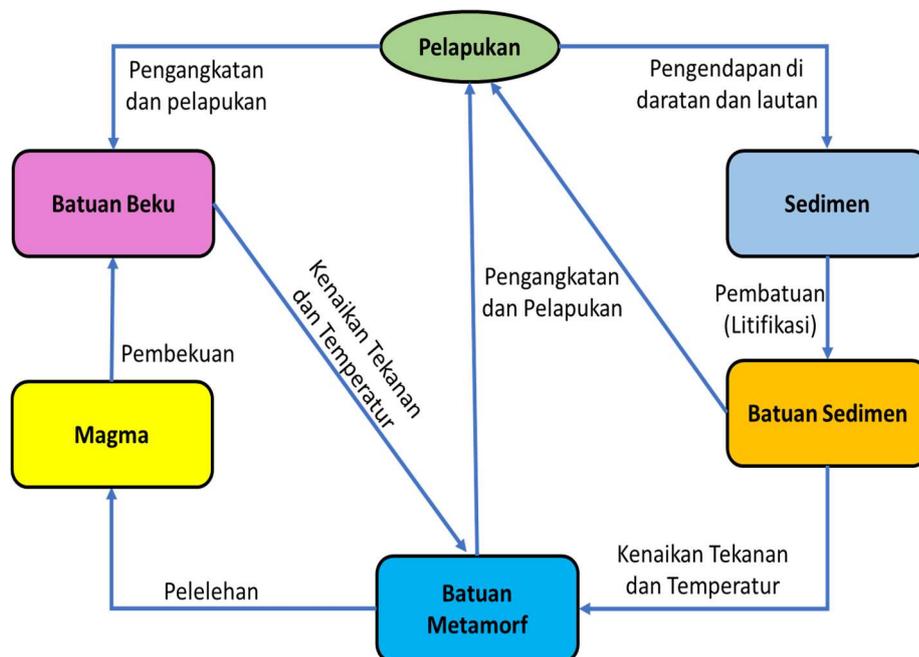


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Batuan Vulkanik

Batuan adalah bagian terpadat dari permukaan bumi yang tersusun dari mineral sejenis atau tak sejenis yang terikat secara gembur atau padat [8]. Mineral merupakan suatu unsur kimia atau zat anorganik yang terbentuk dari proses alamiah yang memiliki komposisi khusus dan struktur kristal [9]. Batuan mempunyai komposisi mineral, sifat-sifat fisik, dan umur beraneka ragam. Pada umumnya suatu batuan merupakan gabungan dari dua mineral atau lebih. Batuan tidak perlu dalam bentuk padat dan keras dan biasanya merupakan agrerat-agrerat yang berukuran cukup besar, tetapi dapat pula berukuran cukup kecil [10]. Batuan merupakan magma yang mengeras baik dipermukaan maupun didalam permukaan bumi melalui serangkaian proses yang disebut dengan “Siklus Batuan” .



Gambar 2.1. Siklus Batuan (digambar ulang oleh penulis)[11].

Siklus batuan adalah suatu rangkaian proses dimana material bumi berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya dan terjadi akibat interaksi antara lempeng tektonik

dan siklus hidrologi. Bermula dari magma yang terbentuk secara alamiah dalam waktu berjuta tahun dan magma hanya berada pada suatu wilayah dibawah permukaan bumi yang disebut dengan kamar magma. Magma memiliki sifat yang dinamis dan magma terus bergerak mengalir dari suhu yang lebih tinggi menuju suhu yang lebih rendah dari kamar magma. Akibat pergerakannya, magma mengalami kristalisasi dan sebagian membeku menjadi batuan beku.

Batuan beku memiliki tekstur, struktur dan komposisi mineral. Tekstur batuan dapat digunakan untuk memberikan informasi mengenai proses pembentukan magma. Kemudian struktur dari batuan beku mencirikan batuan tersebut tergolong kedalam batuan intrusi dan ekstrusi. Pembekuan yang terjadi dibawah permukaan bumi, maka disebut dengan batuan beku intrusif. Kemudian apabila pembekuan terjadi di permukaan bumi maka disebut dengan batuan beku ekstrusif [12].

Batuan beku yang terbentuk oleh kristalisasi magma yang lama kelamaan akan mengalami pelapukan. Pelapukan awal terjadi pada batuan beku ekstrusif, pelapukan terjadi karena pengaruh cuaca seperti hujan, angin dan panas matahari. Sementara batuan beku intrusif juga akan melapuk namun dalam jangka waktu yang lebih lama. Batuan beku ekstrusif akan terjadi pengikisan padatan yang merupakan akibat dari interaksi air, udara dan hujan es. Dari proses pengikisan tersebut dibantu oleh air yang akan membawa material hasil pelapukan ke suatu tempat yang lain dan kemudian dilanjutkan dengan proses diagenesis.

Proses diagenesis yaitu suatu proses perubahan yang terjadi pada karakter dan komposisi sedimen yang bermula saat pengendapan berlangsung sampai batuan yang dihasilkan bermetamorfosis atau mengalami pelapukan akibat pengaruh atmosfer. Kemudian pelapukan yang diakibatkan oleh pengaruh atmosfer membuat material-material terbawa oleh air dan berkumpul pada suatu tempat lalu mengendap sehingga menimbulkan tumpukan material dalam satu tempat. Endapan dari hasil pelapukan tersebut akan membentuk batuan sedimen atau batuan endapan[13].

Batuan sedimen awalnya akan berada dibawah permukaan bumi, namun lama kelamaan akan mengalami proses pengangkatan lalu akan terkubur dan bergerak semakin dalam. Hal tersebut membuat batuan sedimen mengalami tekanan dan energi panas bumi yang meningkat. Pengaruh tekanan dan suhu yang tinggi mengakibatkan batuan sedimen berubah menjadi batuan metamorf atau yang disebut dengan batu malihan.

