi [17].

ketika semikonduktor mendapatkan energi yang sebanding dengan energi *band gap*, elektron akan tertarik ke pita konduksi, meninggalkan muatan positif yang disebut hole [18]. Sebagian besar *hole*-elektron ini akan tetap berada di sekitar permukaan semikonduktor, sehingga *hole* dapat bertindak dengan memulai reaksi oksidasi dan elektron memulai reaksi reduksi senyawa yang melingkupinya [17].

Selama elektron pada pita konduksi tidak terikat dengan atom lain, elektron tersebut akan dapat bergerak bebas di dalam kristal. Pergerakan elektron di dalam kristal akan membantu timbulnya energi arus listrik [19]. Berawal dari karakteristik *band gap*, maka sifat material dibedakan menjadi tiga jenis yaitu isolator, semikonduktor dan konduktor [20]. Semikonduktor dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan asal muatan pembawa yaitu sebagai berikut :

A. Semikonduktor Intrinsik

Semikonduktor intrinsik hanya terdiri dari komponen atau unsur, dan elektron dan hole berasal dari partikel yang sebenarnya. Semikonduktor intrinsik adalah bahan semikonduktor murni, tanpa disisipkan oleh akseptor sedikit pun. Jenis ini memiliki jumlah pembawa muatan elektron yang sama dengan jumlah pengangkut muatan *hole*, nilai konduktivitas jenis ini terbilang kecil, sehingga mobilitas pengangkut muatan kecil. Pada suhu yang sangat rendah, semikonduktor yang didoping umumnya menunjukkan nilai konduktivitas intrinsik [18, 9].

B. Semikonduktor Ekstrinsik

Semikonduktor ekstrinsik merupakan semikonduktor yang telah melalui penyisipan atom atau inklusi oleh molekul. pengotoran ini disebut doping. Dalam semikonduktor ekstrinsik ini, elektron dan *hole* diperoleh dari bahan dasar serta dari partikel pengotornya. Penggunaan penyisipan atom pada material semikonduktor dinamai sebagai doping. Dalam pandangan doping, bahan semikonduktor mengubah jumlah pengangkut muatan, konduktivitasnya meningkat dan resistansinya berkurang. Yang mana jenis ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu semikonduktor tipe-n dan tipe-p [22].

2.2 Detektor Kejernihan Air

Fotodetektor adalah divais yang berupa sensor cahaya yang dapat mengubah radiasi optik (foton) menjadi energi listrik (arus) [5]. Fotodetektor dapat diaplikasikan ke berbagai jenis sensor salah satunya adalah detektor kejernihan air. Ketika daerah aktif diberikan sumber cahaya (laser) maka elektron mendapatkan tambahan energi yang bergerak ke pita konduksi yang meningkatkan arus [23].

Prinsip kerja detektor ini pada umumnya sama dengan fotodetektor lain yang dapat menyerap energi foton pada celah pita energi semikonduktor. Detektor adalah fotokonduktif, yaitu sensor cahaya yang mampu menghasilkan resistansi atau perubahan tahanan. Semakin banyak cahaya yang diterima, semakin kecil

nilai resistansinya [4]. Selain itu, parameter utama yang mempengaruhi kinerja detektor adalah sensitivitas.

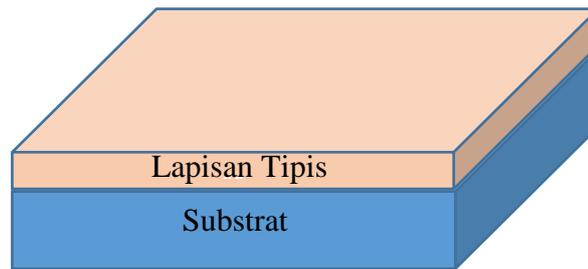
Sensitivitas adalah perbandingan perbedaan antara arus sebelum ditambahkan laser (sumber cahaya) dan arus setelah dipancarkan oleh laser. Sensitivitas didefinisikan dalam persamaan (2.1).

$$S = \frac{I_{terang} - I_{gelap}}{I_{gelap}} \quad (2.1)$$

Dimana S adalah sensitivitas, I_{terang} adalah arus ketika detektor diberi sumber cahaya, sedangkan I_{gelap} adalah arus ketika gelap. Sensitivitas memiliki nilai yang tinggi pada detektor apabila arus saat terang atau arus yang diberi sumber cahaya laser lebih besar dari arus yang tidak diberi sumber cahaya laser [23].

