BAB III
DASAR TEORI

3.1 Air dan Syarat Tambak Udang

Perairan tambak merupakan salah satu ekosistem buatan manusia berupa kolam yang berada di daratan sekitar pantai dengan kondisi air bersifat payau dan biasa digunakan untuk tujuan memelihara udang dan ikan atau keduanya. Berdasarkan teknologi yang digunakan dalam pengelolaan perairan ini, terdapat beberapa tipe perairan tambak di Indonesia diantaranya adalah tipe tambak intesif, semi intensif dan tradisional (Santosa dan Dhimas, 2013).

Dalam usaha budidaya udang dan ikan, kualitas air merupakan salah satu faktor penting yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup udang dan ikan yang dibudidayakan. Menurut Mulyanto (1992), bahwa kondisi air sebagai media hidup biota air harus disesuaikan dengan kondisi optimal bagi biota yang dipelihara. Kualitas air tersebut meliputi kualitas fisika, kimia dan biologi. Faktor fisika misalnya suhu, kecerahan dan kedalaman. Faktor kimia diantaranya pH, DO, CO_2 dan NH_3. Sedangkan faktor biologi adalah yang berhubungan dengan biota air termasuk udang dan ikan.

Apabila kualitas air tidak stabil atau berubah-ubah maka dapat berdampak buruk terhadap udang dan ikan yang dibudidayakan, akibatnya udang atau pun ikan dapat stres, sakit bahkan mati bila tidak mampu bertoleransi terhadap perubahan lingkungan. Oleh sebab itu, biasanya diperlukan tindakan khusus atau rekayasa manusia agar kondisi kualitas air tetap stabil.

Menurut Seitzinger (1988), nitrat yang berada di dalam sedimen diproduksi dari biodegradasi bahan-bahan organik menjadi ammonia yang selanjutnya dioksidasi menjadi nitrat. Kadar nitrat yang normal di perairan laut umumnya berkisar antara 0,10-0,50 μg.at/L atau setara dengan 0,001-0,007 mg/L (Brotowidjoyo dkk., 1995). Kadar nitrat ini juga masih baik untuk pertumbuhan karang. Kadar nitrat di perairan ekosistem terumbu karang dengan kondisi karangnya sangat baik berkisar antara 0,22-5,10 μg.at/L atau 0,003-0,071 mg/L (Sutarna, 1987). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, KLH (2004) menetapkan

bahwa baku mutu konsentrasi nitrat yang layak untuk kehidupan biota laut adalah 0,008 mg/L. Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan limbah budidaya di antaranya meningkatkan efisiensi pakan yang tercermin pada rendahnya nilai Rasio Konversi Pakan (RKP). RKP merupakan tingkat kemampuan udang dalam memanfaatkan ransum pakan, pengontrolan feeding program terkait dengan penentuan dosis dan frekuensi pemberian pakan yang tepat, meningkatkan pemahaman tentang keterpaduan antara praktek budidaya yang diaplikasikan dengan feeding behavior, meminimalkan jumlah pakan yang hilang atau tidak termakan karena menjadi sumber utama limbah budidaya melalui aplikasi automatic feeder; dan mengalokasikan kolam pengendapan yang berfungsi sebagai Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) agar buangan air limbah ke lingkungan berada pada standar yang diperkenankan, serta memanfaatkan peran ekologi komoditas budidaya seperti rumput laut secara terintegrasi di perairan pesisir dalam upaya meminimasi potensi limbah nutrien dari budidaya (Syah dkk., 2014).

3.2 Nitrat (NO_3^-)

Keberadaan nitrogen di perairan dapat berupa nitrogen anorganik dan organik. Nitrogen anorganik salah satunya yaitu nitrat atau ion nitrat (NO_3^-) sedangkan nitrogen organik berupa protein, asam amino dan urea akan mengendap dalam air. Effendi (2003) menyatakan bahwa bentuk-bentuk nitrogen tersebut mengalami transformasi (ada yang melibatkan mikrobiologi dan ada yang tidak) sebagai bagian dari siklus nitrogen.

Nitrat (NO_3) adalah bentuk senyawa nitrogen yang merupakan sebuah senyawa yang stabil. Nitrat juga merupakan salah satu unsur yang penting untuk sintesis protein, tumbuh-tumbuhan dan hewan. Nitrat dapat berasal air buangan industri, bahan peledak, cat dan lain sebagainya. Kadar nitrat secara alamiah biasanya sedikit rendah tetapi kadarnya bisa sangat tinggi pada air limbah hasil industri dan air tanah yang terkontaminasi. Nitrat ternyata juga dapat menjadi pupuk pada tanaman air. Bila terjadi hujan lebat air akan membawa nitrat dari tanah masuk ke dalam aliran air sungai, danau dan waduk, kemudian menuju

lauutan dalam kadar yang tinggi. Hal ini akan merangsang tumbuhnya alga dan tanaman lain.

Nitrat adalah produksi dari nitrit di dalam proses nitrifikasi dan merupakan bentuk oksidasi terbanyak dari nitrogen dalam air. Alga dan Diatomae serta tumbuhan lainnya dengan mudah berasimilasi dengan ion nitrat dalam air (Colt dan Amstrong, 1981). Daya racun nitrat kurang kuat bila dibandingkan dengan nitrit dan amonia. Walaupun demikian nitrat biasanya bisa menjadi salah satu masalah potensial di dalam sistem resirkulasi. Pengaruh nitrat terutama pada osmoregulasi dan transpor oksigen. Nitrat adalah oksidator yang mampu mengubah hemoglobin menjadi ferrihemoglobin (methemoglobin) serta dapat merusak darah, hati, pusat hematopoetik, filamen insang dan kebiasaan yang tidak normal.

Nitrat adalah bentuk utama nitrogen diperairan dan merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Kandungan nitrat di perairan dipengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut, karena oksigen akan mengoksidasi nitrit dalam air menjadi nitrat (Setijaningsih dkk., 2015). Konsentrasi nitrat mengalami kenaikan disebabkan karena pada saat sampling terjadinya oksidasi oksigen dan juga pada proses autotroph nitrifikasi sehingga proses nitrifikasi merupakan proses oksidasi amonia (NH_4-N) menjadi nitrit dan nitrat nitrogen (NO_3-N) dengan bantuan mikroorganisme yang penting dalam siklus nitrogen (Effendi, 2003) dan dilakukan dengan heterotropik atau autotropik bakteri.