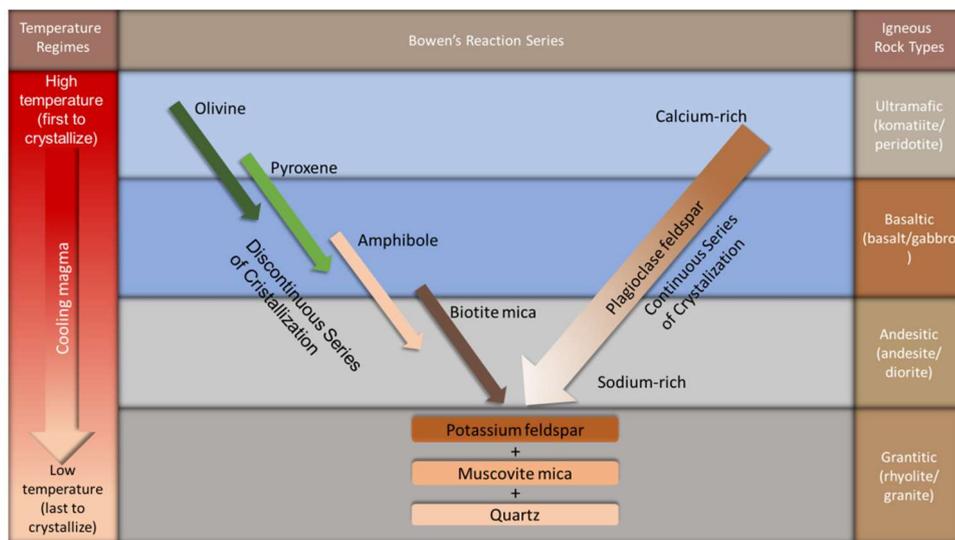
Batuan metamorf merupakan batuan yang mengalami perubahan bentuk dari batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf yang diakibatkan oleh tekanan dan suhu yang tinggi sehingga membuat mineralogi, tekstur dan struktur batuan tersebut berubah dari batuan asalnya menjadi batuan metamorf. Sifat dan susunan teksttur batuan menunjukkan bahwa rekristalisasi yang terjadi pada kedalaman tertentu dibawah permukaan bumi[14]. Batuan metamorf yang berada di bawah permukaan bumi atau yang berada dekat dengan inti bumi akan memiliki temperatur dan tekanan yang lebih tinggi, sehingga membuat batuan metamorf tersebut akan meleleh dan kembali menjadi magma.

### **2.1.1 Proses Pengkristalan Batuan**

Pada tahun 1922, Novan Levi Bowen menjelaskan tentang proses terbentuknya batuan yang melalui proses pengkristalan magma atau yang disebut dengan “deret bowen”. Berdasarkan deret bowen dapat dijelaskan bagaimana proses pembentukan mineral, khususnya mineral pada batuan beku, yaitu mineral yang banyak mengandung silikat yang kemudian mengkristal langsung dari magma berdasarkan temperatur.

Pada deret bowen terdapat dua deret pembentukan mineral-mineral yaang terbentuk pada suhu tinggi yang memiliki sifat ultrabasa sampai ke bawah yang memiliki suhu rendah dan memiliki sifat asam, atau sering disebut dengan deret kontinu dan deret diskontinu. Deret kontinu di jelaskan pada gambar 2.1 yaitu berada pada bagian kanan deret bowen, kemudian deret diskontinu berada pada bagain kiri deret bowen. Deret kontinu menjelaskan pembentukan feldspar plagioklas yang dimulai dari anorhite yang kaya akan mineral Kalsium (Ca)

menjadi Oligoklas yang kaya akan Natrium (Na). Deret kontinu memiliki pembentukan mineral yang satu dengan yang lain dalam satu deret memiliki hubungan yang dekat. Sedangkan pada deret diskontinu memiliki pembentukan mineral seperti olivine, piroksen, amfibol dan biotit. Disebut Deret diskontinu dikarenakan tidak terdapat hubungan dalam pembentukan mineral-mineralnya. Akan tetapi kedua deret tersebut akan bertemu pada satu titik yaitu pada pembentukan K-Feldspar, kemudian berlanjut ke pembentukan muscovite, dan kuarsa. Berikut ini merupakan gambaran susunan dari Deret Bowen.



Gambar 2.2 Deret Bowen ( digambar ulang oleh penulis) [15]

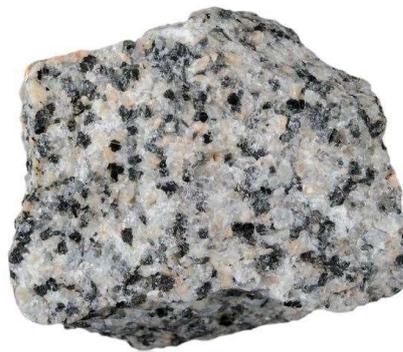
### 2.1.2 Batu Granit

Granit merupakan batuan beku plutonik yang terbentuk dari hasil pembekuan magma yang bersifat asam dimana memiliki kandungan silika lebih besar dari 66%[5]. Kata granit berasal dari bahasa latin granum. Batu granit terbentuk dibawah permukaan bumi, kemudian dikarenakan adanya proses tektonik batuan-batuan tersebut mengalami pengangkatan. Batu granit yang berasal jauh dibawah permukaan bumi akan muncul ke permukaan dengan adanya proses tektonik tersebut[16].

Batuan granit memiliki kandungan mineral yang dapat diamati secara langsung dengan mata atau disebut dengan (megaskopis) antara lain yaitu mineral kuarsa, ortoklas, plagioklas, biotit dan hornblende. Mineral batuan granit yang tidak dapat

diamati secara langsung menggunakan mata antara lain yaitu mineral radioaktif. Mineral radioaktif umumnya banyak dijumpai pada batuan beku yang memiliki sifat asam terutama pada batuan granit[5].

Batuan granit dapat ditemukan didaerah pinggiran pantai dan dipinggiran sungai besar ataupun didasar sungai. Di Indonesia batuan granit tersebar dari Kepulauan Riau hingga Semenanjung Malaysia, serta di Kepulauan Natuna. Daerah lainnya yaitu Selat Karimata hingga Laut Cina Selatan, Termasuk di sebagian Kalimantan bagian barat.



