

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Pasir Besi**

##### **2.1.1 Definisi Pasir Besi**

Pasir besi merupakan sumber besi yang pemanfaatannya masih belum optimal. Di Indonesia pasir besi sampai saat ini masih terbatas hanya digunakan sebagai bahan tambahan pada pabrik semen. Sedangkan pemanfaatan pasir besi di luar negeri seperti di Negara Selandia Baru sudah digunakan sebagai bahan baku pembuatan baja. Begitu juga dengan Negara China yang sudah sejak lama menggunakan pasir besi sebagai bahan baku pembuatan baja. Pasir besi terutama berasal dari batuan basaltik dan andesitik vulkanik. Secara umum banyak dipakai dalam industri diantaranya sebagai bahan baku pabrik baja, dan bahan magnet dengan mengambil bijih besinya, pabrik keramik, pabrik semen dan bahan *refractory* dengan mengambil silikatnya (Austin, 1985). Meskipun pada beberapa tahun terakhir ini pasir besi intensif diusahakan, akan tetapi masih ada peluang untuk menemukan potensi baru. Selain itu, dengan berkembangnya teknologi penambangan dan pengolahan, serta peningkatan kebutuhan, maka pasir besi kadar relatif rendah yang pada masa lalu tidak diusahakan karena belum mempunyai nilai ekonomi, akan berpeluang untuk diusahakan pada masa yang akan datang.



**Gambar 2.1.** Bentuk dari Pasir Besi ([www.geologinesia.com](http://www.geologinesia.com))

### 2.1.2 Sifat Fisik Pasir Besi

Pasir besi mengandung mineral utama *magnetite* (besi oksida) berasosiasi dengan *titanomagnetite* dengan sedikit magnetit dan hematit yang disertai dengan mineral pengotor seperti kuarsa, piroksen, biotit, rutil, dan lain-lain. Pengotor lainnya yang biasa terdapat dalam pasir besi yaitu fosfor dan sulfur. Pasir besi berwarna abu-abu hingga kehitaman, berbutir sangat halus dengan ukuran antara 75 - 150 mikron, densitas 2-5 gr/cm<sup>3</sup>, bobot isi (specific gravity, SG) 2,99 - 4,23 gr/cm<sup>3</sup>, dan derajat kemagnetan (MD) 6,4 - 27,16%. Mineral ini yaitu mempunyai nilai kekerasaan mohr antara 5-6,5. Pasir besi yang mengandung mineral utama magnetit dicirikan oleh butiran mineral magnetit yang selalu berikatan dengan butiran mineral magnetit lainnya sehingga membentuk ikatan rantai. Butiran mineralnya bersistem kristal isometrik, sehingga pasir besi (magnetit) cenderung berbentuk membulat hingga membulat tanggung.

### 2.1.3 Struktur Pasir Besi

Pasir jenis ini memiliki kandungan mineral *Magnetite* (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) dan hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Magnetit merupakan biji besi yang paling sering ditambang (**Flysh Geost, 2016**). Mineral magnetit merupakan mineral dengan kandungan besi tertinggi (72,4%). Sedangkan hematit adalah salah satu mineral yang paling melimpah di permukaan bumi maupun kerak bumi yang dangkal. Hematit memiliki kenamaan yang sangat variabel. Kilapnya dapat berkisar dari submetallic sampai metallic dengan sistim kristal triagonal, rentang warna hematit berada pada merah hingga coklat dan hitam keabu-abuan. Hematit ini tidak bersifat magnetik dan tidak tertarik oleh magnet. Namun, banyak dari jenis hematit yang mengandung mineral magnetit sehingga mereka dapat tertarik oleh magnet. Hematit murni memiliki komposisi sekitar 70% besi dan 30% oksigen sama seperti mineral alami lainnya.

Pada pasir besi tidak hanya ada unsur magnetit dan hematit, dalam pasir ini juga mengandung titanium, silika, dan mangan. Titanium selalu berikatan dengan elemen-elemen lain di alam. Titanium merupakan unsur yang jumlahnya melimpah di kerak bumi (0,63% berat massa). Titanium selalu ada dalam *igneous rock* (bebatuan) dan dalam sedimen yang diambil dari bebatuan tersebut. Dari 801 jenis batuan yang dianalisis oleh *United States Geological Survey*, terdapat 784 diantaranya mengandung titanium. Perbandingan Ti di dalam tanah adalah sekitar 0,5 sampai 1,5%. Titanium juga terdapat dalam mineral *rutile* (TiO<sub>2</sub>), *ilmenite* (FeTiO<sub>3</sub>), dan *sphene*, yang terdapat dalam bijih besi.

#### 2.1.4 Pengaplikasian Pasir Besi

Pasir besi adalah salah satu hasil dari sumber daya alam di Indonesia dan merupakan salah satu bahan baku dasar dalam industri besi dan baja. Selain sebagai bahan baku industri baja, pasir besi juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri semen dalam pembuatan beton. Material ini mempunyai kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  dan ukuran beton 80-100 mesh berpotensi digunakan sebagai pengganti semen dalam produksi beton berkinerja tinggi.