Bakteri utama yang dipakai dalam nitrifikasi adalah dari jenis *nitrosomonas* dan *nitrobacter* yang merupakan bakteri aerob. Nitrifikasi berjalan secara optimum pada pH 8 dan berkurang secara nyata pada pH < 7. Hasil oksidasi ini sangat reaktif dan mudah sekali larut, sehingga dapat langsung digunakan dalam proses biologis. Denitrifikasi yaitu reduksi nitrat menjadi nitrit (NO_2^-), dinitrogen oksida (N_2O) dan molekul nitrogen (N_2). Proses reduksi nitrat berjalan optimal pada kondisi anoksik (tidak ada oksigen). Selain itu kemungkinan lain kenaikan nitrat juga disebabkan kesalahan pada saat

pengambilan, pengawetan dan pemeriksaan sampel sehingga dapat menyebabkan terjadinya oksidasi.

Kelimpahan unsur nutrisi nitrat ini dalam air disebut *Euthrophication*, yang berasal dari bahasa latin *Eutrophos* yang artinya "pakan yang baik". Pengaruh negatif eutrofikasi adalah terjadinya perubahan keseimbangan antara tanaman air dengan hewan air, sehingga beberapa spesies ikan akan musnah dan tanaman air akan dapat menghambat laju arus air (Darmono, 2001). Hasil penelitian menunjukkan penurunan amonia sejalan dengan peningkatan nitrit, diduga proses penguraian amonia menjadi nitrat tidak berjalan karena adanya akumulasi nitrit sebagai akibat kerja *Nitrobacter* terganggu, sehingga nitrat tidak terurai sempurna.

Dalam pembahasan sebelumnya terlihat bahwa senyawa amonia, nitrit dan nitrat dapat menghambat pertumbuhan, bahkan mematikan ikan-ikan yang dibudidayakan. Oleh karena itu, ketiga senyawa nitrogen ini harus dikembalikan agar usaha budidaya yang dilakukan dapat berhasil. Berbagai cara untuk mengendalikan senyawa nitrogen dapat dilakukan yaitu dengan penyaringan biologi, pertukaran ion, sistem polykulture, stripphing udara, menggerakan endapan kotoran, therapi kimiawi dan bakteri intrifikasi.

Pada dasarnya analisis cukup sulit, namun ada beberapa cara dalam melakukan analisa yang tersedia antara lain:

a. Analisa dengan elektroda khusus yang cocok sebagai analisa penduga baik untuk air bersih ataupun air buangan dengan skala kadar NO_3-N antara 0,2 sampai dengan 1400 mg/L.
b. Analisa dengan reduksi menurut devarda untuk air buangan dengan kadar NO_3-N lebih dari 2 mg/L.
c. Analisa dengan brusin untuk air buangan dengan kadar 0,1 sampai 2,0 mg NO_3.
d. Analisa klorimetris khusus bagi nitrat, setelah semua zat nitrat direduksi oleh butir cadmium (Cd), metode ini cocok untuk kadar NO_3-N antara 0,01 sampai 11 mg/L.

Pada prinsip analisa khusus elektroda tersebut adalah sensor selektif yang menunjukkan perbedaan potensial melalui membran yang berpori dan tidak aktif, dan yang menahan cairan penukar ion. Elektroda tersebut peka terhadap

konsentrasi NO_3^- antara 10^{-5} dan 10^{-1} mikron. Karena elektroda juga peka terhadap perubahan pH dan kekuatan ionik sampel harus tetap walaupun ada penambahan larutan buffer.

3.3 Elektrokimia

Elekrokimia merupakan bagian dari kimia yang mempelajari hubungan antara reaksi kimia dengan arus listrik, reaksi elektrokimia melibatkan perpindahan-perpindahan elektron bebas dari suatu logam kepada komponen yang ada dalam larutan. Kesetimbangan reaksi elektrokimia sangat penting dalam sel galvani (sel yang menghasilkan arus listrik) dan sel elektrolisis (sel yang menggunakan atau memerlukan arus listrik). Dalam bidang elektrokimia antara sel galvani dan sel elektrolisis terdapat perbedaan yang nyata. Perbedaan tersebut berhubungan dengan reaksi spontan dan tidak spontan. Sel galvani terjadi reaksi yang spontan sedangkan sel elektrolisis terjadi reaksi tidak spontan. Reaksi spontan merupakan reaksi elektrokimia yang tidak memerlukan arus listrik dalam reaksinya sedangkan reaski tidak spontan merupakan reaksi elektrokimia yang memerlukan arus listrik sebagai sumber energy dalam reaksinya (Riyanto, 2013).

3.3.1 Elektrolisis

Elektrolisis merupakan suatu peristiwa dimana suatu larutan akan diuraikan menjadi ion-ionnya, yaitu ion positif (kation) dan ion negatif (anion), ketika arus listrik searah dialirkan ke dalam larutan elektrolit melalui elektroda. Pada peristiwa ini kation akan mengalami reduksi karena menangkap elektron, sedangkan anion akan mengalami oksidasi karena melepaskan elektron. Maka peristiwa reduksi terjadi di katoda dan oksidasi terjadi di anoda, dan kation akan menuju katoda sedangkan anion akan menuju anoda (Skog, 1993).

Menurut Riyanto (2013) elektrolisis merupakan salah satu bidang elektrokimia yang mengkaji perpindahan elektron di permukaan elektroda, teknik ini ramah lingkungan sehingga dikenal sebagai salah satu teknik teknologi hijau.

Teknologi elektrolisis sangat berguna karena bahan yang digunakan sangat sedikit dan sangat sederhana. Hanya dibutuhkan alat seperangkat elektrolisis, berupa power supply dan elektroda.

Bagian terpenting dalam teknik elektrolisis adalah elektroda, elektroda yang baik harus mempunyai sifat seperti kestabilan, konduktivitas, dan elektrokatalis yang baik. Anoda yang digunakan untuk oksidasi harus memiliki sifat kestabilan dalam larutan organik yang akan di elektrolisis, mudah dihasilkan dan murah harganya. Teknik elektrolisis tidak memerlukan bahan pengoksidasi dan juga katalis, karena elektroda (kutub positif) dapat berfungsi sebagai tempat oksidasi dan pada waktu yang sama dapat berfungsi sebagai katalis, senyawa organik dapat banyak yang mengalami reaksi di permukaan bahan padat. Logam dan oksidasinya mempunyai sifat alami sebagai katalis aktif sehingga reaksi organik elektrokimia berlangsung lebih efisien dan elektroda juga berfungsi sebagai tempat oksidasi sel.

Pada proses elektrolisis jarak antar elektroda akan berpengaruh terhadap keberhasilan proses elektrolisis. Pada saat elektrolisis berlangsung terdapat ruang yang cukup antar elektroda untuk menampung deposit tembaga yang terbentuk. Dengan semakin lamanya proses elektrolisis menyebabkan menyempitnya ruang antar elektroda. Hal inilah yang menghambat laju proses elektrolisis (Cahyono dan Ariani, 2014).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas pengolahan secara elektrolisis antara lain: penggunaan katalisator, luas permukaan elektroda, sifat atau jenis logam bahan elektroda, waktu yang dibutuhkan dalam proses elektrolisis dan konsentrasi pereaksi. Selain itu, kuat arus dan tegangan listrik dapat mempengaruhi kinerja elektrolisis karena tergantung dari spesifikasi sumber listrik (Topayung, 2011).

