

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lapisan Tipis

Lapisan tipis merupakan suatu lapisan material yang memiliki ketebalan mulai dari ukuran nanometer (lapisan tunggal) hingga ketebalan kira-kira mikrometer. Bila dibandingkan dengan substratnya, ketebalan ini tergolong sangat tipis (Yutaka and Yohya, 1996). Ciri-ciri lapisan tipis adalah memiliki permukaan seragam, yaitu 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.

Dalam teknik material khususnya lapisan tipis, bahan yang biasa digunakan adalah In_2O_3 , WO_3 , SnO_2 , TiO_2 , ZnO , ITO, dan masih banyak lagi bahan lainnya. Dari segi aplikasi secara umum, lapisan tipis telah menjangkau berbagai bidang ilmu. Dalam bidang konstruksi terutama yang berkaitan dengan bahan logam, lapisan tipis digunakan sebagai bahan untuk meningkatkan daya tahan bahan terhadap korosi.

Pada bidang elektronika, lapisan tipis digunakan untuk membuat kapasitor, semikonduktor dan sensor. Pada bidang dekorasi, lapisan tipis digunakan untuk membuat tampilan lebih menarik, dan juga pemanfaatan pada dekorasi rumah, perhiasan serta asesoris lainnya.

B. Metode Pembuatan Lapisan Tipis

Lapisan tipis dapat dibuat dengan berbagai macam metode, yaitu:

1. Pelapisan putar merupakan teknik pelapisan bahan dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat kemudian diputar dengan kecepatan konstan untuk memperoleh lapisan baru yang homogen. Penyebaran bahan ke substrat karena adanya gaya sentrifugal.
2. Logam uap kimia organik adalah salah satu teknik penumbuhan lapisan tipis yang menggunakan bahan metal organik (MO) sebagai bahan prekursor. Prekursor MO diuapkan dan kemudian didekomposisi (proses perubahan menjadi bentuk yang lebih sederhana). Sebagian dari material hasil dekomposisi tumbuh di atas substrat membentuk suatu material padatan dalam bentuk lapisan tipis.
3. Kimia basah merupakan pelapisan pada substrat dengan mencelupkan substrat ke dalam larutan yang mengandung ion-ion logam dan ion-ion hidroksida, seperti sulfida atau selenida. Kimia basah merupakan proses yang digunakan untuk mendapatkan lapisan tipis dengan metode pengendapan zat kimia (Feitosa *et al*, 2003).
4. Pelapisan celup adalah teknik pembuatan film diatas substrat, dengan memanfaatkan proses ion-ion bermuatan di dalam larutan elektroda. Metode ini relatif murah karena menggunakan peralatan yang tidak rumit dan mahal, serta mudah untuk diaplikasikan dalam skala industri (Zhang *et al*, 2001).

Selain itu metode ini akan menghasilkan lapisan yang memberikan perlindungan fisik dimana substrat akan terlapisi dengan merata dan kuat.

5. Metode uap kimia merupakan salah satu metode modern pembuatan lapisan tipis yang lebih fleksibel dan berdaya guna ketika peneliti ingin membuat lapisan tipis yang terdoping atau berlapis-lapis (Besserquenev *et al*, 2003).
6. Pelapisan laser berpulsa merupakan salah satu metode lapisan tipis dimana target dan substrat diletakkan saling berhadapan, di dalam ruang vakum, tenaga laser digunakan sebagai sumber energi eksternal untuk menguapkan sebagian kecil material target. Sedangkan seperangkat komponen optik digunakan untuk memfokuskan berkas laser yang mengenai permukaan target.
7. *Sputtering* merupakan proses dimana permukaan logam dari target dibombardir oleh ion, atom atau partikel netral yang berenergi tinggi, maka atom-atom penyusun target tersebut akan terpental keluar melalui proses transfer momentum. Atom-atom target tersebut akan terhambur dari permukaan dan membentuk lapisan tipis pada permukaan substrat.
8. *Screen printing* merupakan teknik untuk menghasilkan film tebal dari berbagai material yang telah dipergunakan untuk memproduksi sel surya, varistor, detektor UV, dan sensor (Krishnan dan Nampoori, 2005). *Screen printing* merupakan teknik pelapisan film tebal dengan cara menekan pasta melewati sebuah *screen* dengan menggunakan alat penyapu yang terbuat dari karet. *Screen* yang digunakan harus mempunyai pori-pori yang sangat kecil. Dalam teknik ini viskositas pasta ditentukan oleh jumlah pelarut organik yang

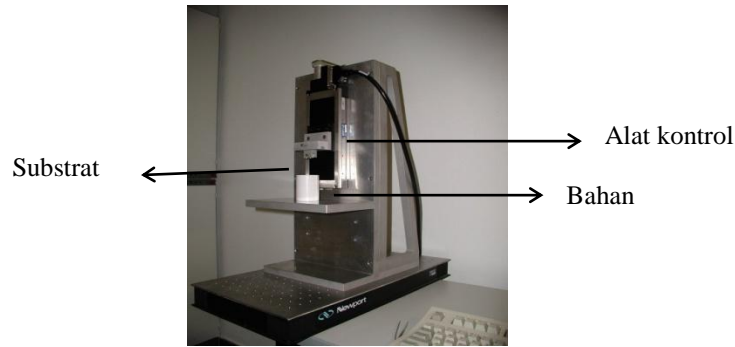
ditambahkan dalam pembuatan pasta. Pelarut yang digunakan biasanya *pine oil*, *terpineol*, dan *butyl carbitol acetate*.