### 2.2 Pengertian Hematite

#### 2.2.1 Definisi Hematite

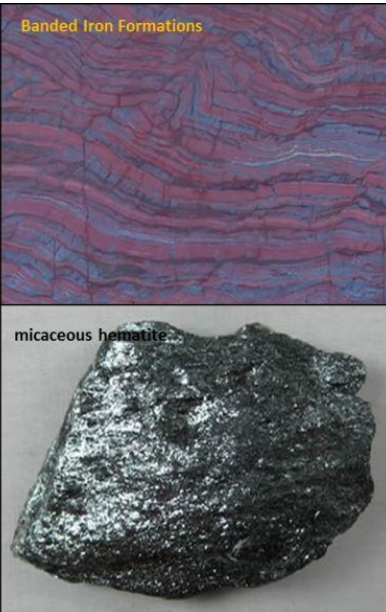
*Hematite* adalah salah satu mineral yang paling melimpah di permukaan bumi maupun di kerak bumi yang dangkal. Hematit merupakan oksida besi dengan komposisi kimia  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Mineral ini merupakan mineral pembentuk batuan yang umumnya ditemukan pada batuan sedimen, metamorf, dan batuan beku. Hematit merupakan bijih yang cukup penting untuk menghasilkan besi. Kebanyakan bijih hematit diproduksi di Cina, Australia, Brazil, India, Rusia, Ukraina, Afrika Selatan, Kanada, Venezuela, dan Amerika Serikat. Hematit memiliki berbagai macam kegunaan, tetapi dari sisi nilai ekonomis, hanya sedikit hematit yang digunakan sebagai bijih utama dari besi. Hematit lebih banyak digunakan untuk menghasilkan pigmen, bahan pelindung radiasi, ballast, dan masih banyak produk-produk lainnya.

#### 2.2.2 Sifat Fisik Hematit

Hematit memiliki kenampakan yang sangat variabel. Kilapnya dapat berkisar dari *submetallic* sampai *metallic* dengan sistem kristal trigonal. Rentang warna hematit berada pada merah hingga coklat dan hitam hingga abu-abu perak. Mineral ini hadir dalam berbagai bentuk yang meliputi lembaran, padat, kristal, *botryoidal*, berserat, *olitic*, dan lain sebagainya. Meskipun hematit memiliki kenampakan yang sangat variabel, mineral ini akan selalu menghasilkan cerat kemerahan. Cerat yang berwarna kemerahan inilah sebagai petunjuk penting untuk mengidentifikasi hematit.

Hematit tidak bersifat magnetik dan tidak selalu tertarik oleh magnet. Namun, banyak jenis dari hematit yang mengandung mineral magnetit sehingga mereka dapat tertarik oleh magnet. Hal ini dapat menyebabkan asumsi yang salah bahwa mineral magnetit atau pirhotit adalah lemah magnetik. Kita harus memeriksa sifat-sifat lainnya untuk membuat identifikasi yang tepat.

Physical Properties of Hematite		Banded Iron Formations
Chemical Classification	Oxide	
Color	Black to steel-gray to silver, red to reddish brown to black	
Streak	Red to reddish brown	
Luster	Metallic, submetallic, earthy	
Diaphaneity	Opaque	
Cleavage	None	
Mohs Hardness	5 to 6.5	
Specific Gravity	5.0 to 5.3	
Diagnostic Properties	Red streak, specific gravity	
Chemical Composition	$Fe_2O_3$	
Crystal System	Trigonal	
Uses	The most important ore of iron. Pigment, heavy media separation, radiation shielding, ballast, polishing compounds, a minor gemstone	



**Gambar 2.2** Sifat *Hematite* (www.geologinesia.com)

### 2.2.3 Struktur *Hematite*

*Hematite* mempunyai struktur heksagonal (*rhombohedral*) yang sesuai dengan space group R3c (Cornell, 2003). Seperti magnet *ferrite* lainnya, hematite mempunyai sifat mekanik yang kuat dan tidak mudah terkorosi dengan kekerasan 5-6 skala mohs karena memiliki ketahanan kimia yang baik terhadap lingkungan, selain itu hematit mempunyai berat jenis 4.9-5.36 gr/cm<sup>2</sup>. Hematite merupakan campuran dari 70% besi yang bercampur dengan 30% oksigen ( $Fe_2O_3$ ).

Selanjutnya karna unsur-unsur logam itu berat dan oleh karna gravitasi bumi maka persenyawaan (mineral) tersebut mengalami pemindahan baik oleh gravitasi maupun air tanah yang kemudian terendapkan atau terakumulasi pada cekungan-cekungan dipermukaan bumi berupa sungai, tepatnya disepanjang aliran sungai atau pada chanel bar dan piont bar, selanjutnya karna konsentrasi yang sudah besar maka material-material ini akan mengalami kompaksi sehingga membentuk endapan hematit. Ada pula yang menyebutkan jika mineral ini terbentuk dari hasil sublimasi dalam hubungannya dengan gunung api. Terjadi juga dalam endapan metamorfosa kontak dan sebagai mineral tambahan dan terbentuk pada suhu yang tinggi. Menurut (Jurnal Fisika Unand Vol. 6, No. 2, April 2017) , di dalam pengujiannya yang menggunakan alat uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) struktur yang terbentuk didalam

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  adalah kristal. Kristal yang didapatkan adalah polikristalin. Polikristalin merupakan material yang terdiri dari banyak kristal yang digabungkan.