Pada elektrolisis, sebuah sumber listrik dihubungkan dengan dua elektroda atau dua plat yang diletakkan di dalam suatu larutan. Setelah proses dijalankan, maka air akan terpisah menjadi hidrogen dan oksigen. Hidrogen akan terkumpul di katoda (elektroda negatif) dan oksigen akan terkumpul pada anoda (elektroda positif). Gas hidrogen yang dihasilkan jumlahnya dua kali lipat dari gas oksigen yang dihasilkan dan keduanya proporsional dengan total energi listrik yang dialirkan melalui air. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:

Anoda (oksidasi) : $2H_2O \longrightarrow 4H^+_{(aq)} + O_{2(aq)} + 4e \quad E° = -1,23\ V$

Katoda (reduksi) : $2H^+ \longrightarrow 2e + H_{2(g)}$ E° = 0 V

$2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_2 + 2H_2$ E° = -1,23 V; ΔH =285,83 kJ/mol

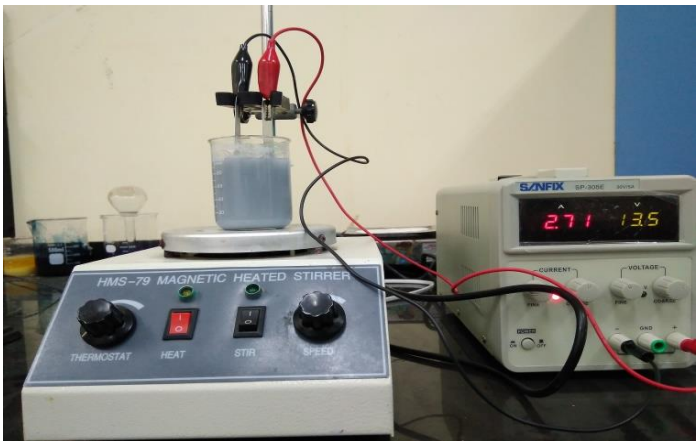
Energi listrik yang diperlukan untuk elektrolisis adalah 285,83 kJ/mol H_2 produk. Energi dalam jumlah yang cukup besar ini digunakan untuk mengatasi berbagai hambatan (energi aktivasi, resistansi listrik, resistansi transport dan resistansi reaksi kimia).

3.3.2 Elektrokoagulasi

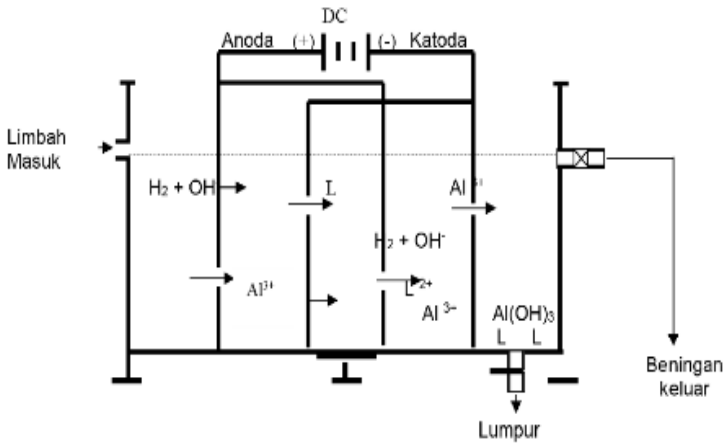
Metode elektrokoagulasi pada prinsipnya berdasarkan pada proses sel elektrolisis. Elektrokoagulasi terdiri dari tiga proses dasar yaitu elektrolisis, koagulasi dan flotasi (Holt, 2002). Prinsip dasar dari elektrokoagulasi ini merupakan reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektroda (+) yaitu anoda, sedangkan reduksi terjadi di elektroda (-) yaitu katoda (Ardhani dan Dwi, 2007).

Proses elektrokoagulasi umumnya menggunakan elektroda aluminium ataupun besi yang dapat berperan sebagai *sacrificial electrode* (elektroda yang berperan sebagai anoda dan katoda). Kedua elektro telah berhasil dan efektif dalam penghilangan polutan.

Proses elektrokoagulasi dapat dilakukan dengan sistem batch dan sistem flow. Elektrokoagulasi sistem batch adalah proses elektrokoagulasi tanpa aliran sedangkan elektrokoagulasi sistem flow adalah proses yang mana terjadi aliran air limbah. Berikut gambar elektrokoagulasi sistem batch dan sitem flow :



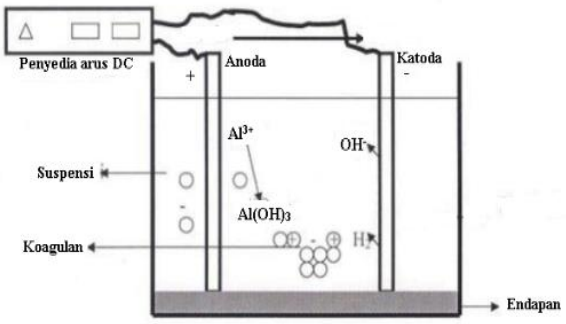
Gambar 3.1 Elektrokoagulasi Sistem Batch



Gambar 3.2 Elektrokoagulasi Sistem Flow (Susetyaningsih dkk., 2008)

Metode elektrokoagulasi memiliki beberapa keunggulan diantaranya yaitu merupakan metode sederhana, efisiensi pemisahan yang lebih tinggi, pengoperasian mudah, baik digunakan untuk menghilangkan senyawa organik, tanpa penambahan zat kimia sehingga mengurangi pembentukan residu (sludge), efektif untuk menghilangkan padatan tersuspensi dan lebih ramah lingkungan.

Menurut Putero dkk.(2008) faktor-faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi antara lain kerapatan arus listrik, waktu operasi, tegangan, kadar asam, ketebalan plat dan jarak elektroda. Proses elektrokoagulasi sistem batch dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat dua penghantar arus listrik searah yang disebut elektroda yang tercelup dalam larutan.



Gambar 3.3 Mekanisme elektrokoagulasi dalam Sistem Batch (Hari dan Harsanti, 2010)

Dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan dihasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya. Sedang pada anoda akan dihasilkan gas

halogen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk. Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat katoda dan anoda sebagai penghantar arus listrik searah yang disebut elektroda, yang tercelup dalam larutan limbah sebagai elektrolit. Karena dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung gas, maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan terangkat ke atas permukaan air. Flok-flok terbentuk ternyata mempunyai ukuran yang relatif kecil, sehingga flok-flok yang terbentuk tadi lama kelamaan akan bertambah besar ukurannya. Setelah air mengalami elektrokoagulasi, kemudian dilakukan proses pengendapan, yaitu berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel atau flok yang terbentuk tadi. Kemudian efluen yang dihasilkan akan dianalisis di laboratorium.