C. Metode Pelapisan Celup pada Lapisan Tipis TiO₂

Metode pelapisan celup adalah suatu cara yang populer untuk mempreparasi lapisan tipis. Metode ini termasuk metode tua dimana telah digunakan mendeposisi lapisan tipis sejak tahun 1939 (Brinker and Hurd, 1994). Hasil lapisan yang merata dapat dibuat pada substrat berbentuk plat datar atau silinder, biasanya metode ini sering digunakan untuk proses industri (Scriven, 1988).

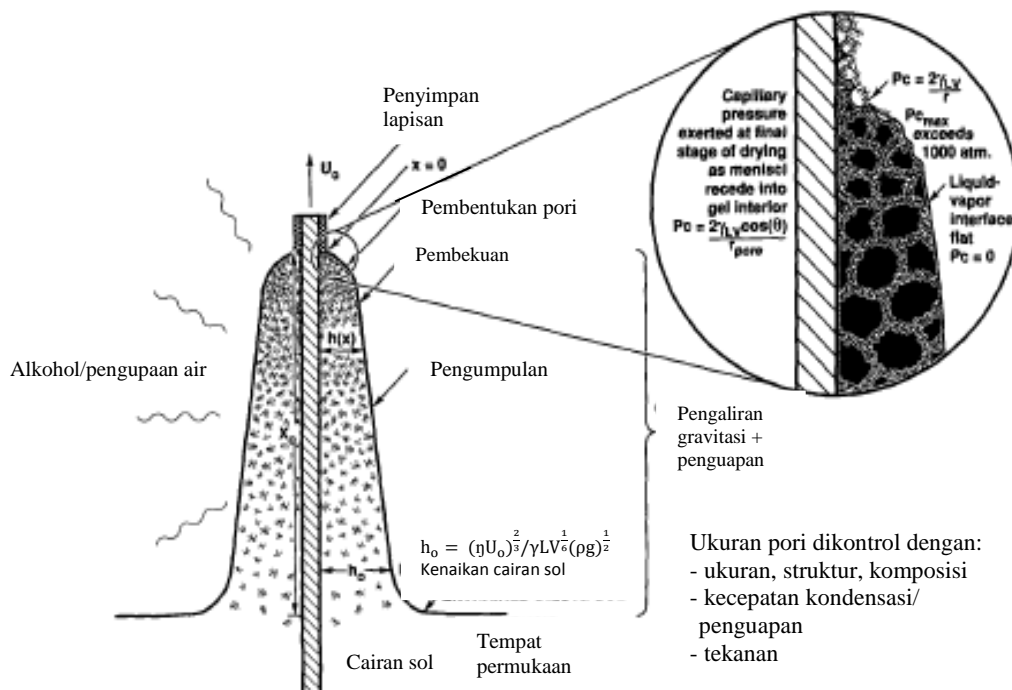
Proses ini sangat baik untuk menghasilkan lapisan tipis yang homogen dengan cara sederhana yaitu mencelupkan substrat pada larutan (Hamid dan Abdurahman, 2003). Pembuatan TiO₂ dengan metode ini dilaporkan telah berhasil dilakukan dan menunjukkan fasa anatase dan rutil dan juga memiliki ukuran ke tingkat nanometer (Araoyinbo, 2010).

Dalam metode pelapisan celup, substrat ditarik secara vertikal dari tempat pelapisan dengan kecepatan konstan (Brinker dan Hurd, 1994). Metode pelapisan celup telah banyak digunakan dalam pembentukan lapisan film tipis pada permukaan gelas karena film tipis yang dihasilkan memiliki transparan yang baik. Keuntungan metode ini adalah peralatan yang digunakan cukup sederhana (Fang *et al*, 2009), mudah dilakukan, dan ekonomis. Salah satu alat pelapisan celup ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Alat pelapisan celup (Anonim A, 2012).

Skema langkah-langkah dalam proses pelapisan celup ditunjukkan dalam Gambar 2.2 dibawah ini.



Keterangan:

$P_c = \frac{2\gamma_{LV} \cos(\theta)}{r_{pori}}$; tekanan kapiler pada tahap akhir pengeringan menyusut ke bagian dalam gel

$P_c = \frac{2\gamma_{LV}}{r}$; P_c maksimal mencapai 100 atm

$P_c = 0$; cairan-uap datar

Gambar 2.2. Langkah-langkah proses pelapisan celup, (a) pencelupan, (b) permulaan, (c) pelapisan dan pengeringan, (d) penguapan, dan (e) pengeringan (Anonim B, 2012).

Gambar 2.2 merupakan proses pembuatan lapisan tipis dengan menggunakan teknik pelapisan celup dibagi menjadi 5 tahap, yaitu:

1. Proses pencelupan ke dalam larutan.

Substrat kaca dicelupkan kedalam larutan yang telah homogen.

2. Pengendapan sampel.

Pada proses pencelupan terjadi pengendapan sampel kedalam larutan.

3. Proses penarikan.

Pada saat proses ini, penarikan sampel harus dilakukan dengan sangat hati-hati.

Hal ini dilakukan untuk mencegah sampel tidak menempel pada substrat (Wicaksono dan Ribut, 2010).

4. Penguapan sampel.

Penguapan sampel terjadi setelah proses penarikan, dimana semakin lama proses penarikan maka sampel akan mudah mengalami penguapan.