2.3 Film Tipis

Film tipis adalah suatu material yang berada di atas substrat atau melapisi substrat dengan ketebalan antara nano hingga mikrometer. Teknologi Film tipis ini banyak mengalami pembaharuan, bukan hanya dari segi metode pembuatannya saja, namun dari segi bahan dan pengaplikasiannya dalam teknologi pun sudah banyak mengalami perkembangan. Untuk membuat lapisan tipis, Suatu prekursor dideposisikan di atas material yang disebut substrat yang pada umumnya berbentuk keping. Substrat yang umumnya digunakan adalah ITO, substrat kaca dan substrat silikon.



Gambar 2.2 Lapisan tipis pada substrat.

Dalam proses pembuatan lapisan tipis ini Bahan atau material yang digunakan dapat berupa bahan organik maupun anorganik, metal maupun campuran metal-organik. Lapisan tipis juga dapat memiliki sifat sebagai konduktor, semikonduktor dan isolator tergantung bahan dan material apa yang digunakan dalam proses pembuatan lapisan tipis. Lapisan tipis yang bersifat semikonduktor dapat diaplikasikan sebagai sensor seperti pada penelitian ini. **Gambar 2.2** menunjukkan suatu lapisan tipis yang melapisi suatu substrat.

2.4 Air

Air adalah unsur yang sangat penting dan berguna bagi makhluk hidup dan digunakan oleh banyak manusia untuk berbagai kehidupan sehari-hari termasuk pada bidang pertanian, perikanan, pertambangan, hiburan bidang lainnya. Tanpa air, tidak akan ada kehidupan dikarenakan makhluk hidup manapun menggunakan air bersih untuk bertahan hidup [24]. Dimana, air bersih adalah air yang jernih yang memenuhi standar kesehatan dan dapat diminum jika direbus. [25]. Parameter kualitas air menunjukkan baku mutu yaitu fisika, kimia, mikrobiologi atau bakteriologi dan radiologi [26].

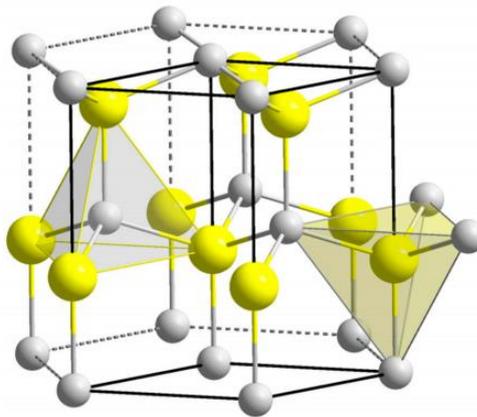
Kekeruhan merupakan suatu bentuk ukuran cahaya yang disebabkan oleh interaksi zat di dalam dan terlarut dalam sampel air, oleh karena itu dapat digunakan sebagai indikator air kualitas. Kekeruhan juga dapat diartikan sebagai penurunan transparansi optik di dalam cairan oleh partikel terlarut. Oleh karena itu, untuk dapat menentukan kejernihan di dalam air, diperlukan alat ukur untuk Mengukur kejernihan [25].

2.5 Material Zink Oxide (ZnO) & Tembaga (Cu)

Material yang dipakai untuk menumbuhkan film tipis adalah material Zink Oksida (ZnO) dan sebagai pengotor (doping) yaitu material Tembaga (Cu)

2.5.1 Zinc Oxide (ZnO)

Zn merupakan salah satu unsur dalam tabel periodik golongan 12b yang dilambangkan dengan Zn dan nomor massa atomnya adalah 65,38 [27]. Seng adalah logam lintasan yang ringan, kuat dan tahan korosi. Bahan semikonduktor ZnO digunakan dalam aplikasi optoelektronik [19,25]. Zink oksida (ZnO) adalah bahan keramik dengan titik leleh setinggi 197°C, meskipun ZnO yang terlebih dahulu terurai pada suhu yang mendekati titik lelehnya. Material ZnO umumnya berupa serbuk putih, tidak larut dalam air, namun larut dalam larutan asam dan basa. Struktur kristal ZnO biasa disebut dengan struktur kristal zinc oxide wurtzite [6], sehingga memiliki sifat piezoelektrik. ZnO memiliki transparansi yang tinggi dalam kisaran cahaya tampak. ZnO merupakan senyawa yang sangat menarik karena kaya akan bahan dan tidak beracun.



Gambar 2.3 Struktur Kristal ZnO [29].