**Gambar 2.3** Batu Granit [17]

Sifat fisik dari batuan granit pada umumnya bersifat kompak, keras dan kuat dengan kuat tekan 1000-2500 kg/cm<sup>2</sup>, besar, tahan terhadap cuaca, dan bersifat asam serta memiliki warna bervariasi seperti putih abu-abu, merah muda kekuning-kuningan dan kerap kali kehijauan. Batuan granit memiliki kepadatan sekitar 2,75 gr/cm<sup>3</sup>, batuan granit memiliki kekerasan yang lebih besar yaitu 6-7 mohs (skala kekerasan mineral) dan memiliki massa jenis sekitar 2,2 -2,3 gr/cm<sup>3</sup>[16].

### **2.1.3 Mineral Silika**

Silika merupakan senyawa kimia dengan rumus molekul SiO<sub>2</sub> (silicon dioksida) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati, dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang / galian yang berupa mineral seperti: pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika (SiO<sub>2</sub>) [18].

Silika nabati dapat ditemui pada sekam padi dan tongkol jagung. Silika nabati pada umumnya yang sering digunakan yaitu silika sekam padi. Dalam

mendapatkan silika dari sekam padi dapat dilakukan menggunakan metode ekstraksi alkalis dan metode pengabuan. Silika dari hasil metode ekstraksi alkalis adalah berupa sol dimana silika pada fase larutan adalah fase amorf atau mudah bereaksi. Sedangkan pada metode pengabuan, sekam padi dibakar pada suhu diatas 200°C selama 1 jam untuk mendapatkan arang sekam padi yang berwarna hitam [19].

Selain terbentuk secara alami, silika dengan struktur tridmit dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada suhu 870°C dan apabila pemanasan dilakukan pada suhu 1470°C dapat dihasilkan silika dengan struktur kristobalit [20]. Silika juga dapat dibentuk dengan melakukan reaksi antara silikon dengan oksigen atau udara pada suhu tinggi [21]. Karakteristik silika amorf dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Karakteristik Silika Amorf [22].

Nama Lain	Silikon Dioksida
Rumus Molekul	SiO <sub>2</sub>
Berat Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	2,6
Bentuk	Padat
Daya Larut Dalam Air	Tidak Larut
Titik Cair (°C)	1610
Titik Didih (°C)	2230
Kekerasan (Kg/mm <sup>2</sup> )	650
Kekuatan Tekuk (MPa)	70
Kekuatan Tarik (MPa)	110
Modulus Elastis (GPa)	73-75
Resistivitas (Ohm.m)	>1014
Koordinasi Geometri	Tetrahedral
Struktur Kristal	Kristobalit, Tridmit, Kuarsa

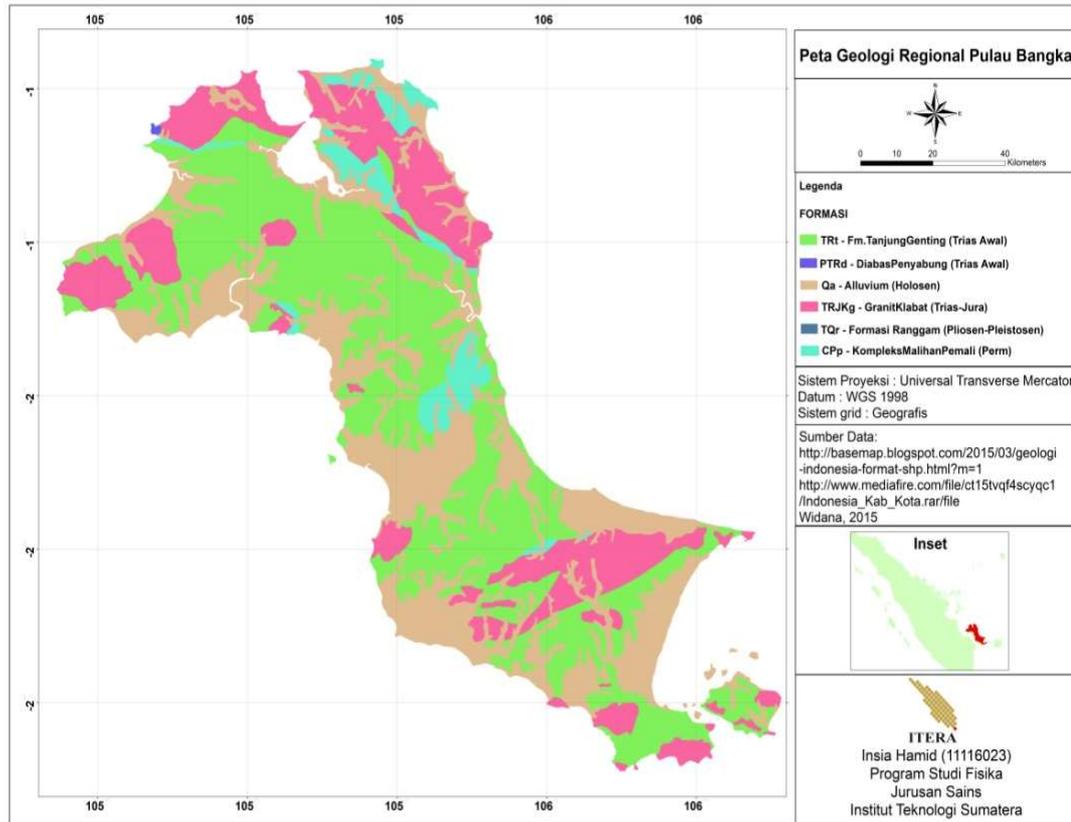
## 2.2 Geologi Regional Pulau Bangka

### 2.2.1 Geomorfologi

Secara fisiografi, Pulau Bangka Merupakan pulau besar yang berada dalam paparan sunda dan memiliki ciri khas yaitu daerah berbukit dengan batuan dasar yang membatasi Cekungan Sumatera Selatan dibagian timur dan Cekungan Sunda

dibagian utara [23]. Morfologi pulau Bangka merupakan dataran denudasional hingga perbukitan dengan ketinggian antara 0 hingga 699mdpl. Di daerah bukit-bukit terdapat suatu bukit yang tersusun oleh batuan plutonik yang merupakan batuan sisa dari proses pelapukan dan erosi. Bukit tersebut yaitu bukit Mangol (398 m) di kota Pangkal Pinang, bukit Menumbing (455 m) di Bangka Barat, bukit Permis (510 m) di Bangka Selatan, bukit Tebas (654 m) dibagian Tenggara pulau Bangka, dan bukit Maras (699 m) terletak antara kota Pangkal Pinang dan Bangka Barat [6].