5. Proses pengeringan sampel.

Proses pengeringan dilakukan untuk menghilangkan sebagian atau keseluruhan uap air dari suatu bahan.

D. Titanium Dioksida dan Lapisan Tipis Titanium Dioksida

Titanium ditemukan pada tahun 1791 di Inggris oleh Reverend William Gregor, yang diberi nama sebagai *ilmenite*. Elemen ini ditemukan kembali beberapa tahun kemudian oleh German Chemist Heinrich Klaporth dalam bentuk *rutile*. Logam titanium tidak pernah ditemukan sendirian, keberadaannya selalu berikatan dengan mineral lainnya seperti *rutile*, *ilmenite*, *leucoxene*, *anatase*, *brookite*, *perovskite*, dan *sphene* yang ditemukan dalam titanat dan beberapa besi ore.

Titanium juga ditemukan dalam batu bara, abu, tanaman, dan dalam tubuh manusia (Carp *et al*, 2004).

Titanium dioksida merupakan nanomaterial yang bersifat semikonduktor yang dapat menghantarkan listrik, sifat logam yang kuat, ringan, dan memiliki kerapatan yang rendah. Titanium dioksida (TiO_2) merupakan senyawa yang tersusun atas ion Ti^{4+} dan O^{2-} dalam konfigurasi oktahedron. Peranan TiO_2 dalam bidang industri adalah sebagai pigmen, adsorben, pendukung katalitik, dan semikonduktor (Setiawati dkk, 2006). Senyawa titanium dioksida dikenal tidak toksik, memiliki stabilitas termal cukup tinggi, dan kemampuannya dipergunakan berulang kali tanpa kehilangan aktivitas katalitiknya (Fatimah, 2009).

Beberapa keunggulan yang dimiliki titanium dioksida (TiO_2) yakni:

- a. Mempunyai energi terlarang (*band gap*) sebesar 3,2 eV yang sesuai untuk proses fotokatalis sehingga memudahkan terjadinya eksitasi elektron ke pita konduksi dan pembentukan lubang pada pita valensi saat diinduksikan cahaya ultraviolet sekitar 340-390 nm.
- b. Secara umum memiliki aktivitas fotokatalis yang lebih tinggi dibandingkan dengan fotokatalis lain seperti seng oksida (ZnO), cadmium sulfide (CdS), tungsten trioksida (WO_3), dan timah putih (SnO_2).
- c. Mampu menyerap sinar ultraviolet dengan baik.
- d. Memiliki kestabilan kimia dalam interval pH yang besar (0-14).
- e. Tahan terhadap photodegradasi.
- f. Bersifat inert dan tidak larut dalam reaksi baik secara biologis maupun kimia.

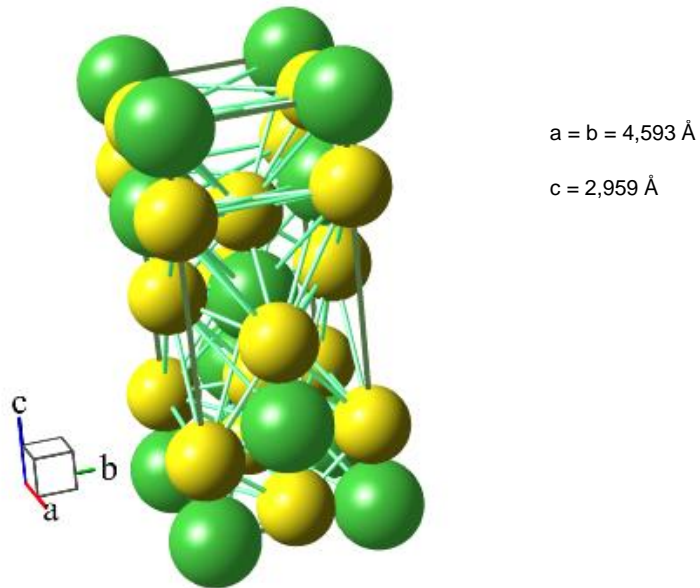
g. Tidak beracun.

TiO₂ mempunyai 3 macam struktur kristal, yaitu anatase, rutil, dan brookit. Berikut ini merupakan penjelasan tentang struktur kristal anatase, rutil dan brookit.

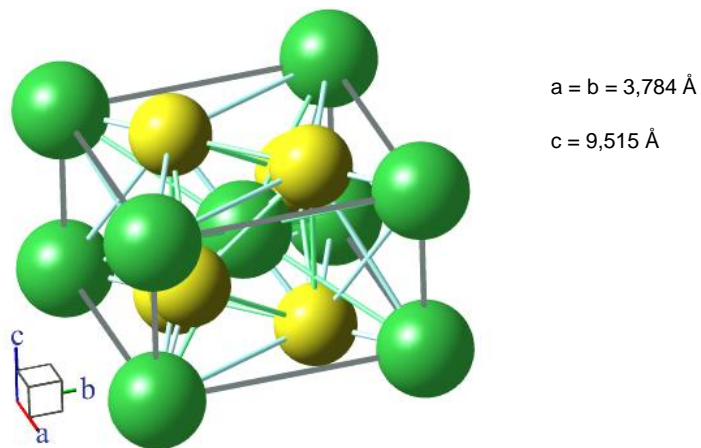
1. Struktur kristal anatase dan rutil

Secara fotokatalik, struktur anatase menunjukkan aktivitas yang lebih baik dari segi kereaktifan dibandingkan dengan struktur rutil. Struktur anatase merupakan bentuk yang paling sering digunakan karena memiliki luas permukaan serbuk yang lebih besar serta ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur rutil dan struktur ini muncul pada rentang suhu pemanasan dekomposisi senyawa titanium (400-650 °C). Selain itu energi terlarang energi anatase lebih besar daripada rutil (Linsebigler, 1995). Struktur anatase memiliki energi terlarang sebesar 3,2 eV yang setara dengan energi gelombang cahaya UV dengan panjang gelombang 388 nm. Untuk struktur rutil energi terlarangnya sebesar 3,0 eV setara dengan energi cahaya dengan panjang gelombang 413 nm.