#### 2.2.4 Pengaplikasian *Hematite*

Aplikasi *hematite* sangat luas dalam dunia manufaktur, karena struktur hematit ini terkandung dalam besi sehingga pengaplikasiannya ataupun penggunaannya juga sama dengan penggunaan besi pada umumnya, karena kekuatannya tinggi dan biaya produksi yang relatif rendah dibanding logam lain. Karena besi murni cenderung lunak, maka yang sering digunakan adalah baja. Besi dan baja biasa digunakan dalam permesinan, bagian kendaraan, dan komponen struktur bangunan, seperti aplikasi rangka baja ringan yang dipakai di perumahan. Banyaknya variasi karakteristik besi yang bisa dicapai melalui pemaduan dengan logam lain membuat logam ini memiliki jangkauan aplikasi yang luas baik dari segi fungsional maupun bertahan dalam lingkungan apapun.

### 2.3 Pengertian Batu Kapur/ $\text{CaCO}_3$

#### 2.3.1 Definisi $\text{CaCO}_3$

Batu kapur adalah batuan sedimen yang utamanya tersusun oleh kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam mineral kalsit. Kalsit adalah mineral karbonat dan polimorf kalsium karbonat yang paling stabil. Kalsit merupakan mineral penyusun berbagai jenis batuan. Kalsit sangat umum ditemukan di seluruh dunia baik di dalam batuan sedimen, batuan metamorf, maupun batuan beku. Beberapa ahli geologi menganggapnya sebagai “ubiquitous mineral” atau mineral yang dapat hadir di hampir semua jenis batuan. Batu kapur kebanyakan merupakan batuan sedimen organik yang terbentuk dari pecahan-pecahan sisa organisme. Prinsipnya batu kapur mengacu pada batuan yang mengandung setidaknya 50% berat kalsium karbonat dalam bentuk mineral kalsit. Kalsit mempunyai berat jenis 2,7 dengan kekerasan 3 (skala Mohs). Kalsit dapat berbutir halus sampai kasar dan bisa terbentuk sebagai stalaktit, ataupun pisolitik. Kalsit yang murni pada umumnya berwarna putih, sedangkan yang tidak murni (karena substitusi) berwarna abu-abu, merah, hijau, kuning, ataupun coklat.

Seperti yang diketahui bahwa batu kapur mengandung sebagian besar mineral kalsium karbonat yaitu sekitar 95%. Kandungan kalsium karbonat ini dapat diubah menjadi kalsium oksida dengan kalsinasi sehingga lebih mudah dimurnikan untuk mendapatkan kalsiumnya. Dengan cara ini, batu kapur dapat dimanfaatkan dalam pembuatan biomaterial sehingga meningkatkan nilai ekonomis batu kapur itu sendiri (**Gusti, 2008**). Batu gamping atau batu kapur merupakan batuan dengan keragaman penggunaan yang sangat besar. Batuan ini menjadi salah satu batuan yang banyak

---

digunakan dibandingkan jenis batuan-batuan lainnya. Sebagian besar batugamping dibuat menjadi batu pecah yang dapat digunakan sebagai material konstruksi seperti: landasan jalan dan kereta api serta agregat dalam beton. Nilai paling ekonomis dari sebuah deposit batugamping yaitu sebagai bahan utama pembuatan semen portland. Beberapa jenis batugamping banyak digunakan karena sifat mereka yang kuat dan padat dengan sejumlah ruang/pori. Sifat fisik ini memungkinkan batugamping dapat berdiri kokoh walaupun mengalami proses abrasi. Meskipun batu gamping tidak sekeras batuan berkomposisi silikat, namun batugamping lebih mudah untuk ditambang dan tidak cepat mengakibatkan keausan pada peralatan tambang maupun crusher (alat pemecah batu).



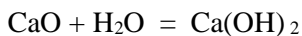
**Gambar 2.3** Batu Kapur ([www.indonetwork.co.id](http://www.indonetwork.co.id))

Batu kapur memang merupakan sumber utama kalsium karbonat. Di pasaran, kalsium karbonat dijual dalam dua jenis yang berbeda. Yang membedakan kedua jenis produk tersebut terletak pada tingkat kemurnian produk kalsium karbonat di dalamnya. Kedua jenis produk kalsium karbonat atau  $\text{CaCO}_3$  yang dimaksud adalah *heavy and light types*. Kalsium karbonat heavy type diproduksi dengan cara menghancurkan batu kapur hasil penambangan menjadi powder halus, lalu disaring sampai diperoleh ukuran powder yang diinginkan.

Selanjutnya tepung kalsium karbonat hasil penyaringan disimpan dalam silo-silo atau tempat penyimpanan yang berukuran besar sebelum dikemas.

