

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Film Tipis**

Film tipis merupakan suatu lapisan material yang sangat tipis dengan ketebalan lapisan adalah nanometer hingga mikrometer [7][8]. Lapisan tipis memiliki ciri-ciri yaitu permukaan lapisan yang seragam atau homogen, yang dimaksud dengan homogen adalah melapisi permukaan substrat secara merata dengan cacat yang minim, memiliki suhu permukaan yang stabil dan memiliki ketelitian yang tinggi, daya rekat antar molekulnya kuat, dan mempunyai struktur kristal. Dari segi aplikasi secara umum, Pada bidang elektronika, lapisan tipis digunakan untuk membuat kapasitor, semikonduktor dan sensor[7][8].

##### **2.1.1 Metode Pembuatan Lapisan Tipis**

Lapisan tipis dapat dibuat dengan beberapa metode, seperti metode *spin coating*, logam uap kimia, kimia basah, pelapisan celup, metode uap kimia, *Sputtering*, *Screen printing*, dan *spray pyrolysis* [7][8].

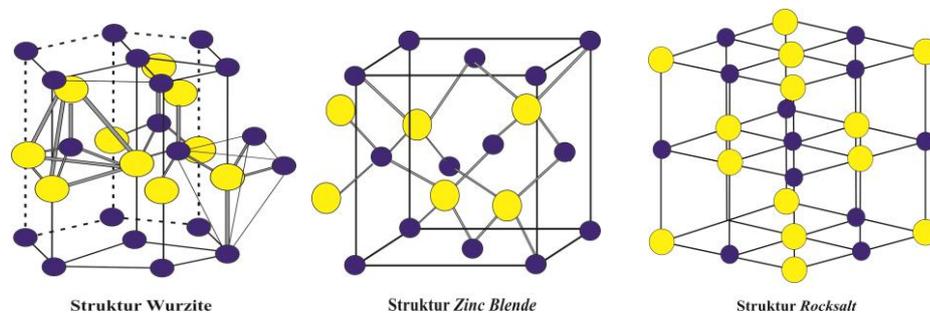
1. *Spin coating* merupakan teknik pembuatan lapisan tipis dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat dan memutar alat *spin coater* dengan kecepatan dan waktu putar pada alat tersebut untuk memperoleh lapisan tipis yang homogen [9].
2. Logam uap kimia organik merupakan salah satu teknik pembuatan lapisan tipis dengan cara diuapkan dan kemudian didekomposisikan.
3. Kimia basah adalah metode penumbuhan film tipis dengan mencelupkan substrat ke dalam larutan. Kimia basah merupakan proses pembuatan lapisan tipis dengan pengendapan zat kimia.
4. Pelapisan celup adalah teknik pembuatan film tipis yang diatas substrat, dengan memanfaatkan ion-ion bermuatan di dalam larutan elektroda.
5. Metode uap kimia merupakan salah satu metode penumbuhan lapisan tipis yang terdoping.
6. *Sputtering* merupakan proses dimana permukaan logam dari target ditempatkan oleh ion, atom atau partikel netral yang berenergi tinggi, maka

atom-atom penyusun pada permukaan logam tersebut akan terpengaruh keluar dan membentuk lapisan tipis pada permukaan substrat.

7. *Screen printing* merupakan merupakan teknik pelapisan film tebal dengan cara menekan pasta melewati sebuah *screen* dengan menggunakan alat penyapu yang terbuat dari karet.
8. *Spray Pyrolysis* merupakan metode aerosol yaitu metode yang material atau prekursor dicampurkan pada larutan pada level atom.