Struktur kristal anatase dan rutil di tunjukkan pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.



Gambar 2.3. Struktur anatase TiO_2 (Howard *et al.*, 1992). Pemodelan kristal menggunakan *Ball and Stick Beta 8.1* (Ozawa and Kang, 2004).



Gambar 2.4. Struktur rutil TiO_2 (Kennedy and Stampe, 1991). Pemodelan kristal menggunakan *Ball and Stick Beta 8.1* (Ozawa and Kang, 2004).

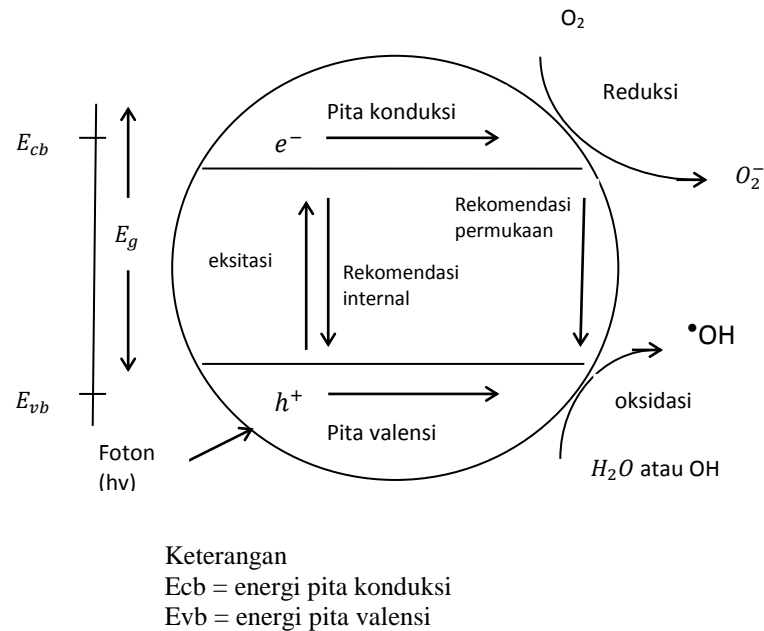
Gambar 2.3 dan 2.4 menunjukkan struktur anatase dan rutil. Perbedaan dari kedua struktur kristalin terletak pada distorsi struktur oktahedronnya. Pada rutil, struktur oktahedronnya sedikit distorsi orthorhombik. Sementara anatase, distorsi jauh lebih besar, sehingga strukturnya kurang simetris dibandingkan orthorhombik. Jarak antara Ti-Ti lebih besar pada anatase, yaitu 3,79 Å dan 3,04 Å, sementara pada rutil adalah 3,57 dan 2,96 Å, jarak Ti-O lebih besar di rutil. Densitas anatase adalah 3,895 g/cm³ dan densitas rutil adalah 4,2743 g/cm³ (Linsebigler, 1995).

2. Struktur kristal brookit

Struktur brookit paling tidak stabil dan paling sulit dipreparasi sehingga jarang digunakan dalam proses fotokatalik. Secara umum, struktur brookit tidak jauh berbeda dengan rutil dan anatase dalam hal massa jenis dan tingkat kekerasan. Brookit adalah mineral yang terdiri dari TiO₂ yang identik dengan rutil dan anatase dalam komposisi, tetapi mengkristal dalam sistem ortorombik. Struktur ini memiliki simetri yang polimorf (struktur kristalnya tidak teratur) dan akan berubah menjadi rutil pada temperatur sekitar 750 °C.

Penelitian fotokatalisis oleh TiO₂ berkembang pesat sejak publikasi Fujishima dan Honda mengenai fotoelektro katalisis pemecahan air pada elektroda lapisan tipis TiO₂ (Fujishima and Honda, 1972). Dari sisi aplikasi telah dirancang berbagai bentuk reaktor fotokatalisis untuk degradasi zat organik dalam fase cair maupun gas. Pada perkembangan selanjutnya fotoaktivitas TiO₂ meluas untuk digunakan sebagai anti bakteri pada pasta gigi dan kosmetika serta desinfeksi bakteri.

TiO₂ fotokatalis, secara umum didefinisikan sebagai proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan katalis padat. Mekanisme fotokatalis pada permukaan semikonduktor diperlihatkan pada Gambar 2.5.

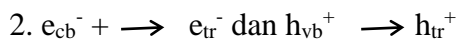


Gambar 2.5. Skema proses fotokatalis (Mills and Hunte, 1997).

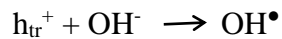
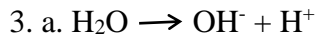
Reaksi yang terjadi pada Gambar 2.5 dapat dijelaskan sebagai berikut:



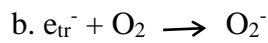
Ketika TiO₂ dikenai cahaya UV dengan energi $h\nu$ mengakibatkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang pada pita valensi (h_{vb}^+).