3.4 Elektroda

3.4.1 Pengertian Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor, elektrolit atau vakum). Jenis elektroda yaitu elektroda order pertama, elektroda order kedua, order ketiga, elektroda inert (Afandi dkk., 2017).

Elektroda yang digunakan dalam proses elektrolisis dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu:

1. Elektroda inert

Elektroda inert merupkan elektroda yang tidak ikut bereaksi baik sebagai katoda maupun anoda, sehingga yang mengalami reaksi redoks dalam sel elektrolisis yaitu elektrolit sebagai zat terlarut dan atau air sebagai pelarut. Elektoda inert seperti kalsium (Ca), potassium grafit (C), platina (Pt) dan emas.

2. Elektroda tidak inert atau elektroda aktif

Elektroda tidak inert atau elektroda aktif merupakan elektroda yang ikut bereaksi, terutama jika digunakan sebagai anoda dan dapat mengalami reaksi oksidasi. Elektroda tidak inert seperti seng (Zn), tembaga (Cu) perak (Ag), Aluminium (Al), besi (Fe).

3.4.2 Aluminium sebagai Elektroda

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang paling banyak terdapat di bumi yang merupakan logam ringan yang mempunyai sifat yang ringan, ketahanan korosi yang baik serta hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Di alam, aluminium berupa oksida yag stabil sehingga tidak dapat direduksi dengan cara seperti mereduksi logam lainnya. Reduksi aluminium hanya dapat dilakukan dengan cara seperti elektrolisis. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan sebagainya, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemurnian rendah dan sebagainya.

Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium wronglt alloy (lembaran) dan aluminium costing alloy (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm^3, densitas 2,685 kg/m^3 dan titik leburnya pada suhu 660 ˚C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium (Udayana, 2012).

Gambar 3.4 Plat Aluminium (Al)

Menurut Hutasoit terdapat beberapa sifat aluminium antara lain:

1. Memiliki ketahanan yang baik terhadap larutan kimia, cuaca/udara dan berbagai gas, sehingga membantu ketahanan terhadap korosi.
2. Dapat ditingkatkan kekuatan mekanis dan fisiknya dengan penambahan unsur-unsur paduan.

3. Memiliki sifat reflektivitas yang sangat baik
4. Konduktivitas panas dan listrik tinggi
5. Memiliki sifat elastisitas yang tinggi, sehingga material ini sering digunakan dalam aplikasi yang melibatkan kondisi embebanan kejut
6. Biaya fabrikasi rendah
7. Mudah ditempa dan dibentuk.

3.5 Spektroskopi Ultra Violet dan Visible

3.5.1 Pengertian dan Prinsip Spektroskopi UV-VIS

Spektrofotometri UV-Vis adalah salah satu teknik analisis spektroskopik yang memakai sumber REM (radiasi elektromagnetik) ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometri UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif.

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer. Cahaya yang dimaksud dapat berupa cahaya visibel, UV dan inframerah, sedangkan materi dapat berupa atom dan molekul namun yang lebih berperan adalah elektron valensi.

Cahaya adalah suatu bentuk energi radiasi yang mempunyai sifat sebagai gelombang dan partikel. Sifatnya sebagai gelombang dapat dilihat dengan terjadinya pembiasan dan pemantulan cahaya oleh suatu medium, sedangkan sifatnya sebagai partikel dapat dilihat dengan terjadinya efek fotolistrik. Sinar atau cahaya yang berasal dari sumber tertentu disebut juga sebagai radiasi elektromagnetik. Energi radiasi terdiri dari sejumlah besar gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda-beda. Bagian-bagian suatu radiasi dapat dipisah-pisahkan menjadi spektrum elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah cahaya matahari. Dalam interaksi materi dengan cahaya atau radiasi elektromagnetik,

radiasi elektromagnetik kemungkinanan dihamburkan, diabsorbsi atau dihamburkan sehingga dikenal adanya spektroskopi hamburan, spektroskopi absorbsi ataupun spektroskopi emisi.

Pengertian spektroskopi dan spektrofotometri pada dasarnya sama yaitu di dasarkan pada interaksi antara materi dengan radiasi elektromagnetik. Namun pengertian spektrofotometri lebih spesifik atau pengertiannya lebih sempit karena ditunjukan pada interaksi antara materi dengan cahaya (baik yang dilihat maupun tidak terlihat). Sedangkan pengertian spektroskopi lebih luas misalnya cahaya maupun medan magnet termasuk gelombang elektromagnetik.

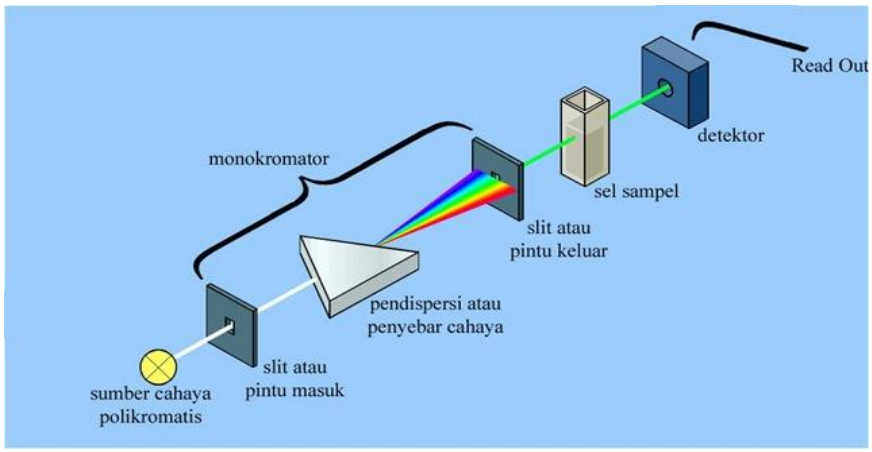
Prinsip kerjanya berdasarkan penyerapan cahaya atau energi radiasi oleh suatu larutan. Jumlah cahaya atau energi radiasi yang diserap memungkinkan pengukuran jumlah zat penyerap dalam larutan secara kuantitatif (Pescok dkk., 1976). Metode Spektrofotometri Ultra-violet dan Sinar Tampak telah banyak diterapkan untuk penetapan senyawa-senyawa organik yang umumnya dipergunakan untuk penentuan senyawa dalam jumlah yang sangat kecil (Skoog dan West, 1971).