Sedangkan kalsium karbonat *light type* diperoleh setelah melalui proses produksi yang agak rumit, dibandingkan dengan *heavy type*. Pertama-tama batu kapur dibakar dalam tungku berukuran raksasa, untuk mengubah  $\text{CaCO}_3$  menjadi  $\text{CaO}$  (kalsium oksida) dan gas karbon dioksida atau  $\text{CO}_2$ .

$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$  Proses selanjutnya,  $\text{CaO}$  yang terbentuk kemudian dicampur dengan air dan diaduk. Maka terbentuklah senyawa kalsium hidroksida atau  $\text{Ca(OH)}_2$ . Kalsium hidroksida yang telah terbentuk kemudian disaring untuk memisahkan senyawa-senyawa pengotor.



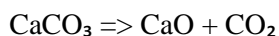
$\text{Ca(OH)}_2$  yang telah disaring kemudian direaksikan dengan  $\text{CO}_2$  untuk membentuk  $\text{CaCO}_3$  dan air, seperti ditunjukkan oleh persamaan reaksi berikut:  
 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Endapan  $\text{CaCO}_3$  hasil reaksi di atas kemudian di saring dan dikeringkan. Selanjutnya kalsium hidroksida dihaluskan menjadi powder  $\text{CaCO}_3$ .

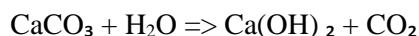
### 2.3.2 Sifat $\text{CaCO}_3$

Kalsium karbonat umumnya berwarna putih dan umumnya sering dijumpai pada batu kapur, kalsit, marmer, dan batu gamping. Selain itu kalsium karbonat juga banyak dijumpai pada skalaktit dan stalagmit yang terdapat di sekitar pegunungan. Karbonat yang terdapat pada skalaktit dan stalagmit berasal dari tetesan air tanah selama ribuan bahkan jutaan tahun. Seperti namanya, kalsium karbonat ini terdiri dari 2 unsur kalsium dan 1 unsur karbon dan 3 unsur oksigen.

Setiap unsur karbon terikat kuat dengan 3 oksigen, dan ikatan ini ikatannya lebih longgar dari ikatan antara karbon dengan kalsium pada satu senyawa. Kalsium karbonat bila dipanaskan akan pecah dan menjadi serbuk lemah yang lunak yang dinamakan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ). Hal ini terjadi karena pada reaksi tersebut setiap molekul dari kalsium akan bergabung dengan 1 atom oksigen dan molekul lainnya akan berikatan dengan oksigen menghasilkan  $\text{CO}_2$  yang akan terlepas ke udara sebagai gas karbon dioksida. dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi ini akan berlanjut apabila ditambahkan air, reaksinya akan berjalan dengan sangat kuat dan cepat apabila dalam bentuk serbuk, serbuk kalsium karbonat akan melepaskan kalor. Molekul dari  $\text{CaCO}_3$  akan segera mengikat molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) yang akan membentuk kalsium hidroksida, zat yang lunak seperti pasta. Sebagaimana ditunjukkan pada reaksi sebagai berikut:



### 2.3.3 Struktur $\text{CaCO}_3$

$\text{CaCO}_3$  memiliki tiga jenis fase kristal, yaitu: kalsit dengan morfologi rombik (kotak miring), aragonit dengan morfologi jarum, dan vaterit dengan morfologi *sferoid* berpori.

**Tabel 2.1** Fase Kristal  $\text{CaCO}_3$  ([www.academia.edu](http://www.academia.edu))

Sifat	Kalsit	Vaterit	Aragonit
Kekerasan (Mohs)	3,5 – 4	3	3
Penampilan	Putih, Kuning, Merah	Bening	Putih
Struktur Kristal	Trigonal	Hexagonal	Orthohombik
Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )	2,7102	2,645	2,947

#### A. Kalsit

Kalsit merupakan fase kristal yang paling mudah terbentuk akibat kestabilan fasenya. Biasanya ditemukan pada Kalsit adalah mineral utama dalam marmer metamorf. Hal ini juga terjadi sebagai lapisan mineral dari mata air panas, dan itu terjadi di gua-gua sebagai stalaktit dan stalagmit. Kalsit juga dapat ditemukan dalam batuan vulkanik.

---

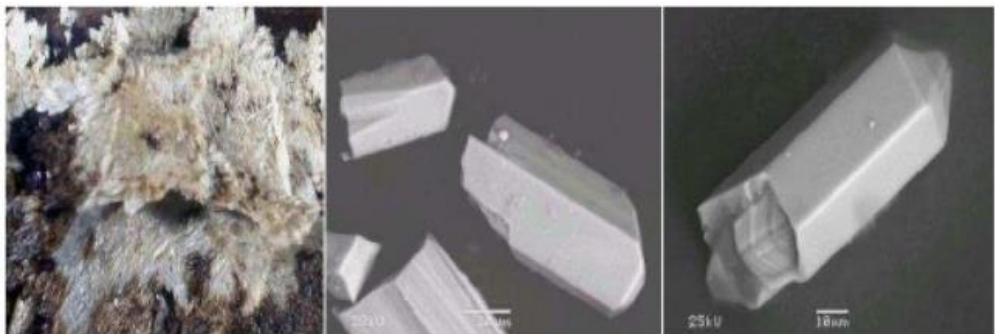




**Gambar 2.4.** Penampilan dari Kalsit ([www.academia.edu](http://www.academia.edu))

B. Vaterit

vaterit merupakan fase yang paling tidak stabil dan paling sulitterbentuk. Pembentukan fase vaterit dipengaruhi oleh banyakparameter, seperti: pH, temperatur, dan konsentrasi reaktan.