## 2.2 ZnO

Material ZnO merupakan material bubuk berwarna putih yang bisa larut di dalam basa atau asam dan hampir tidak larut pada larutan yang netral. ZnO merupakan material yang banyak meneliti dan mengembangkan sifat fisis dari material tersebut, struktur kristal dan struktur mikro dari material. Material ini sering kali digunakan untuk pembuatan material dalam bidang sensor gas seperti hidrokarbon, oksigen, karbon monoksida, dan sebagainya [10], sel surya, dan *nanodevice* karena sifat emisinya yang mendekati sinar UV, memiliki nilai konduktivitas yang tinggi, transparansi yang tinggi, memiliki Kapasitas kalor, serta harga relatif murah. ZnO merupakan material semikonduktor yang tergolong dalam semikonduktor tipe-n [11] dari golongan IIB dan VIA dengan lebar celah pita 3,2 - 3,4 eV pada suhu kamar kamar [9]. Material ini pada dasarnya memiliki tiga bentuk struktur kristal yaitu *wurtzite*, *zinc blende*, dan *rocksalt*. Struktur *wurtzite* merupakan struktur yang terbentuk saat suhu kamar, struktur ini merupakan struktur paling stabil. Struktur ZnO *zinc-blende* berbentuk kubus, biasanya terbentuk sebagai material alam. Struktur *rocksalt* pada ZnO hanya dapat diperoleh pada tekanan tinggi, dengan tekanan sekitar 10GPa.



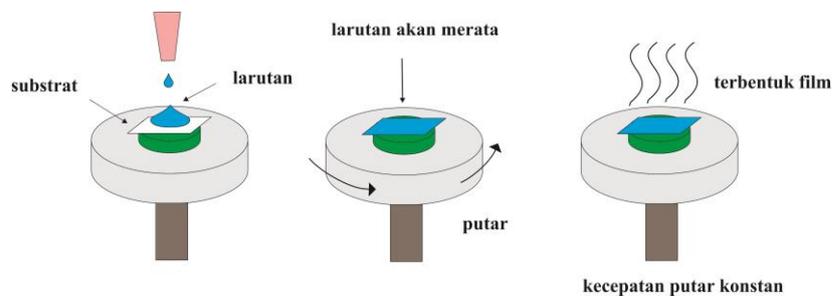
Gambar 2. 1 Struktur Kristal ZnO [9].

## 2.3 Doping Fe

Doping merupakan metode penambahan unsur lain dengan persentase yang lebih kecil di bawah 10% untuk mengubah sifat fisis dalam material tersebut. Fe merupakan unsur kimia dari ferrit. Fe dengan kata lain adalah Besi yang merupakan salah satu elemen kimiawi yang banyak terdapat di perairan dan tanah. Besi atau Fe di perairan akan berperilaku sebagai  $Fe^{2+}$  dan  $Fe^{3+}$ . Fe memiliki nomor atom 26 dengan nomor massa 55,845 g/mol [12]. Fe merupakan logam transisi. Fe memiliki titik lebur sebesar  $1538^{\circ}C$  atau  $2800^{\circ}C$  dan titik didih sebesar  $2862^{\circ}C$  atau  $5182^{\circ}F$ .

## 2.4 Spin coating

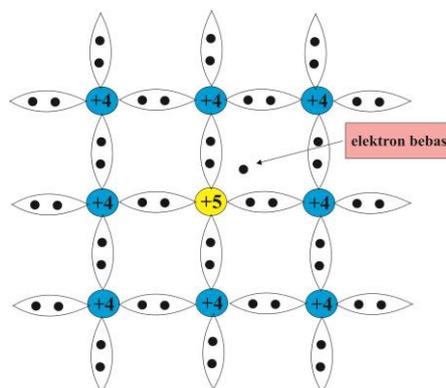
*Spin coating* merupakan teknik pembuatan lapisan tipis yang menggunakan proses pemutaran. Dalam prosesnya, prekursor atau bahan dasar dibuat dalam bentuk larutan (gel) kemudian diteteskan diatas substrat yang telah diletakkan diatas alat *spin coater* [9]. Prekursor yang telah diteteskan, di putar dengan menggunakan gaya senstrifugal. Hasil dari putaran tersebut akan tertarik ke pinggir substrat dan tersebar merata ke permukaan. Teknik *spin coating* ini dapat digunakan untuk pembuatan bahan semikonduktor, pertumbuhan lapisan tipis bahan lainnya seperti bahan polimer ataupun bahan keramik oksida. Proses *spin coating* dilakukan dengan mengopreasikan alat coater dengan mengatur kecepatan putar (rpm) dan waktu putar dalam proses penumbuhan film tipis. Semakin cepat putaran, lapisan tipis yang diperoleh semakin homogen dan tipis [13]. Dengan teknik *spin coating* ini dimungkinkan mendapatkan kualitas lapisan tipis yang semakin sempurna. Kemudian lapisan tipis yang sudah dibuat dikeringkan dengan suhu tertentu agar pelarut dalam lapisan tersebut benar benar menguap.