Pulau Bangka termasuk kedalam daerah dengan stadia erosi tingkat lanjut, yang digambarkan dengan keadaan yang relatif datar dan adanya bukit-bukit yang merupakan sisa erosi (monadrock). Bukit sisa dari erosi tersebut tersusun atas batuan beku granit yang pada umumnya menempati bagian tepi Pulau Bangka. Pulau Bangka memiliki struktur geologi meliputi kelurusan, kekar, lipatan dan patahan. Batuan yang berumur Perm dan Trias merupakan batuan yang menimbulkan lipatan [24]. Formasi Tanjung Genting dan Formasi Renggam adalah bagian dari lipatan batuan yang mempunyai arah sumbu timurlaut-baratdaya dengan kemiringan antara  $18^{\circ}$ - $75^{\circ}$  yang menunjukkan adanya intensitas tektonik yang besar [25].



**Gambar 2.4** Peta Geologi Pulau Bangka

Batuan penyusun Pulau Bangka Terdiri dari 6 susunan, antara lain yaitu:

A. Komplek Pemali

Komplek Pemali adalah susunan batuan tertua yang memiliki filit berwarna keabu hitaman, sekis dengan sisipan kuarsit, lensa batu gamping. Komplek Pemali tersusun atas batuan yang berumur Permo-Karbon.

B. Diabas Penyambung

Diabas Penyambung memiliki diabas berwarna abu-abu kehijauan, dengan tekstur diabasik dan memiliki komposisi mineral yang terdiri dari plagioklas, augit, olivine, magnetit dan ilmenit. Batuan ini memiliki umur Trias Awal.

C. Formasi Tanjung Genting

Formasi Tanjung Genting terdiri dari percampuran antara batu pasir malih, batu pasir, batupasir lempungan, dan batu lempung dengan lensa batu gamping dan oksida besi. Batuan ini memiliki umur Trias.

D. Terobosan Granit

Terobosan Granit memiliki umur Yura Trias dan terdiri atas batuan granit Mangol, granit Pelangas, granit Jebus, granit Pemali, granit Menumbing, granit Bebuluh, dan granit Gadung.

E. Formasi Ranggam

Batuan formasi Ranggam memiliki umur Miosen Akhir dan batuan ini terdiri dari percampuran batupasir, batulempung, batulempung tufan dengan sisipan tipis batulanau, berumur Pliosen.

F. Aluvial

Tersusun oleh material yang berukuran bongkahan, kerakal, kerikil, pasir, lempung serta gambut yang berumur Holosen [6].

Pola struktur geologi regional Pulau Bangka adalah struktur yang memiliki arah relatif utara-selatan yaitu sesar Tempilang, Mangol dan Permisan, kemudian struktur yang memiliki arah Barat-Timur yaitu sesar Kelapa dan Klabat.

### 2.3 Efek Fotolistrik

Suatu elektron yang keluar dari permukaan (bersifat logam) ketika mengenai, dan menyerap, radiasi elektromagnetik yang berada diatas frekuensi ambang tergantung pada jenis permukaan disebut dengan efek fotolistrik. Istilah lama untuk efek fotolistrik adalah efek Hertz. Hertz melakukan pengamatan yang kemudian menunjukkan bahwa suatu elektroda yang diterangi menggunakan sinar ultraviolet menciptakan bunga api listrik lebih mudah. Efek fotolistrik terjadi karena adanya sifat-sifat konduksi listrik di dalam material karena pengaruh cahaya atau gelombang elektromagnetik lain[26].

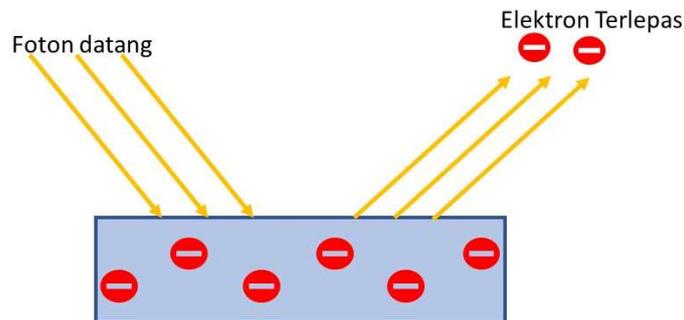
Studi efek fotolistrik merupakan tahap-tahap penting dalam mengamatisifat kuantum cahaya, elektron dan proses terbentuknya konsep Dualisme Gelombang partikel. Fenomena yang terjadi ketika cahaya mempengaruhi gerakan muatan listrik termasuk efek fotokonduktif (yang dikenal dengan fotokonduktivitas atau photoresistivity), efek fotovoltaik, dan efek foto [27].

Menurut teori modern, cahaya merupakan bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik dan juga merupakan sebuah partikel yang memiliki paket-paket energi yang disebut dengan foton. Oleh sebab itu cahaya menganut dualisme gelombang partikel, yaitu cahaya dapat berupa gelombang dan juga dapat berupa partikel. Efek fotolistrik membantu menjelaskan mengenai dualisme tersebut. Albert Einstein adalah orang yang menjelaskan mengenai efek tersebut dan meraih Nobel pada tahun 1921 [28].