**Gambar 2.5.** Penampilan dari Veterit ([www.academia.edu](http://www.academia.edu))

C. Aragonit

Fase ini terbentuk dari kondisi supersaturasi rendah dan membutuhkan temperatur larutan tinggi. Fase kristal  $\text{CaCO}_3$  dengan morfologi berbentuk jarum ini biasanya disintesis pada temperatur diatas  $60^\circ\text{C}$ .



**Gambar 2.6.** Penampilan dari Aragonit ([www.academia.edu](http://www.academia.edu))

#### 2.3.4 Pengaplikasian $\text{CaCO}_3$

Penggunaan utama dari kalsium karbonat adalah di bidang industri konstruksi, baik sebagai bahan bangunan atau agregat batu kapur untuk roadbuilding atau sebagai bahan semen atau sebagai bahan awal untuk penyusunan pembangun kapur dengan cara dibakar dalam sebuah tungku. Namun, karena pelapukan yang disebabkan oleh hujan asam, karbonatkalsium (dalam bentuk batu kapur) tidak lagi digunakan untuk membangun dan hanya sebagai bahan baku utama untuk bahan bangunan. Kalsium karbonat juga digunakan dalam pemurnian besi dari bijih besi dalam *blast furnace*.

Kalsium karbonat akan dikalsinasi di situ untuk memberikan oksida kalsium yang membentuk slag dan berbagai kotoran yang memisahkan diri dari besi murni. Kalsium karbonat juga digunakan dalam industri minyak dalam cairan pengeboran sebagai formasi *bridging* dan penyegelan agen *filter cake*. Selain itu digunakan sebagai bahan pembobotan untuk meningkatkan densitas fluida pengeboran untuk mengontrol tekanan *downhole*. Kalsium karbonat yang diendapkan dan tersebar dalam bentuk lumpur juga dapat banyak digunakan sebagai bahan pengisi untuk sarung tangan lateks dengan tujuan mencapai tabungan maksimum dalam dan produksi biaya bahan. Kalsium karbonat banyak digunakan sebagai *extender* dalam cat yang memiliki emulsi matte tertentu di mana biasanya 30% dari berat cat baik kapur atau marmer. Kalsium karbonat dikenal sebagai kapur sirih di keramik / aplikasikaca, di mana kalsium karbonat digunakan sebagai bahan yang umum bagi banyak glasir dalam bentuk bubuk putih. Ketika lapisan es yang mengandung bahan ini dibakar dalam sebuah tungku, kapur sirih bertindak sebagai

---

fluks material dalam glasir. *Ground Calcium Carbonate* (GCC) atau endapan kalsium karbonat (PCC) digunakan sebagai filler dalam kertas. GCC dan PCC lebih murah daripada serat kayu, sehingga dengan menambahkannya ke alam pembuatan kertas menghasilkan biaya yang efisien bagi industri kertas. Kertas tulis dapat dibuat dari 10-20% kalsium karbonat. Di Amerika Utara, kalsium karbonat telah mengganti kaolin dalam produksi kertas *glossy*. Eropa telah berlatih ini sebagai alkali pembuatan kertas atau pembuatan kertas bebas asam untuk beberapa dekade. Karbonat yang tersedia dalam bentuk tanah karbonat kalsium (GCC) atau endapan kalsium karbonat (PCC). Yang terakhir ini memiliki ukuran partikel yang sangat halus, di urutan 2 mikrometer diameter berguna dalam pelapis untuk kertas .

#### 2.4 Pengertian Metode Kopresipitasi

Metode kopresipitasi merupakan metode yang melibatkan kation logam dari medium tertentu yang diendapkan secara bersama dalam bentuk hidroksida, karbonat, oksalat atau sitrat. Metode kopresipitasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk sintesis material anorganik. Metode kopresipitasi merupakan jenis metode untuk sintesis kimia basah yang mempunyai proses sederhana dan memiliki kelarutan yang tinggi terhadap garam seperti  $MCl_2$  dan  $MCl_4$  serta yield yang tinggi dari presipitasi asam oksalat ( $H_2C_2O_4$ ). Endapan yang dihasilkan kemudian dikalsinasi pada temperatur tertentu, sehingga menghasilkan produk dalam bentuk serbuk. Dalam pembentukan produk, proses dari metode ini melibatkan kontrol pH, temperatur dan kecepatan pengadukan. Metode ini dilakukan karena sederhana dan menghasilkan pencampuran yang sederhana. Prekursor atau agen pengendap yang biasa digunakan adalah prekursor oksalat atau asam oksalat ( $H_2C_2O_4$ ). Asam oksalat digunakan sebagai agen pengendap karena mempunyai sifat sebagai agen pengkelat untuk kation logam dan bersifat basa konjugat. Kopresipitasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghasilkan suatu serbuk yang mempunyai kelebihan diantaranya adalah pencampuran homogen yang terjadi dari suatu endapan reaktan mengurangi suhu reaksi dan proses dari metode ini untuk mensintesis serbuk oksida logam sangat sederhana. Akan tetapi, metode ini memiliki beberapa kelemahan seperti tidak dapat berjalan dengan baik apabila menggunakan reaktan yang mempunyai kelarutan berbeda, proses ini tidak tepat untuk pembuatan material dengan tingkat kemurnian yang tinggi, selain itu metode ini tidak memiliki kondisi sintesis yang umum dalam pembentukan beberapa oksida logam