Gambar 2. 2 Metode *Spin coating* [9].

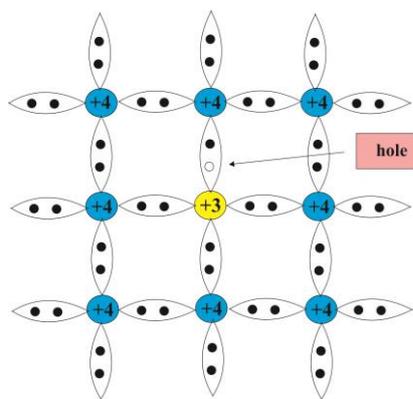
## 2.5 Semikonduktor

Semikonduktor merupakan bahan yang memiliki sifat setengah konduktor dengan celah pita energi kurang dari celah pita energi isolator dan melebihi celah pita energi konduktor. Semikonduktor digolongkan menjadi dua tipe, yakni instrinsik dan ekstrinsik. Semikonduktor ekstrinsik terdiri dua tipe semikonduktor yaitu semikonduktor Tipe N dan Tipe P [14]. Semikonduktor ekstrinsik terbentuk dengan adanya mekanisme doping yang bertujuan untuk mendapatkan elektron bebas dan diharapkan dapat menghantarkan listrik. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan doping pengotor ke bahan semikonduktor murni, dengan syarat kelebihan elektron valensi (valensi 5). Hasil yang didapat adalah adanya elektron bebas yang berpindah. Karena dengan adanya atom pengotor, elektron atau hole yang akan menjadi pembawa muatan. Apabila semikonduktor murni diberikan pengotor (impurity) yang memiliki elektron valensi 3 maka material tersebut akan menghasilkan hole yang nantinya menjadi pembawa muatannya dan apabila semikonduktor murni diberi pengotor dengan material bervalensi 5 akan terbentuk muatan elektron. Dari kedua hal inilah untuk menentukan material tersebut termasuk semikonduktor tipe N atau tipe P [15]. Material yang memiliki elektron valensi 4 seperti silikon diberi doping phosphorus atau arsenic yang termasuk ke dalam pentavalen. Pentavalen yang merupakan bahan kristal dengan inti atom memiliki elektron valensi 5. Dengan adanya doping, material tersebut akan memiliki kelebihan elektron. Dengan memiliki kelebihan elektron, maka akan terbentuk semikonduktor tipe n. Semikonduktor tipe n disebut sebagai pendonor elektron yang siap melepaskan elektronnya [16].



Gambar 2. 3 Semikonduktor Tipe-n [16].

Jika material yang memiliki elektron valensi 4 seperti silikon diberi doping material yang memiliki elektron valensi 3 atau disebut juga material trivalent seperti Boron, Gallium atau Indium, maka material tersebut akan menjadi semikonduktor yang memiliki tipe p [16]. Karena ion silikon memiliki 4 elektron dan ion material pendoping 3 elektron, maka akan menimbulkan yang namanya hole pada ikatan kovalen yang kosong [15]. Hole merupakan akseptor yang nantinya menjadi penerima elektron. Hal ini dapat menyebabkan terbentuknya semikonduktor ini menjadi semikonduktor tipe-p.



Gambar 2. 4 Semikonduktor Tipe-p [16].