Sebagian elektron pada pita konduksi (e_{cb}^-) dan lubang pada pita valensi terjebak pada permukaan semikonduktor.



Lubang pada permukaan semikonduktor (h_{tr}^+) mengoksidasi air atau ion OH^- membentuk radikal hidroksil yang berperan sebagai agen detoksikasi.



Elektron pada permukaan semikonduktor (e_{tr}^-) menangkap oksigen membentuk ion superperoksida (O_2^-) yang dapat menguraikan senyawa polutan (Hoffmann *et al*, 1995).

3. Aplikasi Titanium Dioksida (TiO_2)

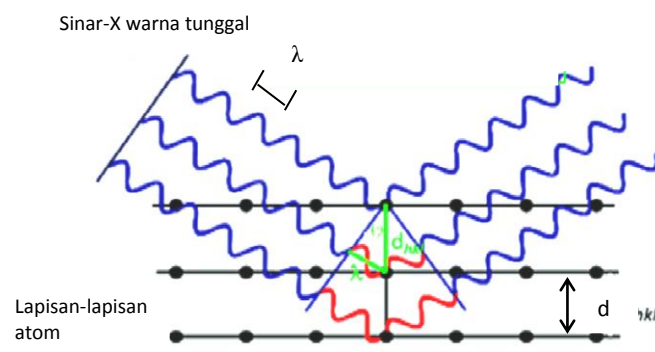
Aplikasi TiO_2 digunakan sebagai self cleaning pada cat tembok, sebagai pemurnian air, sebagai fotokatalis karena memiliki sifat fotokatalitik (Fujishima *et al*, 2000), sebagai obat kanker, sebagai aplikasi *dye sensitized solar cell* (DSSC) (Phani *et al*, 2001), serta digunakan dalam beberapa mesin penukar panas bejana dan pipa-pipa tahan korosi memakai bahan titanium.

E. Difraksi Sinar-X

Sinar-X merupakan salah satu bentuk radiasi elektromagnetik yang mempunyai energi antara 200 eV-1 MeV atau dengan panjang gelombang antara 0,5-2,5 Å (Suryanarayana dan Norton, 1998). Sinar-X dihasilkan oleh tumbukan antara elektron kecepatan tinggi dengan logam target. Secara umum komponen utama pembangkit sinar-X terdiri dari sumber elektron (katoda), tegangan tinggi untuk mempercepat elektron dan logam target (anoda).

Difraksi sinar-X merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi adanya fasa kristalin di dalam material-material benda dan serbuk, dan untuk menganalisis sifat-sifat struktur (seperti ukuran butir, fasa komposisi orientasi kristal, dan cacat kristal) dari tiap fasa. Metode ini sering juga disebut *powder diffraction* (difraksi menggunakan serbuk/bubuk) yang dapat mengidentifikasi unsur yang belum diketahui dengan membandingkan data difraksi dan mencocokkannya dengan database yang dibuat oleh International Center for Diffraction Data.

Radiasi sinar-X yang telah dihasilkan oleh tabung sinar-X akan berinteraksi dengan struktur kristal material yang diuji. Material yang akan dianalisis struktur kristalnya harus berada dalam fasa padat karena dalam kondisi tersebut kedudukan atom-atomnya berada dalam susunan yang sangat teratur sehingga membentuk bidang-bidang kristal. Ketika suatu berkas sinar-X diarahkan pada bidang-bidang kristal tersebut, maka akan timbul pola-pola difraksi ketika sinar-X melewati celah-celah kecil di antara bidang-bidang kristal tersebut. Difraksi radiasi sinar-X dalam struktur kristal ditunjukkan pada Gambar 2.6.



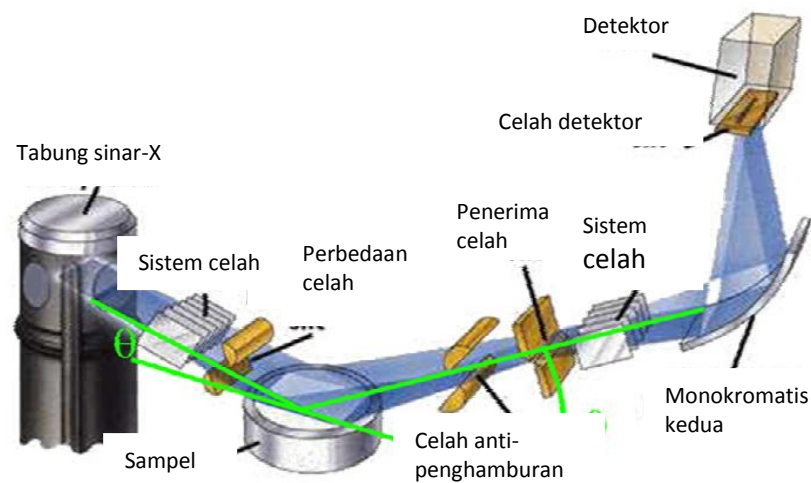
Gambar 2.6. Difraksi radiasi sinar-X dalam struktur kristal (Cullity, 1978).

Pada Gambar 2.6 diatas, pola-pola tersebut sebenarnya menyerupai pola gelap dan terang. Pola gelap terbentuk ketika terjadi interferensi destruktif, sedangkan pola terang terbentuk ketika terjadi interferensi konstruktif dari pantulan gelombang-gelombang sinar-X yang saling bertemu. Interferensi konstruktif tersebut terjadi sesuai dengan Hukum Bragg berikut ini:

$$\lambda = 2 d \sin \theta$$

dengan λ = panjang gelombang sinar-X, d = jarak antara bidang kristal dan θ = sudut difraksi.