Pada metode ini dilibatkan suatu kation logam dari medium tertentu yang diendapkan secara bersama dalam bentuk hidroksida, karbonat, oksalat atau sitrat . Endapan yang dihasilkan kemudian dikalsinasi pada temperatur tertentu, sehingga

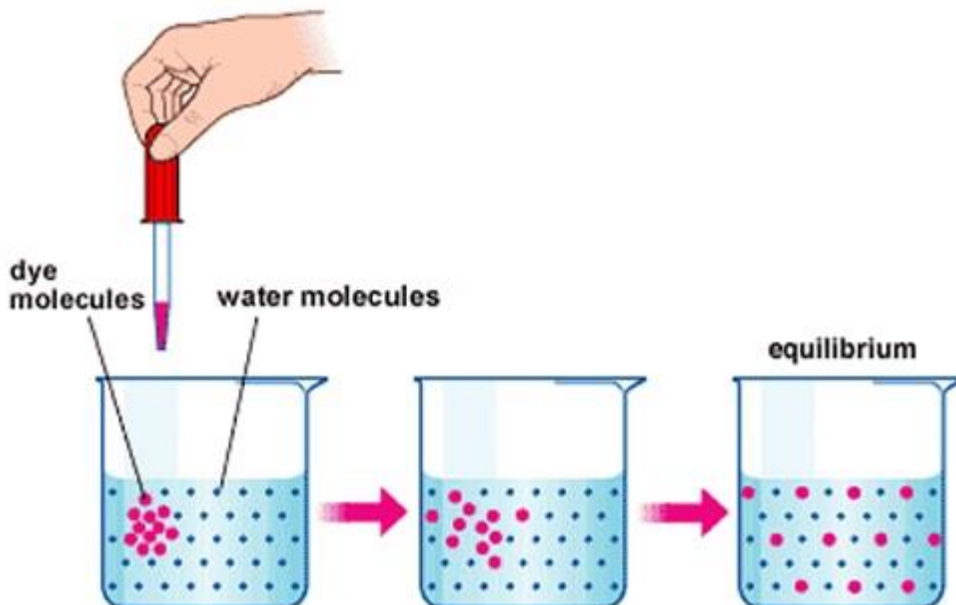
---

menghasilkan produk dalam bentuk serbuk. Dalam pembentukan produk, proses dari metode ini melibatkan kontrol pH, temperatur dan kecepatan pengadukan . Sintesis menggunakan metode ini telah mampu menghasilkan berbagai macam nanopartikel. Produk yang dihasilkan meningkatkan ukuran kristal yang sebanding dengan meningkatnya kenaikan suhu sintesis dan akan menurun sebanding dengan kenaikan durasi pengadukan

## 2.5 Pengertian Difusi

### 2.5.1 Dfinisi Difusi

Difusi adalah peristiwa di mana terjadi tranfer materi melalui materi lain. Transfer materi ini berlangsung karena atom atau partikel selalu bergerak oleh agitasi thermal. Walaupun sesungguhnya gerak tersebut merupakan gerak acak tanpa arah tertentu, namun secara keseluruhan ada arah neto dimana entropi akan meningkat. Difusi merupakan proses *irreversible*. Pada fasa gas dan cair, peristiwa difusi mudah terjadi; pada fasa padat difusi juga terjadi walaupun memerlukan waktu lebih lama. Cacat kristal yang berupa kekosongan posisi atom, memberikan peluang untuk menyusupnya atom asing. Atom asing juga berpeluang menempati posisi interstisial, terutama jika ukuran atom asing tersebut lebih kecil dari ukuran atom material induk. Posisi interstisial ini lebih memberikan kemudahan bergerak bagi atom asing maupun atom sendiri.



**Gambar 2.7.** Skema Difusi ([www.jagad.id](http://www.jagad.id))

### 2.5.2 Macam-macam Difusi

#### A. Difusi volume

Difusi volume (*volume diffusion*) adalah transfer materi menembus volume materi lain. Pada umumnya, atom yang bermigrasi dalam difusi volume pada padatan menghadapi halangan yang lebih besar dibandingkan dengan halangan yang dihadapi pada difusi volume dalam cairan atau gas. Hal ini terlihat dari enthalpi aktivasi atau energi aktivasi yang diperlukan untuk terjadinya difusi menembus volume-padatan dibandingkan dengan enthalpi aktivasi yang diperlukan untuk terjadinya difusi menembus volume-cairan atau volume-gas. Dalam struktur kristal, adanya kekosongan posisi atom memungkinkan atom di sebelahnya bergerak mengisi kekosongan tersebut sementara ia sendiri meninggalkan tempat semula yang ia isi menjadi kosong. Posisi kosong yang baru terbentuk akan memberikan kemungkinan untuk diisi oleh atom di sebelahnya; dan demikian seterusnya. Mekanisme ini merupakan mekanisme yang paling mungkin untuk terjadinya *difusi internal*. Kemungkinan lain adalah adanya atom yang lepas dari kisi kristalnya dan menjadi atom *interstisial* dan menjadi mudah bergerak.