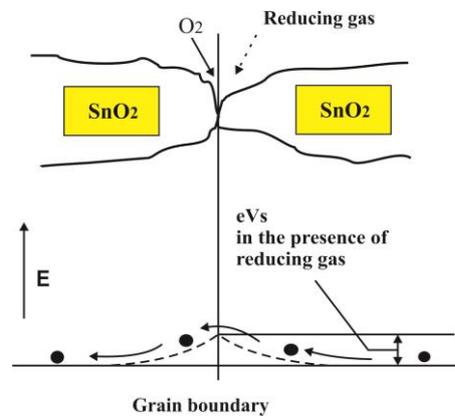
## 2.6 Detektor Gas

detektor merupakan suatu material pendeteksi fenomena yang terjadi secara fisika ataupun kimia yang kemudian fenomena tersebut diubah menjadi sinyal elektrik yang nantinya akan menghasilkan output arus listrik ataupun tegangan. Dengan adanya pengaruh temperatur, tekanan, gaya, medan magnet, cahaya, pergerakan dan lain lain, akan mengaktifkan sensor tersebut . Adanya pengaruh tersebut disebut juga sebagai fenomena fisika. Untuk konsentrasi dari bahan kimia dan gas merupakan fenomena kimia.

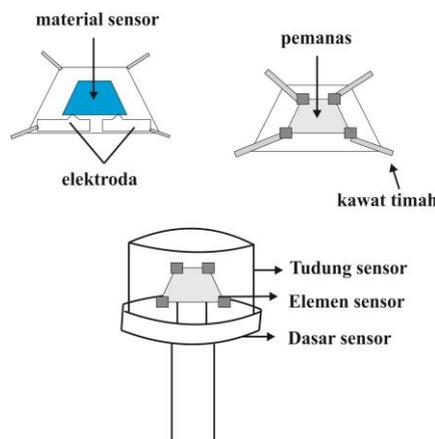
### 2.6.1 Prinsip Kerja detektor Gas

Bahan dasar dari aplikasi detektor gas adalah menggunakan jenis bahan semikonduktor oksida logam dengan celah pita energi seperti material semikonduktor tipe-n [17][19][20]. Sifat material yang digunakan sebagai sensor gas adalah sifat listrik, hal-hal yang mempengaruhi sifat kelistrikan nanopartikel adalah ukuran kristal dan keadaan permukaan yang telah dihasilkan oleh

permukaan gas. Permukaan bahan semikonduktor pada saat di udara normal mengalami pelapisan yang disebabkan oleh terabsorbsinya oksigen ke permukaan material tersebut [20]. Konsentrasi atom-atom oksigen selanjutnya akan mengikat elektron yang berada dipermukaan semikonduktor. Dengan munculnya molekul gas reduktor, gas tersebut akan mengikat atom-atom oksigen yang telah teradsorbsi di permukaan kristal [21]. Hal ini menyebabkan terlepasnya elektron tersebut ke permukaan material, sehingga konsentrasi elektron bebas bertambah, panjang lapisan deplesi dan tinggi penghalang antar butir (*potential barrier*) mengalami penurunan [21]. Hal ini juga membuat bahan semikonduktor tipe-n mengalami kenaikan nilai konduktivitasnya.



Gambar 2. 5 Prinsip Kerja Sensor Gas [16].



Gambar 2. 6 Material Sensitif Sensor Gas [16].