Cahaya merupakan paket energi, dikarenakan cahaya yang terdapat di alam memiliki energi yang besarnya terkuantitas dan merupakan kelipatan dari bilangan bulat. Energi dari sebuah foton didefinisikan dengan persamaan Planck yaitu:

$$E = h \cdot \nu$$

Dimana  $h$  adalah konstanta Planck yang bernilai  $6,625 \times 10^{-34}$  J.s dan  $\nu$  adalah frekuensi dari foton (cahaya) tersebut [29].



**Gambar 2.5.** Efek fotolistrik

Einstein mengemukakan suatu konsep sebagai latar belakang terjadinya efek fotolistrik adalah bahwa satu elektron menyerap satu kuantum energi. Satu kuantum energi yang diserap elektron digunakan untuk lepas dari logam dan untuk bergerak ke pelat logam yang lain. Hal ini dapat dituliskan sebagai:

$$E = W + E_k \tag{1}$$

$$E = \phi + EK_{maks} \tag{2}$$

$$E = h \cdot \nu \tag{3}$$

$$h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + EK_{maks} \tag{4}$$

$$EK_{maks} = h.v - h.v_0 \quad (5)$$

Dimana  $h$  merupakan konstanta Planck,  $v$  dan  $v_0$  adalah frekuensi foton dan  $E_k$  maks adalah energi kinetik maksimum elektron [29].

### 2.3.1 Prinsip Kerja Efek Fotolistrik

Ketika suatu cahaya menumbuk lapisan logam tertentu, kemudian elektron didalamnya akan terhempas keluar, hal tersebut merupakan prinsip kerja dari efek fotolistrik. Apabila energi dari cahaya lebih besar dari fungsi kerja logam, maka elektron akan terhempas keluar. Elektron yang terhempas keluar mengakibatkan elektron yang berada dikulit lain turun untuk mengisi kekosongan dari kulit yang terpental tersebut disertai dengan emisi sinar-X yang khas. Pada efek fotolistrik, terdapat banyaknya elektron yang terlepas dari permukaan logam (katoda) akan sebanding dengan intensitas cahaya yang menyinari permukaan logam tersebut. Frekuensi cahaya terendah yang menyebabkan elektron dikatoda melepaskan diri dari atom. Frekuensi terendah cahaya yang digunakan agar dapat terjadinya peristiwa efek fotolistrik disebut dengan frekuensi ambang. Oleh sebab itu frekuensi cahaya berkaitan erat dengan energi foton, energi terkecil yang digunakan untuk menghasilkan arus elektron.

Adapun karakteristik-karakteristik dari efek fotolistrik yaitu:

1. Efek fotolistrik tidak terjadi pada semua cahaya yang mengenai pelat logam, hanya beberapa cahaya saja yang memiliki frekuensi lebih besar dari frekuensi tertentu yang memungkinkan lepasnya elektron dari pelat logam sehingga menyebabkan terjadinya efek fotolistrik (yang ditandai dengan terdeteksinya arus listrik pada kawat). Pada frekuensi tertentu dari cahaya dimana elektron terlepas dari permukaan logam disebut frekuensi ambang logam. Setiap logam memiliki frekuensi berbeda-beda dan merupakan karakteristik dari logam itu.
2. Apabila cahaya yang digunakan dapat menghasilkan efek fotolistrik, penambahan intensitas cahaya bersamaan dengan pertambahan jumlah elektron yang terlepas dari pelat logam (yang ditandai dengan arus listrik yang bertambah besar). Cahaya dengan frekuensi yang lebih kecil dari

frekuensi ambang meskipun intensitas cahaya diperbesar, maka tidak akan terjadi efek fotolistrik.

3. Apabila terjadi efek fotolistrik, arus listrik terdeteksi pada rangkaian kawat kemudian setelah cahaya yang sesuai disinari pada pelat logam. Ini berarti hampir tidak ada selang waktu elektron terbebas dari permukaan logam setelah logam disinari cahaya.

Penerapan efek fotolistrik dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya yaitu dalam bidang hiburan. Menggunakan alat bantu elektronika lainnya, suara dubbing film direkam dalam bentuk sinyal optik disepanjang pinggiran keping film. Pada saat film diputar, sinyal ini dibaca kembali melalui proses efek fotolistrik dan sinyal listriknya diperkuat dengan menggunakan amplifier tabung sehingga menghasilkan film bersuara [30]

#### **2.4 X-Ray Fluorescence (XRF)**

X-Ray Fluorescence adalah suatu teknik analisa non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi dan penentuan konsentrasi elemen yang ada pada serbuk, padatan, ataupun sampel dalam bentuk cair. Elemen-elemen yang dapat diukur dengan XRF mulai dari berilium (Be) hingga Uranium (U) pada level *trace element*, bahkan dibawah level ppm. XRF merupakan salah satu metode analisis yang tidak merusak unsur dalam bahan dan digunakan untuk analisis unsur suatu bahan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif digunakan untuk memberikan informasi jenis unsur yang terkandung dalam bahan yang dianalisis, yang ditunjukkan dengan adanya spektrum unsur pada energi sinar-x karakteristiknya. Sedangkan analisis kuantitatif pada umumnya banyak digunakan untuk memberikan informasi jumlah unsur yang terkandung dalam bahan yang ditunjukkan oleh ketinggian spektrum.