#### B. Difusi Bidang Atas

Apabila di dalam padatan hadir butiran-butiran yang berlainan fasa dengan material induk, terbentuklah bidang batas antara butiran dengan material induk dan terjadilah gejala permukaan. Di bidang batas ini terdapat energi ekstra yang akan menyebabkan materi yang berdifusi cenderung menyusur permukaan. Peristiwa ini dikenal dengan difusi bidang batas (*grain boundary diffusion*). Energi aktivasi yang diperlukan pada difusi bidang batas ini lebih rendah dari energi aktivasi pada difusi volume.

#### C. Difusi Permukaan

materi yang berdifusi cenderung menyusur permukaan retakan. Difusi macam ini dikenal dengan difusi permukaan (*surface diffusion*). Konsentrasi di permukaan retakan lebih tinggi dari konsentrasi di volume. Energi aktivasi yang diperlukan untuk terjadinya difusi permukaan lebih rendah dibanding dengan energi aktivasi yang diperlukan untuk terjadinya difusi bidang batas.

### 2.5.3 Difusi Dalam Polimer dan Silikat

---

Difusi dalam polimer terjadi dengan melibatkan gerakan molekul panjang. Migrasi atom yang berdifusi mirip seperti yang terjadi pada migrasi interstisial. Namun makin panjang molekul polimer gerakan makin sulit terjadi, dan koefisien difusi makin rendah. Pada silikat ion silikon biasanya berada pada posisi sentral tetrahedron dikelilingi oleh ion oksigen. Ion positif alkali dapat menempati posisi antar *tetrahedra* dengan gaya coulomb yang lemah. Oleh karena itu natrium dan kalium dapat dengan mudah berdifusi menembus silikat. Selain itu ruang antara pada jaringan silikat tiga dimensi memberi kemudahan pada atom-atom berukuran kecil seperti hidrogen dan helium untuk berdifusi dengan cepat

## 2.6 Pengertian XRD (X-Ray Diffraction)

### 2.6.1 Definisi XRD

XRD merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Semua bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisa menggunakan XRD akan memunculkan puncak – puncak yang spesifik. Sehingga kelemahan alat ini tidak dapat untuk mengkarakterisasi bahan yang bersifat amorf. Metode difraksi umumnya digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang belum diketahui yang terkandung dalam suatu padatan dengan cara membandingkan dengan data difraksi dengan database yang dikeluarkan oleh *International Centre for Diffraction Data berupa PDF Powder Diffraction File* (PDF). Difraksi sinar-X pertama kali ditemukan oleh Max von Laue tahun 1913 dan pengembangannya oleh Bragg, merupakan salah satu metode baku yang penting untuk mengkarakterisasi material. Sejak saat itu sampai sekarang metode difraksi sinar-X digunakan untuk mendapatkan informasi struktur kristal material logam maupun paduan, mineral, senyawa *inorganic*, polimer, material organik, super konduktor (Suharyana, 2012), orientasi kristal, jenis kristal, ukuran butir, konstanta kisi dan lain-lain.

Pada perusahaan semen dan perusahaan-perusahaan besar lain, XRD digunakan sebagai alat uji jaminan mutu suatu bahan. Karakterisasi XRD bertujuan untuk menentukan sistem kristal. Metode difraksi sinar-X dapat menerangkan parameter kisi, jenis struktur, susunan atom yang berbeda pada kristal, adanya ketidaksempurnaan pada kristal, orientasi, butir-butir dan ukuran butir (Smallman, 1991). Dari metode difraksi kita dapat mengetahui secara langsung mengenai jarak rata-rata antar bidang atom. Kemudian kita juga dapat menentukan orientasi dari kristal tunggal. Secara langsung mendeteksi struktur kristal dari suatu material yang belum diketahui komposisinya. Kemudian secara tidak langsung mengukur ukuran, bentuk dan internal stres dari suatu kristal. Prinsip dari difraksi terjadi sebagai akibat

---

dari pantulan elastis yang terjadi ketika sebuah sinar berinteraksi dengan sebuah target. Pantulan yang tidak terjadi kehilangan energi disebut pantulan elastis (*elastic scattering*).