Skema difraktometer sinar-X ditunjukkan dalam Gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7. Skema alat difraksi sinar-X (Anonim C, 2013).

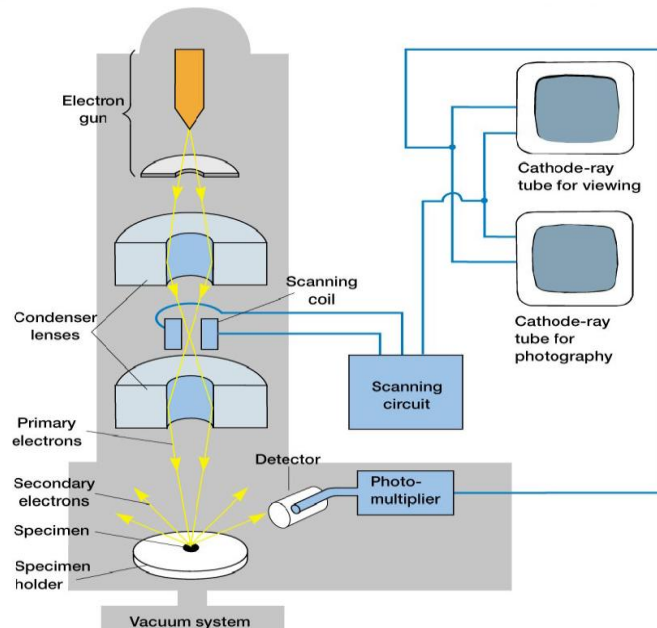
Skema alat difraktometer sinar-X ditunjukkan dalam Gambar 2.7 dengan panjang gelombang sinar-X sekitar $1,540 \text{ \AA}$. Sinar-X yang berasal dari logam target (anoda) melewati sistem celah (*soller slit*) agar berkas sinar yang sampai ke sampel berbentuk paralel dan memiliki tingkat divergensi yang kecil. Demikian pula berkas hamburan dari sampel juga melewati sistem celah sebelum ditangkap

oleh detektor sinar-X. Sudut datang θ merupakan sudut antara bidang sampel dengan sinar datang, sedangkan sudut hambur 2θ merupakan sudut antara proyeksi sumber sinar-X dengan detektor. Untuk pergerakan sumber sinar-X sebesar θ maka detektor bergerak sebesar 2θ (Suryanarayana and Norton, 1998).

F. Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM adalah suatu karakterisasi bahan yang digunakan untuk mengetahui topografi, morfologi, komposisi, dan kristalografi suatu bahan. SEM pertama kali ditemukan pada tahun 1938 oleh ilmuwan Jerman, Manfred Von Ardenne dengan menggunakan prinsip tumbukan berkas elektron pada permukaan bahan. Jika seberkas elektron menumbuk suatu bahan, akan dihasilkan berkas cahaya (photon). Interaksi terjadi pada sebuah volum tertentu pada bahan. Besar kecilnya volum yang berinteraksi tergantung pada nomer atom, tegangan pemercepat, dan sudut datang.

Skema SEM ditunjukkan pada Gambar 2.8 dibawah ini.



Keterangan:

Condenser lenses	= lensa kondensor
Elektron gun	= senjata elektron
Scanning coil	= koil pengulasan
Specimen holder	= pemegang sampel
Primary electrons	= elektron utama
Secondary elektrons	= elektron kedua
Specimen	= sampel
Vacuum system	= sistem vakum
Detector	= detektor
Scanning circuit	= rangkaian pengulasan
Photomultiplier	= potomultiplier

Gambar 2.8. Skema SEM (Anonymous D, 2012).

Gambar 2.8 di atas menunjukkan skema SEM. Cara kerja SEM adalah gelombang elektron yang dipancarkan senjata elektron terkondensasi di lensa kondensor dan terfokus sebagai titik yang jelas oleh lensa objektif. Koil ulasan yang diberi energi menyediakan medan magnetik bagi berkas elektron. Berkas elektron yang mengenai cuplikan menghasilkan elektron sekunder dan kemudian dikumpulkan oleh detektor sekunder atau detektor *backscatter*. Gambar yang dihasilkan terdiri dari ribuan titik berbagai intensitas di permukaan tabung sinar katoda sebagai

topografi gambar (Kroschwitz, 1990). Pada sistem ini berkas elektron dikonsentrasikan pada spesimen, bayangannya diperbesar dengan lensa objektif dan diproyeksikan pada layar. Sebuah ruang vakum diperlukan untuk preparasi cuplikan.

Cuplikan yang akan dianalisis dalam kolom SEM perlu dipersiapkan, meskipun ada jenis SEM yang tidak memerlukan pelapisan cuplikan. Terdapat tiga tahap persiapan cuplikan, antara lain (Gedde, 1995):

1. Pelet dipotong menggunakan gergaji intan. Membersihkan seluruh kandungan air, larutan dan semua benda yang dapat menguap apabila divakum.
2. Cuplikan dikeringkan pada 60 °C minimal 1 jam.
3. Cuplikan non logam harus dilapisi dengan emas tipis. Cuplikan logam dapat langsung dimasukkan dalam ruang cuplikan.