Dalam suatu larutan gugus molekul yang dapat mengabsorpsi cahaya dinamakan gugus kromofor, contohnya antara lain: C = C, C = O, N = N, N = O, dan sebagainya. Molekul-molekul yang hanya mengandung satu gugus kromofor dapat mengalami perubahan pada panjang gelombang. Molekul yang mengandung dua gugus kromofor atau lebih akan mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang yang hampir sama dengan molekul yang hanya mempunyai satu gugus kromofor tertentu, tetapi intensitas absorpsinya adalah sebanding dengan jumlah kromofor yang ada. Interaksi antara dua kromfor tidak akan terjadi, kecuali jika antara dua kromofor itu ada kaitannya. Walaupun demikian, suatu kombinasi tertentu dari gugus fungsi akan menghasilkan suatu sistim kromoforik yang dapat menimbulkan pita-pita absorpsi yang karakteristik (Skoog dan West, 1971). Banyak zat organik juga menunjukkan absorpsi khusus, misalnya permanganat, ion nitrat, ion kromat, dan ruthenium, molekul iodium dan ozon. Banyak pereaksi akan bereaksi dengan zat yang tidak mengabsorpsi memberikan hasil yang akan mengabsorpsi sinar Ultra-violet atau Sinar Tampak dengan kuat.

Pereaksi organik yang membentuk kompleks berwarna yang stabil adalah o-phenanthrolin untuk besi, dimetil glioksim untuk nikel, dietil thio karbamat untuk tembaga, dan sebagainya (Skoog dan West 1971).

Menurut Moffat (2011), salah satu kegunaan dari spektrofotometer UV-VIS yaitu untuk analisis penetapan kadar atau kandungan bahan aktif. Jika suatu molekul bergerak dari suatu tingkat energi ke tingkat energi yang lebih rendah maka beberapa energi dilepaskan. Energi ini dapat hilang sebagai radiasi dan dapat dikatakan telah terjadi emisi radiasi. Apabila suatu molekul dikenai suatu radiasi elektromagnetik pada frekuensi yang sesuai sehingga energi molekul ditingkatkan ke level yang lebih tinggi, maka terjadilah penyerapan (absorpsi) energi oleh suatu molekul. Agar terjadi absorpsi, maka perbedaan energi antara dua tingkat energi harus setara dengan energi foton yang diserap.

Spektrofotometer UV-VIS merupakan pengukuran didaerah panjang gelombang 200-750 nm. Sinar ultraviolet memiliki panjang gelombang antara 200-400 nm sedangkan sinar tampak memiliki panjang gelombang 400-750 nm. Warna sinar tampak dihubungkan dengan panjang gelombangnya. Dalam hal ini, sinar putih mengandung radiasi pada semua panjang gelombang di daerah sinar tampak. Warna komplementer, yaitu jika salah satu komponen warna putih dihilangkan dengan absorpsi, maka sinar yang tampak sebagai komplemen warna yang diserap (Rohman, 2007).



Gambar 3.5 Skema Spektroskopi UV-VIS

Cahaya yang berasal dari lampu deuterium maupun wolfram yang bersifat polikromatis di teruskan melalui lensa menuju ke monokromator pada

spektrofotometer dan filter cahaya pada fotometer. Monokromator kemudian akan mengubah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis (tunggal). Berkas cahaya dengan panjang tertentu kemudian akan dilewatkan pada sampel yang mengandung suatu zat dalam konsentrasi tertentu, oleh karena itu terdapat cahaya yang diserap (diabsorpsi) da nada pula yang dilewatkan. Cahaya yang dilewatkan ini kemudian diterima oleh detector, kemudian detector 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 (Frankhauser, 2007).

Metode Spektrofotometri Ultra-violet dan Sinar Tampak berdasarkan pada hukum Lambert - Beer. Hukum tersebut menyatakan bahwa jumlah radiasi cahaya tampak, ultra-violet dan cahaya-cahaya lain yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan. Hukum ini secara sederhana dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$\log \frac{It}{Io} = - k_1 . b$$

$$I_t = I_o . 10^{-k_1} . b \text{ ..... } (1)$$

$$\log \frac{It}{Io} = - k_2 . c \text{ ……..…(2)}$$

$$I_t = I_o . 10^{-k_2} . c \text{ ……. } (3)$$

K = konstanta yang bergantung pada kondisi percobaan.

Jika persamaan (1) dan (2) dikombinasikan, maka diperoleh:

$$\log \frac{It}{Io} = - a . b . c \text{……..(4)}$$

$$I_t = I_o . 10^{-a . b . c} \text{…….(5)}$$

Jika c dinyatakan dalam mole/liter, maka yang bersangkutan dinamakan absorptivitas molar dan diberikan lambang E.L

Perbandingan dinamakan transmisi (T).

$$T = \frac{It}{Io} \text{……..(6)}$$

Cara lain untuk menyatakan perbandingan ini adalah:

$$A = -\log T = \log \frac{Io}{It} \ldots\ldots(7)$$

$$A = a \,.\, b \,.\, c \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(8)$$

Bila absorbansi A dialurkan terhadap konsentrasi c untuk contoh yang tebalnya b cm, maka akan menghasilkan suatu garis lurus dimana hukum Lambert – Beer berlaku (Pecsok dkk., 1976).

3.5.2 Komponen – komponen Spektroskopi UV-VIS

Instrumen yang digunakan untuk mempelajari serapan atau emisi radiasi elektromagnetik sebagai fungsi dari panjang gelombang disebut "spectrometer" atau spektrofotometer. Komponen-komponen pokok dari spektrofotometer meliputi:

1. Sumber Radiasi atau Cahaya

Sumber cahaya dipergunakan untuk pengukuran absorpsi. Sumber cahaya ini harus memancarkan sinar dengan kekuatan yang cukup untuk penentuan dan pengukuran, juga harus memancarkan cahaya berkesinambungan yang berarti harus mengandung semua panjang gelombang dari daerah yang dipakai. Kekuatan sinar radiasi harus konstan selama waktu yang diperlukan. Sumber Cahaya Tampak yang paling umum dipakai adalah lampu Wolfram. Sedangkan sumber radiasi Ultra-violet biasa dipergunakan lampu Hidrogen atau Deuterium yang terdiri dari tabung kaca dengan jendela dari kwartz yang mengandung Hidrogen dengan tekanan tinggi. Oleh karena kaca menyerap radiasi Ultra-violet, maka sistim optik Spektrofotometer Ultra-Violet dan sel harus dibuat dari bahan kwartz.

Kelebihan lampu wolfram adalah energi radiasi yang dibebaskan tidak bervariasi pada berbagai panjang gelombang. Untuk memperoleh tegangan yang stabil dapat digunakan transformator. Jika potensial tidak stabil, maka akan mendapatkan energi yang bervariasi. Untuk mengkompensasi hal ini maka dilakukan pengukuran transmitan larutan sampel dan disertai larutan pembanding (Triyati, 1985).