### **2.6.2 Film Tipis ZnO doping Fe Sebagai Pendeteksi Gas**

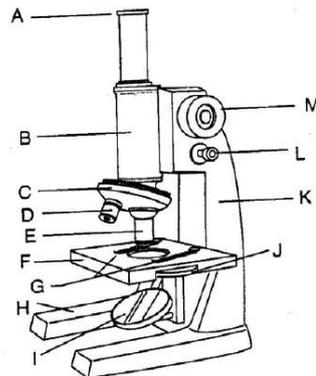
Sebelum diekspos ke gas uji, film sensor gas studi dikenakan perlakuan panas untuk menstabilkan struktur film dan hambatan listrik. Akibatnya, spesies oksigen berbeda ( $O_2^-$ ,  $O^-$  atau  $O^{2-}$ ) teradsorpsi pada permukaan film [22]. Molekul oksigen dapat mengikat ke situs kekosongan pada permukaan film dan menjebak elektron dari pita konduksi film. Elektron yang terperangkap tidak lagi tersedia untuk konduktivitas dan lapisan muatan ruang terbentuk. Ketika sensor ditempatkan di atmosfer gas pereduksi (aseton, etanol, dan metana), molekul gas bereaksi dengan spesies oksigen yang telah teradsorpsi sebelumnya. Akibatnya, konsentrasi oksigen permukaan berkurang dan elektron yang awalnya terperangkap oleh spesies oksigen dilepaskan kembali ke dalam struktur ZnO, yang menyebabkan peningkatan konduktivitas sensor. Secara praktis, sensitivitas gas akan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur operasi. Ada suhu, bernama suhu operasi optimal [20]. Selama suhu ini, konsentrasi spesies oksigen pra-teradsorpsi akan menurun dan maka sensitivitas gas akan menurun. Untuk film yang diteliti, nilai sensitivitas maksimum ditemukan pada 245 °C (untuk film ZnO yang tidak diolah) dan pada 320 °C (untuk film ZnO yang didoping Fe). Harus dipertimbangkan bahwa, di antara reaksi permukaan ini, terdapat parameter lain yang memengaruhi nilai beberapa parameter karakteristik penginderaan gas (sensitivitas, suhu operasi, dll.), Seperti stoikiometri film, karakteristik morfo-struktural sensor gas, dll.

### **2.7 Uji Gas Kendaraan**

Dalam pengujian gas, digunakan pengukuran I-V untuk menentukan nilai arus, resistansi dan sensitivitas. Arus listrik dalam semikonduktor muncul dari pergerakan elektron dan lubang saat diberikan tegangan. Ada 3 metode yang biasa digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada sampel film tipis. Metode ini adalah pengukuran tegangan dua probe, tegangan arus empat probe dan metode pengukuran tegangan arus tiga probe. Pengukuran dua probe merupakan pengukuran yang menggunakan dua kabel yang menghubungkan dua perangkat fisik. Pengukuran empat probe menggunakan 4 kabel penghubung dan pengukuran tiga probe menggunakan 3 kabel penghubung ke perangkat fisik lainnya. Probe dua titik pengukuran adalah metode yang paling umum digunakan dan mudah diatur.

## 2.8 Mikroskop

Mikroskop merupakan alat yang digunakan untuk melihat morfologi suatu material. Satuan yang digunakan mikroskop adalah mikrometer. Mikroskop memiliki 3 perbesaran lensa yaitu 100 kali, 400 kali dan 1000 kali perbesaran. Prinsip kerja mikroskop itu sendiri adalah Berkas elektron melewati obyektif dan pengatur kontras sinar. Setelah sampel diperbesar dengan menggunakan lensa. Gambar elektronik yang dihasilkan ditampilkan di elektronik layar monitor. Kontras bayangan elektron ditentukan oleh tingkat hamburan berkas elektron setelah berinteraksi dengan atom dalam sampel tersebut. Berkas elektron akan lebih sedikit tersebar pada sampel yang lebih tipis atau beberapa bagian dengan kepadatan lebih rendah. Jika lebih banyak elektron yang melewati bukaan lensa maka, akan menghasilkan area cerah pada gambar. Disisi lain, sampel lebih tebal atau lebih padat akan menghasilkan area gelap pada gambar. Jika sampel terlalu tebal atau terlalu pekat, kontras sinar dikurang secara substansial agar menghasilkan gambar dengan area cerah dan gelap yang sempurna [23].



Gambar 2. 7 Mikroskop [23].

Keterangan gambar :

- A. Lensa okuler
- B. Tabung mikroskop
- C. Revolver
- D. Lensa objektif perbesaran lemah
- E. Lensa objektif perbesaran kuat
- F. Meja mikroskop
- G. Klip

- H. Kaki mikroskop
- I. Cermin
- J. Diafragma
- K. Lengan mikroskop
- L. Pemutar halus
- M. Pemutar kasar