SEM memiliki beberapa keunggulan, seperti kemampuan untuk menggambar area yang besar secara komparatif dari spesimen, kemampuan untuk menggambar materi *bulk*, dan berbagai mode analitikal yang tersedia untuk mengukur komposisi dan sifat dasar dari spesimen. Perbesaran gambar dan resolusi SEM yang tinggi dipengaruhi oleh besarnya energi elektron yang diberikan. Semakin kecil panjang gelombang yang diberikan oleh elektron, semakin besar energinya, sehingga resolusinya semakin tinggi.

G. Spektrometer UV-VIS

Spektrometer ultraviolet-visible (UV-Vis) biasanya beroperasi dari panjang gelombang 190 sampai 1100 nm. Semua molekul dapat menyerap radiasi dalam

daerah UV-Vis karena molekul mempunyai elektron yang dapat dieksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi. Panjang gelombang dimana absorpsi itu terjadi bergantung pada kekuatan elektron yang terikat dalam molekul tersebut. Alat spektrometer UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 2.9 dibawah ini.



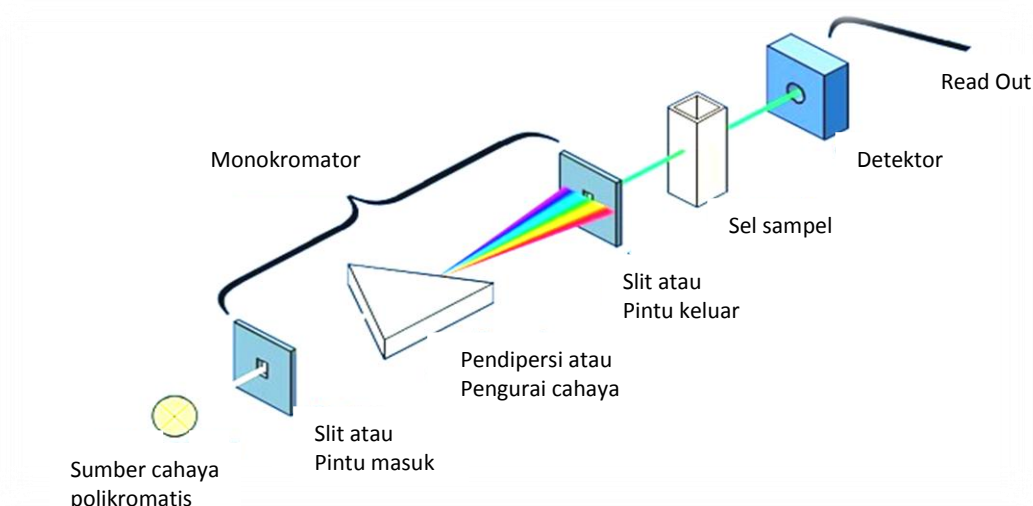
Gambar 2.9. Alat spektrometer UV-Vis (Anonimous E, 2012).

Spektrometer adalah alat pengukuran yang didasarkan pada interaksi cahaya/sinar monokromatis dengan materi, yaitu pada saat sejumlah cahaya/sinar monokromatis dilewatkan pada sebuah larutan, ada sebagian sinar yang diserap, dihamburkan, dipantulkan, dan sebagian lagi diteruskan. Namun karena jumlah sinar yang dihamburkan dan dipantulkan sangat kecil, maka dianggap tidak ada.

Pada prinsipnya, spektroskopi UV-Vis menggunakan cahaya sebagai tenaga yang mempengaruhi substansi senyawa kimia sehingga menimbulkan cahaya. Cahaya yang digunakan merupakan foton yang bergetar dan menjalar secara lurus dan merupakan tenaga listrik dan magnet yang keduanya saling tagak lurus. Tenaga foton bila mempengaruhi senyawa kimia, maka akan menimbulkan tanggapan (respon), sedangkan respon yang timbul untuk senyawa organik ini hanya respon fisika. Tetapi bila sampai menguraikan senyawa kimia maka dapat terjadi

peruraian senyawa tersebut menjadi molekul yang lebih kecil atau hanya menjadi radikal yang dinamakan peristiwa kimia.

Skematik spektrometer UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10. Skematik alat spektrometer (Anonimous F, 2012).

Skematik alat spektrometer pada Gambar 2.10 di atas, memiliki fungsi masing-masing bagian, yaitu:

1. Sumber sinar polikromatis berfungsi sebagai sumber sinar polikromatis dengan berbagai macam rentang panjang gelombang. Untuk spektrofotometer UV menggunakan lampu deuterium atau hidrogen berat, sedangkan untuk spektrofotometer VIS menggunakan lampu tungsten yang disebut lampu wolfram, dan untuk spektrofotometer UV-VIS menggunakan *photodiode* yang telah dilengkapi monokromator untuk spektrofotometer inframerah, dan lampu pada panjang gelombang infra merah.
2. Monokromator berfungsi sebagai penyeleksi panjang gelombang yaitu mengubah cahaya yang berasal dari sumber sinar polikromatis menjadi

cahaya monokromatis. Jenis monokromator yang saat ini banyak digunakan adalah lensa prisma dan filter optik.

3. Sel sampel berfungsi sebagai tempat meletakkan sampel

- UV, VIS dan UV-VIS menggunakan kuvet sebagai tempat sampel. Kuvet biasanya terbuat dari kuarsa atau gelas. Diketahui bahwa kuvet dari kuarsa yang terbuat dari silika memiliki kualitas yang lebih baik dari kuvet yang lain. Hal ini disebabkan karena terbuat dari kaca dan plastik dapat menyerap UV sehingga penggunaannya hanya pada spektrofotometer sinar tampak (VIS).
- Infra merah (IR), untuk sampel cair dan padat (dalam bentuk pasta) biasanya dioleskan pada dua lempeng natrium klorida. Untuk sampel dalam bentuk larutan dimasukkan ke dalam sel natrium klorida.