2. Monokromator

Monokromator dipergunakan untuk memisahkan radiasi ke dalam komponen-komponen panjang gelombang dan dapat memisahkan bagian

spektrum yang diinginkan dari lainnya. Alatnya dapat berupa prisma ataupun grating. Untuk mengarahkan sinar monokromatis yang diinginkan dari hasil penguraian ini dapat digunakan celah. Jika celah posisinya tetap, maka prisma atau gratingnya yang dirotasikan untuk mendapatkan λ yang diinginkan. Ada dua tipe prisma yaitu susunan Cornu dan susunan Littrow.

3. Sel absorpsi

Sel absorpsi dipakai dari bahan silika, kuvet dan plastik banyak dipakai untuk daerah Sinar Tampak. Kualitas data absorbansi sangat tergantung pada cara pemakaian dan pemeliharaan sel. Sidik jari, lemak atau pengendapan zat pengotor pada dinding sel akan mengurangi transmisi. Jadi sel-sel itu harus bersih sekali sebelum dipakai (Glasston, 1960)

Pada pengukuran di daerah tampak kuvet kaca atau kuvet kaca corex dapat digunakan, tetapi untuk pengukuran pada daerah UV harus menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini. Umumnya tebal kuvet adalah 10 mm, tetapi yang lebih kecil ataupun yang lebih besar dapat digunakan. Sel yang biasa digunakan berbentuk persegi, tetapi bentuk silinder dapat juga digunakan.

4. Detektor

Detektor dipergunakan untuk menghasilkan signal elektrik. Dimana signal elektrik ini sebanding dengan cahaya yang diserap signal elektrik ini kemudian dialirkan ke alat pengukur (Skoog dan West 1971). Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang. Pada spektrofotometer, tabung pengganda elektron yang digunakan prinsip kerjanya telah diuraikan.

5. Rekorder

Rekorder dipergunakan untuk mencatat data hasil pengukuran dari detektor, yang dinyatakan dengan angka.

3.5.3 Penggunaan Spektroskopi UV-VIS

Pada umumnya spektrofotometer UV-VIS dalam analisis senyawa organik digunakan untuk:

1. Menentukan jenis kromofor, ikatan rangkap yang terkonjugasi dan auksokrom dari suatu senyawa organik.
2. Menjelaskan informasi dari struktur berdasarkan panjang gelombang serapan maksimum suatu senyawa.
3. Mampu menganalisis senyawa organik secara kuantitatif dengan menggunakan Hukum Lambert-Beer.

3.5.4 Syarat – Syarat Senyawa dapat Dianalisis

Suatu senyawa dapat dianalisis dengan spektrofotomer UV-VIS jika mempunyai kromofor pada strukturnya, seperti:

1. Ikatan rangkap terkonjugasi

   Dua ikatan rangkap terkonjugasi memberikan suatu kromofor
2. Senyawa aromatik

   Cincin aromatic mengabsorbsi dalam daerah radiasi UV
3. Gugus Karbonil

   Gugus karbonil aldehida dan keton dapat dieksitasi baik dengan peralihan n – p* atau p – p*.

4. Auksokrom

   Gugus auksokrom mempunyai pasangan electron bebas, yang disebabkan oleh terjadinya mesomeri kromofor. Yang termasuk dalam gugus auksokrom ini yaitu substituent seperti –OH, -NH_2, -NHR, dan –NR2. Gugus ini akan memperlebar sistem kromofor dan menggeser absorbs maksimum kea rah yang lebih panjang
5. Gugus aromatik

   Merupakan yang mempunyai transisi electron n – p*, seperti nitrat (313 nm), nitrit (360 nm dan 280 nm).

3.5.5 Faktor – Faktor yang Menyebabkan Kesalahan dalam Menggunakan Spektroskopi

Faktor-faktor yang menyebabkan kesalahan dalam menggunakan spektrofotometer dalam mengukur konsentrasi suatu analit:

1. Adanya serapan oleh pelarut. Hal ini dapat diatasi dengan penggunaan blangko, yaitu larutan yang berisi selain komponen yang akan dianalisis termasuk zat pembentuk warna.
2. Serapan oleh kuvet. Kuvet yang ada biasanya dari bahan gelas atau kuarsa, namun kuvet dari kuarsa memiliki kualitas yang lebih baik.
3. Kesalahan fotometrik normal pada pengukuran dengan absorbansi sangat rendah atau sangat tinggi, hal ini dapat diatur dengan pengaturan konsentrasi, sesuai dengan kisaran sensitivitas dari alat yang digunakan (melalui pengenceran atau pemekatan).

3.5.6 Kelebihan dan Kekurangan Spektroskopi UV-VIS

Pemakaian Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak dalam analisis kuantitatif mempunyai beberapa kelebihan:

1. Dapat dipergunakan untuk banyak zat organik dan anorganik. Adakalanya beberapa zat harus diubah dulu menjadi se-nyawa berwarna sebelum dianalisa.
2. Selektif, pada pemilihan kondisi yang tepat dapat dicari panjang gelombang untuk zat yang dicari.
3. Mempunyai ketelitian yang tinggi, dengan kesalahan relatif sebesar 1% -3%, tetapi kesalahan ini dapat diperkecil lagi.
4. Dapat dilakukan dengan cepat dan tepat.

Adapun kelemahan Spektrofotometer Ultra-violet dan Sinar Tampak dalam analisis kualitatif dalah kurang teliti. Hal tersebut disebabkan karena pita-pita absorpsi yang diperoleh melebar, dengan demikian kurang khusus atau terbataspemakaiannya.

3.6 Scanning Electron Microscope – Electron Dispersive X (SEM-EDX)

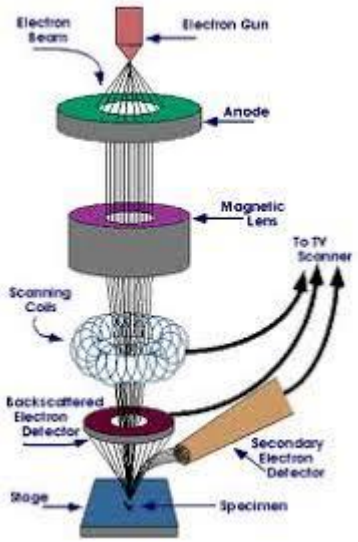
SEM merupakan salah satu tipe mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran suatu permukaan sampel. Gambar yang dihasilkan oleh SEM memunyai karakteristik secara kualitatif dalam dua dimensi karena menggunkan elektron sebagai pengganti gelombang cahaya serta berguna untuk menentukan struktur permukaan sampel.

Gambar 3.6 Instrumen Scanning Electron Microscope

Disamping itu dengan menggunakan elektron juga bisa mendapatkan beberapa jenis pantulan yang berguna untuk keperluan karakterisasi. Jika elektron mengenai suatu benda maka akan timbul dua jenis pantulan yaitu pantulan elastis dan pantulan non elastis.