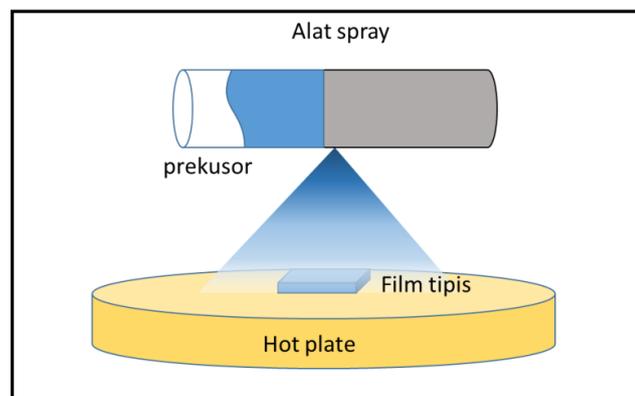
Struktur ini dapat digambarkan sebagai kombinasi bolak-balik dari sub-kisi hexagonal close pack (hcp). Struktur Kristal Wurtzite ZnO **Gambar 2.2** menunjukkan struktur kristal wurtzite ZnO. Atom O direpresentasikan sebagai bola abu-abu kecil, atom Zn direpresentasikan sebagai bola kuning yang lebih besar, dan garis hitam mewakili sel satuan [8].

2.5.2 Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan salah satu jenis unsur pada tabel periodik yang memiliki lambang Cu dengan nomor atom 29 dan massa Cu adalah 63.546. Pada tabel periodik, Cu berada pada periode yang sama dengan Zn dan berada pada golongan 11b yang berdekatan dengan Zn, sehingga Cu dapat menjadi kandidat semikonduktor tipe-p untuk doping ZnO [8]. Cu digunakan sebagai penggerak transmisi cahaya tampak, sehingga meningkatkan kinerja detektor. Doping tembaga bertindak sebagai akseptor ZnO yang dapat menangkap elektron dan mengurangi konsentrasi pembawa tipe-n [30].

2.6 Metode *Spray Pyrolysis*

Film tipis semikonduktor banyak digunakan dalam teknologi modern. Film tipis semikonduktor ini dapat ditumbuhkan oleh beberapa teknik antara lain, *Physical Vapour Deposition (PVD)* Metode fase gas atau *Chemical Vapour Deposition (CVD)* *spray pyrolysis*, *sol-gel*, *spin coating* dan *dip coating* [30].



Gambar 2. 4 Skema penyemprotan film tipis [23].

Metode *spray pyrolysis* tidak seperti banyak teknik deposisi film lainnya, metode metode *spray pyrolysis* ini merupakan metode yang sederhana dan relatif hemat biaya (terutama dalam hal biaya peralatan). Teknik ini memberikan metode yang sangat mudah untuk membuat film berdasarkan komposisi apa pun . *Spray pyrolysis* tidak memerlukan substrat atau bahan kimia berkualitas tinggi. Metode

spray pyrolysis biasanya terdiri dari alat spray, larutan prekursor dan pemanas substrat [31] [10].



Gambar 2. 5 Alat *Nanospray*.

Nanospray merupakan perangkat yang dapat mengubah partikel pada larutan menjadi skala nano. Kapasitas tangki 30 mililiter dan daya alat penyemprot 200 nanometer. Dalam metode *spray pyrolysis* pada dasarnya mempunyai parameter penting untuk mengontrol struktur film, yaitu suhu pertumbuhan, konsentrasi molar, jarak dari alat spray ke substrat, dan waktu pengendapan.