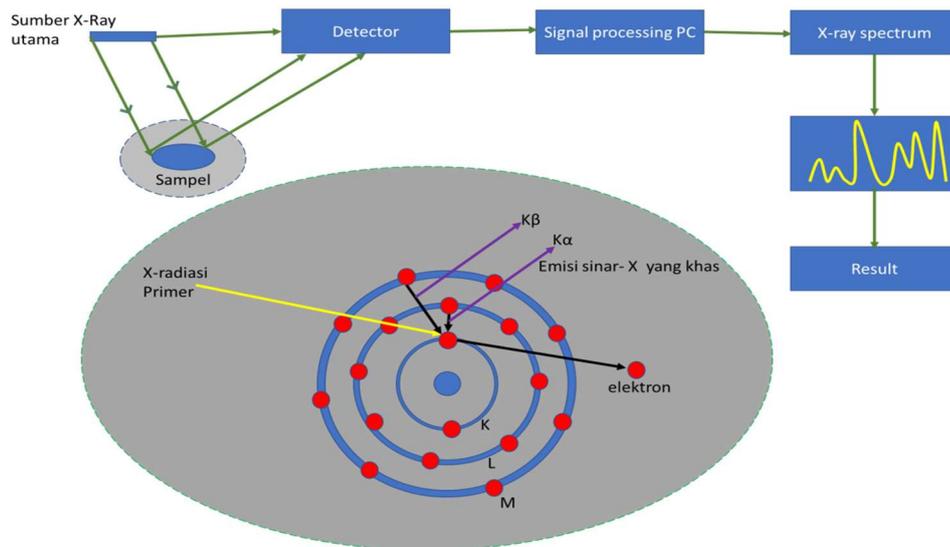
Secara umum, XRF spektrometer mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi fluorescensi yang dihasilkan sampel saat radiasi dengan sinar-X [31]. Berdasarkan cara kerja yang menggunakan sinar-X,

XRF dapat dihasilkan juga dari sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energi yang tinggi [32].

Sinar-X dapat diabsorpsi atau dihamburkan oleh material apabila terjadi sinar-X primer yang berasal dari tabung X-Ray atau sumber radioaktif mengenai sampel, ketika sinar-X diabsorpsi oleh atom dengan mentransfer energinya pada elektron yang terdapat pada kulit yang lebih dalam disebut efek fotolistrik. Pada proses tersebut, apabila sinar-X primer memiliki cukup energi, elektron pindah dari kulit yang didalam sehingga menimbulkan kekosongan. Kekosongan ini menghasilkan keadaan atom yang tidak stabil. Apabila suatu atom kembali pada keadaan stabil, maka elektron dari kulit luar pindah kekulit yang lebih dalam dan proses ini menghasilkan energi sinar-X yang tertentu dan berbeda antara dua energi ikatan pada kulit tersebut.

Emisi sinar-X yang dihasilkan dari suatu proses yang disebut dengan X-Ray Fluorescence (XRF). Proses deteksi dan analisa emisi sinar-X disebut dengan analisa XRF yang terjadi pada kulit K dan L. Sehingga terdapat istilah  $K\alpha$  dan  $K\beta$  serta  $L\alpha$  dan  $L\beta$  pada XRF. Jenis spektrum X-Ray Fluorescence dari sampel yang diradiasi akan menggambarkan puncak-puncak pada intensitas yang berbeda [33].

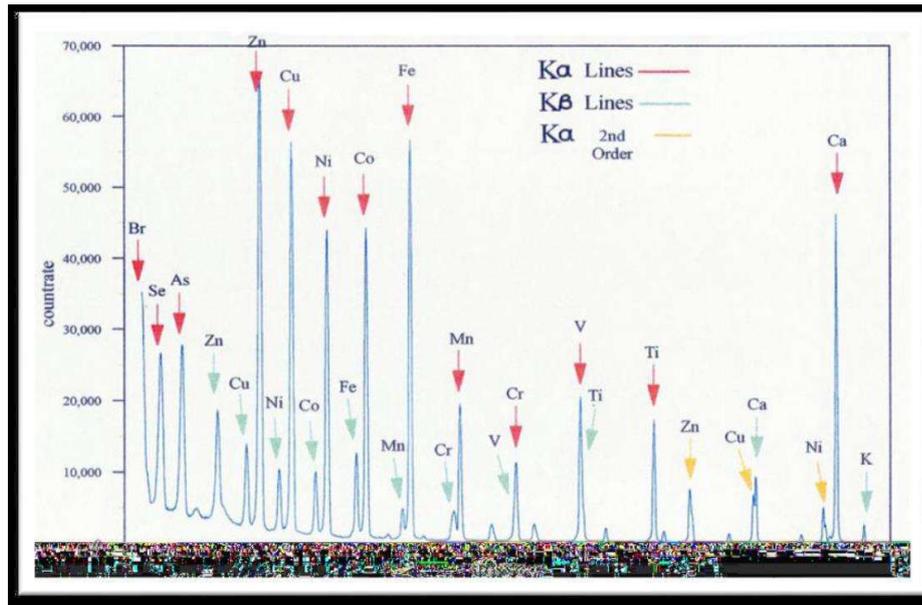
Energi XRF merupakan karakteristik level energi dari lintasan elektron pada tiap elemennya. Level energi berbeda untuk setiap elemen. Dengan analisis energi pada spektrum XRF yang diemisikan oleh suatu zat, dapat diketahui elemen yang ada pada suatu unsur dan konsentrasi tiap zat. Informasi ini dibutuhkan untuk mengidentifikasi suatu unsur.



**Gambar 2.6.** Prinsip Kerja Alat [34].

Beberapa unsur yang dapat dianalisis antara lain yaitu unsur yang mempunyai nomor atom rendah seperti unsur karbon (C) sampai dengan unsur yang memiliki nomor atom tinggi seperti Uranium (U)[35]. Unsur C mempunyai sinar-X transisi ke kulit K sebesar 0,28 keV sedangkan sinar-X karakteristik dari kulit L pada atom U sebesar 13,61 keV [36]. Energi setiap atom terdiri dari energi pada kulit atom K, L, M dan berikutnya maka energi yang diambil untuk analisis adalah energi sinar-X yang dihasilkan oleh salah satu kulit atom tersebut. Pada pengoperasian alat X-Ray Fluorescence (XRF) diperoleh bahwa rentang energi sinar-X pada peralatan adalah 5-50 keV. Dalam hal untuk analisis atom U, dilakukan pengambilan energi pada kulit L (13,61 keV) karena energi kulit K sangat besar (97,13 keV) dan berada diluar kemampuan alat.