Material yang dikarakterisasi SEM yaitu berupa lapisan tipis yang memiliki ketebalan 20 μm dari permukaan. Teknik SEM merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan gambar topografi. Gambar topografi diperoleh dari penangkapan pengolahan elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen. Perbedaan SEM dengan mikroskop optik terletak pada resolusi yang lebih tinggi dan kedalaman area yang lebih besar (*depth of field*). Topografi dan morfologi dapat diamati menggunakan instrument ini karena kedalaman area yang bisa mencapai orde puluhan mikrometer pada perbesaran 1000 kali dan orde mikrometer pada perbesaran 10000 kali, hal tersebut karena di dalam SEM dipergunakan *magnetic lense* sehingga lebih mudah mengontrol perbesaran yang diinginkan berbeda dengan mikroskop optik yang menggunakan lensa yang perbesarannya terbatas.

SEM dapat memperoleh informasi kimia dari specimen dengan menggunakan EDX. Skema instrument ini diperlihatkan pada Gambar 3.7



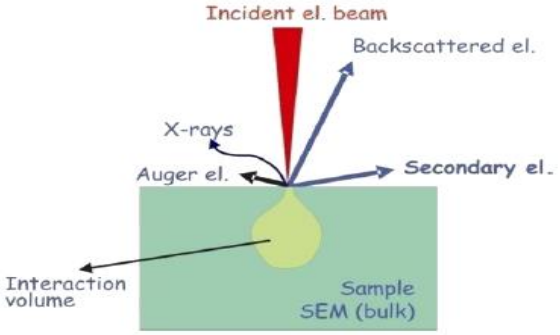
Gambar 3.7 Skema Peralatan Scanning Electron Microscope

Komponen utama alat SEM yaitu tiga pasang lensa lensa elektromagnetik yang berfungsi memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil, lalu oleh dua pasang scan coil discankan dengan frekuensi variabel pada permukaan sampel. Semakin kecil berkas difokuskan semakin besar resolusi lateral yang dicapai. Kesalahan fisika pada lensa-lensa elektromagnetik berupa astigmatismus dikoreksi oleh perangkat stigmator. SEM tidak memiliki sistem koreksi untuk kesalahan aberasi lainnya. Yang kedua adalah sumber elektron, biasanya berupa filamen dari bahan kawat tungsten atau berupa jarum dari paduan Lantanum Hexaboride LaB6 atau Cerium Hexaboride CeB6, yang dapat menyediakan berkas elektron yang teoretis memiliki energi tunggal (monokromatik), dan ketiga yaitu imaging detektor, yang berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar. Sesuai dengan jenis elektronnya, terdapat dua jenis detektor dalam SEM ini, yaitu detektor SE dan detektor BSE.

Prinsip kerja SEM adalah elektron mengenai kesemua permukaan sampel titik demi titik sampai tidak ada permukaan yang terlewat dan membentuk garis demi garis. Tiap sapuan elektron ke permukaan menghasilkan elektron sekunder yang kemudian ditangkap oleh detektor kemudian diolah dan ditampilkan pada layar CRT (Agus, 2014). Pada saat elektron berenergi tinggi menumbuk spesimen, elektron tersebut akan dihamburkan oleh atom dari spesimen. Hamburan elektron menyebabkan perubahan arah rambatan elektron di bawah

permukaan spesimen. Interaksi yang terjadi antara berkas elektron hanya terjadi pada volume tertentu dibawah permukaan spesimen. Dari interaksi tersebut dihasilkan apa yang disebut dengan *Secondary Electron* (SE) dan *Backscattered Electron* (BSE) yang nantinya dipergunakan sebagai sumber sinyal untuk membentuk gambar. Zona ini biasa disebut dengan *pears-head* karena bentuknya yang mirip buah pir dan ukurannya bertambah dengan meningktatnya energi dari elektron yang datang (Leng, 2008).

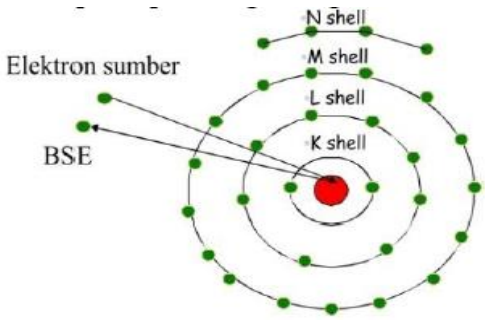
Ketika berkas elektron discan pada permukaan sampel, terjadi interaksi electron dengan atom-atom di permukaan maupun di bawah permukaan sampel. Seperti terlihat pada Gambar, akibat interaksi tersebut sebagian besar berkas elektron berhasil keluar kembali, elektron-elektron tersebut disebut sebagai *Backscattered Electrons* (BSE), sebagian kecil elektron masuk ke dalam bahan kemudian memindahkan sebagian besar energi pada elektron atom sehingga terpental ke luar permukaan bahan, yaitu *Secondary Electrons* (SE). Pembentukan elektron-elektron sekunder selalu diikuti proses munculnya X-ray yang karakteristik untuk setiap elemen, sehingga dapat digunakan untuk mengukur kandungan elemen yang ada di dalam bahan yang diteliti.



Gambar 3.8 Skema Interaksi antara Bahan dan Elektron di dalam SEM

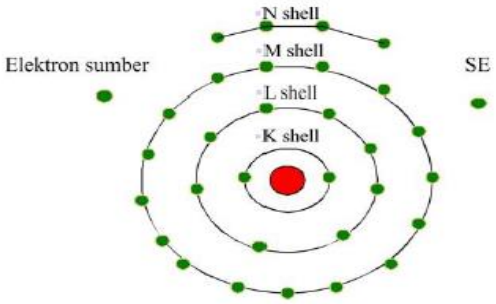
Proses pembentukan BSE terjadi pada atom-atom di bagian permukaan sampel yang lebih dalam. Ini disebabkan tumbukan antara elektron dari sumber dengan inti atom, seperti ditunjukan pada Gambar 8. Karena massa proton yang membentuk inti hingga 2000 kali lebih besar dari elektron, maka setiap tumbukan akan menyebabkan terpentalnya sebagian besar elektron ke arah 180˚. Artinya, sebagian akan dipantulkan kembali ke arah di mana mereka datang yaitu ke luar

permukan bahan. Elektron-elektron BSE ini membawa informasi tentang atom-atom yang ditumbuknya beserta ikatannya dalam fasa. Sehingga kontras pada image yang terbentuk dari elektron-elektron BSE dalam batas-batas tertentu dapat dipandang sebagai kontras fasa.