2.7 Karakterisasi Film Tipis

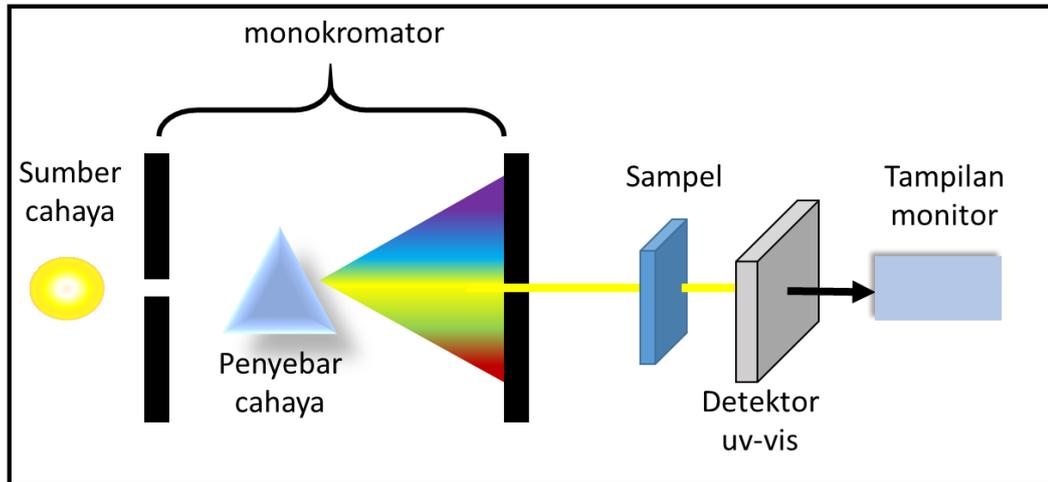
Film tipis semikonduktor ZnO:Cu ini akan di uji baik sifat optik maupun sifat listrik.

2.7.1 UV-Vis spektrofotometer

Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur intensitas radiasi yang ditransmisikan menggunakan panjang gelombang tertentu . Ketika cahaya (cahaya monokromatik atau campuran) diiradiasi pada medium yang homogen, sebagian cahaya yang datang akan dipantulkan, sebagian akan diserap oleh medium tersebut, dan sisanya akan diteruskan [26].

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk menentukan transisi elektronik antara dua tingkat energi elektronik dalam suatu molekul, gugus atom yang menyebabkan pantulan cahaya, dan untuk menentukan struktur senyawa dengan

bantuan spektroskopi ultraviolet. Peralatan yang digunakan pada spektrofotometri disebut spektrofotometer. Cahaya yang dimaksud bisa berupa sinar tampak, sinar ultraviolet dan sinar infra merah, Meskipun materi dapat eksis dalam bentuk atom dan molekul, peran yang lebih penting adalah elektron valensi [32].



Gambar 2.6 Prinsip kerja UV Vis [33].

Pada pengujian UV-Vis akan diperoleh data absorbansi dan transmitansi pada panjang gelombang dan dapat dihitung menggunakan metode Tauc [34]. Metode tauc adalah suatu metode penentuan celah pita dengan melihat grafik linear hubungan E (eV) pada sumbu- x dan $(\alpha h\nu)^n$ pada sumbu- y [15]. Hubungan antara energi foton ($h\nu$) dan koefisien absorpsi (α) dapat ditentukan pada persamaan (2.2).

$$(\alpha h\nu)^n = A(h\nu - E_g) \quad (2.2)$$

Dengan $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s, A = konstanta proposional, E_g adalah energi celah pita energi dan eksponen n tergantung pada sifat dari transisi sampel. Untuk transisi direct allowed $n = 1/2$, transisi indirect allowed $n = 3/2$, untuk transisi indirect allowed $n = 2$, transisi indirect forbidden $n = 3$.

Untuk sumbu- x , nilai E dapat diperoleh menggunakan konstanta Plank [35] dengan persamaan (2.3).

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.3)$$

dan untuk sumbu-y, nilai $(\alpha hv)^n$ diperoleh menggunakan hukum Lambert Beer dengan persamaan (2.4).

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\alpha \ell} \quad (2.4)$$

dengan I adalah intensitas dari cahaya yang ditransmisikan, I_0 adalah intensitas cahaya awal, α adalah koefisien absorpsi, dan ℓ adalah panjang jalan cahaya tempat absorpsi berlangsung [36].

Dari persamaan (2.4) diperoleh persamaan (2.5) yang dapat dituliskan sebagai berikut

$$\alpha = 2,303 A \text{ (cm}^{-1}\text{)} \quad (2.5)$$

2.7.2 Pengukuran arus-tegangan (I-V)

Pengukuran kurva arus-tegangan (I-V) merupakan teknik untuk menentukan sifat listrik suatu material. Karakterisasi arus-tegangan (I-V) adalah hubungan fisik antara arus dan tegangan. Kurva arus-tegangan (I-V) diukur untuk menentukan sifat listrik dari detektor yang dibuat. instrumen yang digunakan adalah multimeter digital dan power supply. Kurva arus-tegangan (I-V) juga berfungsi sebagai informasi untuk memperoleh ciri utama yaitu sensitivitas. Dimana pada persamaan (2.1) Sensitivitas adalah perbandingan perbedaan antara arus sebelum pancarkan laser (sumber cahaya) dan arus setelah dipancarkan oleh laser.