Analisis menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF) akan menghasilkan suatu spektrum yang menunjukkan kandungan unsur-unsur pada tingkat energi tertentu sesuai orbital yang mengalami kekosongan elektron dan pengisian elektron dari orbital selanjutnya seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah [36].



**Gambar 2.7.** Kandungan unsur pada tingkat energi tertentu [37]

Data hasil pengukuran X-Ray Fluorescence berupa sumber spektrum dua dimensi dengan sumbu-x adalah energi (keV) sedangkan sumbu-y adalah cacahan/intensitas sinar-x yang dipancarkan oleh setiap unsur. Setiap unsur menghasilkan spektrum dengan energi yang spesifik. Karakteristik dari setiap unsur antara lain yaitu energi yang diperlukan untuk mengeluarkan inti elektron dan juga energi yang dipancarkan oleh transisi. Transisi yang berasal dari kulit elektron L yang mengisi kulit K akan menghasilkan transisi, sedangkan kulit elektron M yang mengisi kulit K juga akan menghasilkan transisi. XRF sangat cocok untuk menentukan unsur seperti Si, Al, Mg, Ca, Fe, K, Na, Ti, S dan P dalam batuan siliciclastik dan juga untuk unsur metal seperti Pb, Zn, Cd dan Mn [38].

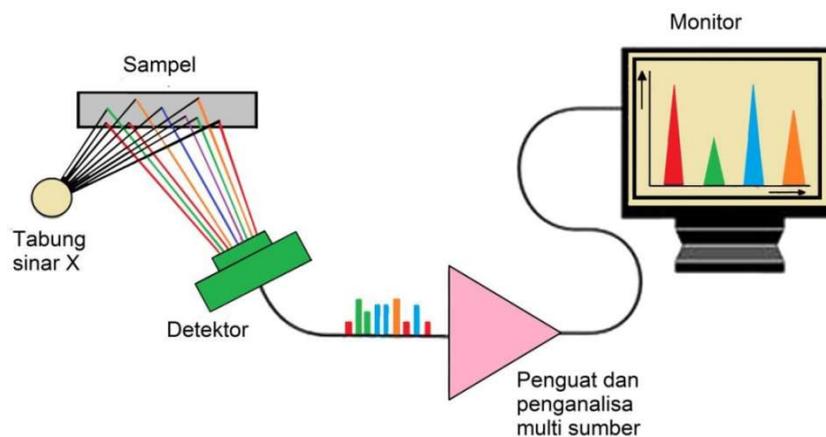
X-Ray Fluorescence dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Energi Dispersive System (EDXRF)

Spektrometri sinar-X dispersi energi (EDXRF) merupakan teknik analisis non-destruktif yang digunakan untuk memperoleh informasi suatu unsur dari berbagai jenis bahan. Pada umumnya jenis EDXRF banyak digunakan pada banyak industri dan aplikasi termasuk produksi kaca, produksi besi, pertambangan, benefisiasi mineral, semen, baja dan logam non-ferrous, minyak bumi dan petrokimia,

polimer dan industri terkait, forensik, farmasi, produk kesehatan, lingkungan, makanan dan kosmetik.

Konsep dasar pada semua spektrometer yaitu sumber radiasi, sampel dan sistem pendeteksi. Pada spektrometer EDXRF yang ditunjukkan pada gambar 2.3, tabung sinar-X memiliki fungsi sebagai sumber yang menyinari sampel secara langsung, dan fluoresensi yang berasal dari sampel diukur dengan detektor dispersi energi. Detektor tersebut mampu mengukur berbagai karakteristik energi radiasi yang datang langsung. detektor dapat memisahkan radiasi dari sampel kedalam radiasi dari berbagai elemen yang ada dalam sampel. Proses pemisahan ini dinamakan dengan dispersi[39].



**Gambar 2.8.** EDXRF[39]

## 2. Wavelength Dispersive System (WDXRF)

Wavelength dispersive system (WDXRF) merupakan metode spektrometri sinar-X untuk mengukur elemen yang didasarkan pada hubungan Moseley, menunjukkan bahwa timbal balik dari panjang gelombang radiasi karakteristik untuk garis spektrum tertentu dari rangkain (yaitu K, L, M) berhubungan langsung dengan kuadrat dari nomor atom. Pada proses ini terdeteksi panjang gelombang yang baik. Dengan mengukur karakteristik panjang gelombang radiasi sinar-X, dapat disimpulkan dari mana asal suatu atom.

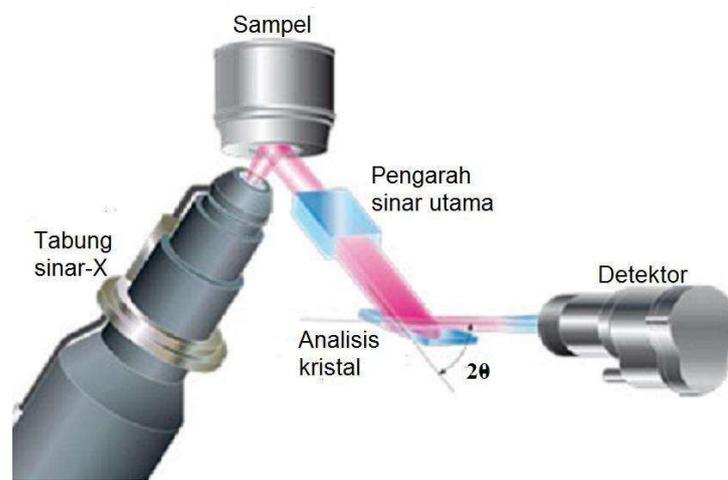
Pada spektrometri WDXRF, sinar polikromatik yang muncul dari permukaan sampel didispersi kedalam konstituen monokromatiknya dengan menggunakan

kristal analisis sesuai dengan hukum Bragg. Panjang gelombang pada setiap garis diukur dan dihitung dari ilmu tentang parameter kristal dan sudut difraksi. Pemilihan kristal dibutuhkan untuk menutupi rentang panjang gelombang yang diinginkan. Panjang gelombangnya dapat dihitung dengan menggunakan Hukum Planck (1) dan Hukum Bragg(2):

$$\lambda = \frac{hc}{E} \quad (6)$$

$$n \cdot \lambda = 2d \sin(\theta) \quad (7)$$

Dimana,  $\lambda$  merupakan panjang gelombang, h adalah konstanta planck, c adalah kecepatan cahaya, dan d adalah jarak lapisan atom[39].