Gambar 3.9 Proses Terbentuknya BSE

Jika elektron sumber dalam perjalanannya di dalam bahan hanya melewati awan elektron atau orbital sebuah atom maka elektron tersebut dapat saja memindahkan sebagian energi kinetiknya kepada satu atau lebih elektron pada orbit tersebut. Elektron itu akan menjadi tidak stabil dan dalam kondisi tereksitasi sehingga meninggalkan posisinya dan keluar dari permukaan bahan, maka elektron tersebut dikenal sebagai *secondary electron* (SE) atau elektron sekunder, karena elektron-elektron SE memiliki energi yang rendah, maka hanya electron-elektron yang berada atau sangat dekat permukaan bahan saja yang dapat lolos keluar. Dengan bantuan detektor khusus electron SE dapat dimanfaatkan untuk membentuk image morfologi permukaan bahan dengan baik. Struktur permukaan berikut ciri-cirinya, seperti batas butir, *edge*, porositas, puncak atau lembah akan terlihat lebih detil dengan resolusi yang lebih tinggi dibanding BSE (Agus dkk., 2015).



Gambar 3.10 Proses Pembentukan SE dan X-Ray

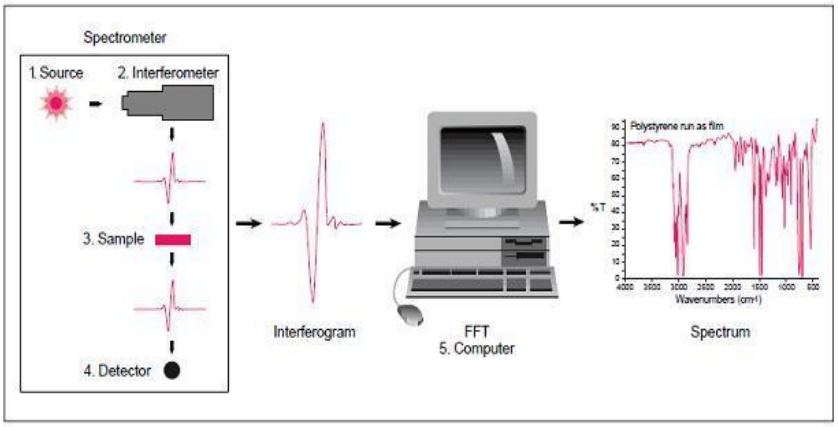
Energy dispersive X-ray (EDX) analisis adalah alat yang digunakan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif elemen. Metode ini cepat dan analisis kimia non-destruktif dengan resolusi spasial dalam rezim mikrometer. Hal ini didasarkan pada analisis spektral radiasi sinar-X karakteristik yang dipancarkan dari atom sampel pada iradiasi dengan berkas electron difokuskan dari SEM. Dalam sistem spektroskopi dari foton sinar-x dipancarkan dilakukan oleh detector Si-Li dengan resolusi energi sekitar 150 eV pada 5 mm jarak kerja (Martinez, 2010).

3.7 Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Metode *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang merupakan metode analisis material dengan menggunakan spektroskopi sinar infra merah, bebas reagen, tanpa penggunaan radioaktif. Sinar infra merah memiliki rentang panjang gelombang dari 2,5 µm sampai 25 µm. Adapun frekuensi sinar infra merah memiliki rentang dari 400 cm^{-1} sampai 4000 cm^{-1}. Pengujian FTIR memiliki fungsi yaitu untuk mengidentifikasi material yang belum diketahui, menentukan kualitas sampel dan menentukan intensitas suatu komponen dalam sebuah campuran. Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah yang dilakukan terhadap senyawa tersebut. Pola absorbansi yang diserap oleh tiap-tiap senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa-senyawa dapat dibedakan dan dikuantifikasikan (Sankari, 2010). FTIR menghasilkan data berupa grafik intensitas dan frekuensi. Intensitas menunjukkan tingkatan jumlah senyawa sedangkan frekuensi menunjukkan jenis senyawa yang terdapat dalam sebuah sampel (Alfaruqi, 2008).

Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yang merupakan salah satu metode pengukuran untuk mendeteksi struktur molekul senyawa melalui identifikasi gugus fungsi penyusun senyawa. Pengujian dengan spektroskopi FTIR tidak memerlukan persiapan sampel yang rumit dan bisa digunakan dalam berbagai fase baik padat, cair mapun gas. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode spektroskopi adsorbsi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi infra merah oleh molekul suatu materi. Adsorbsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat yakni kesesuaian antara frekuensi

radiasi infra merah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Chatwal, 1985).



Gambar 3.11 Skema FTIR

Spektroskopi inframerah hampir sama dengan tipe penyerapan energi yang lain, maka molekul akan terkesitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi bila menyerap radiasi inframerah. Inti-inti atom yang terikat secara kovalen akan mengalami getaran bila molekul menyerap radiasi inframerah dan energi yang diserap menyebabkan kenaikan pada amplitude getaran atom-atom yang terikat. Panjang gelombang serapan oleh suatu tipe ikatan tertentu bergantung pada jenis ikatan, oleh karena itu tipe ikatan yang berlainan akan menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang karakteristik yang berlainan. Sehingga setiap molekul akan mempunyai spektrum inframerah yang karakteristik pada konsentrasi ukur tertentu, yang dapat dibedakan dari spektrum lainnya melalui posisi dan intensitas pita serapan, sehingga dapat digunakan untuk penjelasan struktur, identifikasi dan analisis kuantitatif (Sastrohamidjojo, 1992).

FTIR merupakan salah satu instrumen yang banyak digunakan untuk mengetahui spektrum vibrasi molekul yang dapat digunakan untuk memprediksi struktur senyawa kimia. Terdapat tiga teknik pengukuran sampel yang umum digunakan dalam pengukuran spektrum menggunakan FTIR yaitu *Photo Acoustic Spectroscopy* (PAS), *Attenuated Total Reflectance* (ATR), dan *Difuse Reflectance Infrared Fourier Transform* (DRIFT). Setiap teknik memiliki karakteristik spektrum vibrasi molekul tertentu (Beasley dkk., 2014). Metode pembacaan spektrum vibrasi molekul pada FTIR ada dua macam, yaitu metode reflektansi

dan metode transmisi. Metode transmisi memerlukan teknik khusus dalam preparasi sampel yaitu harus dalam bentuk *pellet disk*.

Spektroskopi inframerah transformasi fourier (*fourier transform infrared* - FTIR) yang memiliki banyak keunggulan dibanding spektroskopi inframerah diantaranya yaitu lebih cepat karena pengukuran dilakukan secara serentak (simultan), serta mekanik optik lebih sederhana dengan sedikit komponen yang bergerak. Jika sinar inframerah dilewatkan melalui sampel senyawa organik, maka terdapat sejumlah frekuensi yang diserap dan ada yang diteruskan atau ditransmisikan tanpa diserap. Serapan cahaya oleh molekul tergantung pada struktur pada struktur elektronik dari molekul tersebut. Molekul yang menyerap energi tersebut terjadi perubahan energi vibrasi dan perubahan tingkat energi rotasi (Suseno dan Firdausi, 2008).