4. Detektor berfungsi menangkap cahaya yang diteruskan dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik. Syarat-syarat sebuah detektor adalah kepekaan yang tinggi, perbandingan isyarat atau signal dengan bising tinggi, respon konstan pada berbagai panjang gelombang, waktu respon cepat dan signal minimum tanpa radiasi dan signal listrik yang dihasilkan harus sebanding dengan tenaga radiasi. Macam-macam detektor antara lain detektor foto (*photo detector*), *photocell*, *phototube*, hantaran foto, dioda foto dan detektor panas.

5. Read out merupakan suatu sistem baca yang menangkap besarnya isyarat listrik yang berasal dari detektor.

Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis adalah dimana sinar/cahaya dilewatkan melewati sebuah wadah (kuvet) yang berisi larutan, dimana akan menghasilkan spektrum. Panjang gelombang untuk sinar ultraviolet antara 200-400 nm sedangkan panjang gelombang untuk sinar tampak/visible antara 400-750 nm.

Untuk menganalisis suatu sampel dibutuhkan dua sumber sinar, yaitu sumber sinar UV dan sumber sinar visible. Kedua sinar ini ditembakkan ke satu cermin yang sama, lalu sinar tersebut dipantulkan mengenai sampel, hasil transmisi dari sampel dibagi dua untuk ditangkap oleh dua detektor yang berbeda, yaitu detektor untuk analisis referensi dan detektor untuk hasil absorbansi cuplikan. Perbandingan antara intensitas detektor berkas sampel dengan intensitas berkas referensi merupakan hasil absorbansi yang akan diamati.

H. Pengukuran Resistivitas

Resistivitas adalah kuantitas mikroskopik yang besarnya sulit diukur secara langsung. Nilai resistivitas didapat dari hubungan kuantitas makroskopik yang didapat dari percobaan seperti tegangan dan arus listrik serta faktor geometri dari bahan. Metode yang digunakan untuk mengetahui resistivitas sampel adalah metode pengukuran 4 titik (*four probe*). Pada proses pengukuran ini tidak dapat dilakukan secara langsung, maka prosedurnya adalah dengan menganggap arus I mengalir antara kedua elektroda terluar, dan tegangan V diukur melalui kedua elektroda yang didalam.

Nilai resistivitas dapat dihitung dengan persamaan (2.1) berikut ini.

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I} \text{ (}\Omega\cdot\text{m)} \quad (2.1)$$

dengan k = faktor geometri, V = beda tegangan, dan I = arus.

Dari persamaan (2.1), nilai konduktivitas dan resistansi sampel dapat dihitung menggunakan persamaan (2.2) dan (2.3).

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \text{ (}\Omega\cdot\text{m)}^{-1} \quad (2.2)$$

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (2.3)$$

dengan ρ merupakan resistivitas sampel ($\Omega\cdot\text{m}$), σ adalah konduktivitas sampel ($\Omega\cdot\text{m}$)⁻¹, R adalah resistansi sampel (Ω), k sebagai faktor geometri, ΔV sebagai tegangan (volt) dan I sebagai arus (amper). Berdasarkan metode Wenner, jika jarak (a) antar kawat tembaga yang dipasang di atas permukaan sampel besarnya sama, maka nilai $k = 2\pi a$ (Telford, 1990).

$$k = \left[\frac{1}{2\pi} \times \left(\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right) \right]^{-1}$$

$$k = \left[\frac{1}{2\pi} \times \left(\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right) \right) \right]^{-1}$$

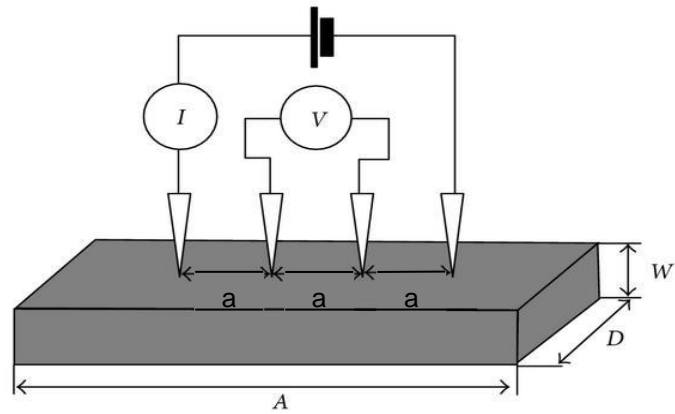
$$k = \left[\frac{1}{2\pi} \times \left(\left(\frac{1}{2a} \right) - \left(\frac{-1}{2a} \right) \right) \right]^{-1}$$

$$k = \left[\frac{1}{2\pi} \times \left(\frac{2}{2a} \right) \right]^{-1}$$

$$k = \left[\frac{1}{2\pi} \times \left(\frac{1}{a} \right) \right]^{-1}$$

$$k = 2\pi a$$

Rangkaian pengukuran resistivitas disajikan pada Gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11. Rangkaian pengukuran resistivitas (Anonim G, 2012). Keterangan I = arus, V = beda tegangan, dan a = jarak antar elektroda.