**Gambar 2.9.** WDXRF[39]

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang dapat dijadikan sebagai referensi untuk melakukan penelitian yang akan dilaksanakan yaitu pada penelitian tentang potensi energi panas bumi di Indonesia yang memiliki potensi sebesar 28 Gwe dalam berbagai tipe sistem panas bumi. Dalam asosiasi lingkungan geologi, Indonesia memiliki tiga tipe panas bumi yaitu vulkanik, vulkano tektonik dan non vulkanik.

Pulau Bangka merupakan daerah panas bumi non-vulkanik yang kaya akan batuan granit. Batuan granit tersebut dimanfaatkan oleh peneliti untuk mengetahui

potensi thorium yang berada di daerah Pulau Bangka untuk dilakukan uji laboratorium menggunakan alat X-Ray Fluorescence. Dari hasil penelitian didapatkan batuan granit dengan potensi thorium terbanyak adalah batu granit Jebus, Menumbing, Pelangas dari Bangka Barat dan granit Gadung dari Bangka Selatan[6].

Selanjutnya penelitian tentang manifestasi sistem panas bumi yang terbentuk di daerah Permis dengan menggunakan metode geologi dan geokimia. Metode geologi yang digunakan untuk mengetahui sebaran batuan, mengenali gejala tektonik dan karakteristik fisik manifestasi panas bumi. Sedangkan metode geokimia digunakan untuk mengetahui konsentrasi senyawa yang terlarut dan terabsorpsi dalam sampel air. Sistem panas bumi di daerah Permis diperkirakan berinteraksi dengan adanya sumber panas yang merupakan hasil dari aktivitas radioaktif dari unsur radioaktif penyusun batuan granit. Potensi sumber daya panas bumi dengan luas  $4\text{Km}^2$  yaitu sebesar 3 Mwe. Besarnya potensi panas bumi dapat dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan survei geofisika metoda gaya berat dan magnetotellurik[4].

Lano Adhitya dan Dede Iim melakukan penelitian terkait keberadaan intrusi batuan granit pada sistem panas bumi daerah Permis. Penelitian kali ini memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik granit dan bagaimana hubungannya terhadap pembentukan sistem panas bumi daerah Permis. Adapun metode penelitian yang akan digunakan yaitu berupa pengamatan dan pengambilan sampel di lapangan, yang kemudian dilakukan analisis laboratorium berdasarkan aspek megaskopis, mikroskopis dan geokimia batuan. Kemudian dari hasil analisis menunjukkan bahwa batuan granit di daerah penelitian memiliki kandungan unsur radioaktif di dalam monasit, diklarifikasikan ke dalam granit tipe-S dan terbentuk pada tatanan tektonik *continental collision*. Sistem panas bumi daerah Permis saling berasosiasi dengan aktivitas unsur radioaktif yang berada dalam intrusi granit dan menghasilkan akumulasi energi [40].

Adapun penelitian lainnya terkait batuan granit yang berada di daerah Buttu Congo yang memiliki tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui batuan granit secara megaskopis dan mikroskopis serta mengetahui tipe granit, jenis granit dan kandungan mineral radioaktif berdasarkan hasil analisis geokimia. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan analisis petrografi, X-Ray Fluorescence (XRF) dan Inductively Coupled Plasma (ICP). Setelah dilakukan penelitian maka didapatkan hasil bahwa batuan granit di daerah penelitian yaitu metaluminous, dengan jenis intrusi granit (tipe-I) dan memiliki kandungan magma yang bersifat kalk-alkalin dan terbentuk di wilayah busur benua. Terdapat pula kandungan mineral aksesoris yang terdiri dari zirkon, apatit, dan sphene. Kandungan unsur radioaktif yang terdapat pada batuan granit di daerah tersebut berkisar 7,59-8,0 ppm unsur uranium (U) dan 36,0-40,6 ppm untuk unsur thorium (Th). Dari penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa unsur radioaktif dalam sampel, khususnya thorium mengalami fraksinasi seiring dengan bertambahnya kadar silika (SiO<sub>2</sub>). Dimana pada kandungan uranium tidak mengalami suatu perubahan secara signifikan [5].

Penelitian lain terkait karakterisasi menggunakan XRF antara lain yaitu penelitian tentang karakterisasi struktur dan komposisi dari batuan erupsi Gunung Gamalama dan Gunung Talang menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF). Hasil pengujian menggunakan XRF menunjukkan bahwa batuan pada Gunung Gamalama mengandung 58,485% silika dan dikelompokkan sebagai batuan andesit dan diorit. Sedangkan batuan Gunung Talang mengandung 75,438% silika dan dapat digolongkan sebagai batuan beku riolit. Pada batuan yang berada disekitar Gunung Gamalama memiliki kandungan sifat magnetik yang lebih besar dari batuan Gunung Talang dikarenakan pada batuan Gunung Gamalama mengandung unsur hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebesar 5,546% dan besi (Fe) sebesar 9,952%. Batuan dari Gunung Gamalama dan Gunung Talang memiliki suatu perbedaan yang dipengaruhi oleh kandungan magnesium (Mg) dan besi (Fe). Kandungan magnesium (Mg) dan besi (Fe) yang tinggi menunjukkan bahwa batuan Gunung Gamalama tersusun oleh mineral yang bersifat lebih basa dari batuan Gunung Talang. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa batuan Gunung Gamalama

umumnya bertipe andesit basaltik, sedangkan batuan Gunung Talang memiliki tipe riolitik [41].