### 2.6.2 Sumber Sinar XRD

- Tabung Sinar-X

Pada umumnya, sinar diciptakan dengan percepatan arus listrik, atau setara dengan transisi kuantum partikel dari satu energi state ke lainnya. Contoh : radio (electron beresilasi di antenna, lampu merkuri (transisi antara atom). Ketika sebuah elektron menabrak anoda :

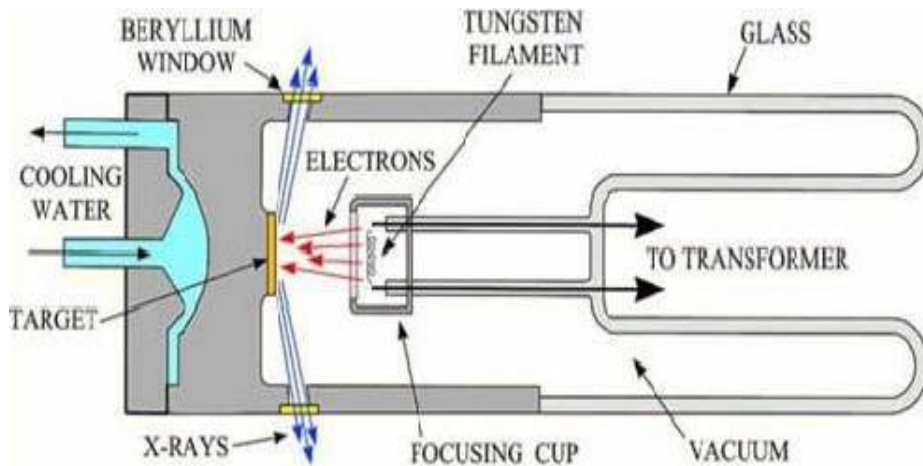
- A. Menabrak atom dengan kecepatan perlahan, dan menciptakan radiasi bremstrahlung atau panjang gelombang kontinyu
- B. Secara langsung menabrak atom dan menyebabkan terjadinya transisi menghasilkan panjang gelombang garis

Sinar X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi sekitar 200 eV sampai 1 MeV. Sinar X dihasilkan oleh interaksi antara berkas elektron eksternal dengan elektron pada kulit atom. Spektrum Sinar X memiliki panjang gelombang 10<sup>-5</sup> – 10 nm, berfrekuensi 10<sup>17</sup> -10<sup>20</sup> Hz dan memiliki energi 10<sup>3</sup> - 10<sup>6</sup> eV. Panjang gelombang sinar X memiliki orde yang sama dengan jarak antar atom sehingga dapat digunakan sebagai sumber difraksi kristal. Sinar-X dihasilkan di suatu tabung sinar katode dengan pemanasan kawat pijar untuk menghasilkan elektron-elektron, kemudian electron-elektron tersebut dipercepat terhadap suatu target dengan memberikan suatu voltase, dan menembak target dengan elektron. Ketika elektron-elektron mempunyai energi yang cukup untuk mengeluarkan elektron-elektron dalam target, karakteristik spektrum sinar-X dihasilkan.

Spektrum ini terdiri atas beberapa komponen-komponen, yang paling umum adalah  $K\alpha$  dan  $K\beta$ .  $K\alpha$  berisi, pada sebagian, dari  $K\alpha_1$  dan  $K\alpha_2$ .  $K\alpha_1$  mempunyai panjang gelombang sedikit lebih pendek dan dua kali lebih intensitas dari  $K\alpha_2$ . Panjang gelombang yang spesifik merupakan karakteristik dari bahan target (Cu, Fe, Mo, Cr). Disaring, oleh kertas perak atau kristal monochrometers, yang akan menghasilkan sinar-X monokromatik yang diperlukan untuk difraksi. Tembaga adalah bahan sasaran yang paling umum untuk difraksi kristal tunggal, dengan radiasi Cu  $K\alpha = 0.15418 \text{ \AA}$ . Sinar-X ini bersifat collimated dan mengarahkan ke sampel. Saat sampel dan detektor diputar, intensitas Sinar X pantul itu direkam. Ketika geometri dari peristiwa sinar-X tersebut memenuhi persamaan Bragg, interferens konstruktif terjadi dan suatu puncak di dalam intensitas terjadi. Detektor akan

---

merekam dan memproses isyarat penyinaran ini dan mengkonversi isyarat itu menjadi suatu arus yang akan dikeluarkan pada printer atau layar komputer.



**Gambar 2.8** Skema Alat Uji XRD ([www.coursehero.com](http://www.coursehero.com))

### 2.6.3 Kegunaan XRD

Metode difraksi sinar X adalah salah satu cara untuk mempelajari keteraturan atom atau molekul dalam suatu struktur tertentu. Hal ini karena difraksi sinar X memberikan ilustrasi bahwa secara prinsip sifat-sifat gelombang sinar X dan interaksinya dengan material dapat dimanfaatkan untuk mengeksplorasi keadaan mikroskopik material-material yang memiliki keteraturan susunan atom. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel.

Keuntungan utama penggunaan sinar X dalam karakterisasi material adalah kemampuan penetrasinya, sebab sinar X memiliki energi sangat tinggi akibat panjang gelombangnya yang pendek. Difraksi sinar X dapat memberikan informasi tentang struktur polimer, termasuk tentang keadaan amorf dan kristalin polimer. Pola hamburan sinar X juga dapat memberikan informasi tentang konfigurasi rantai dalam kristalit, perkiraan ukuran kristalit, dan perbandingan daerah kristalin dengan daerah amorf dalam sampel polimer. Sinar X juga digunakan dalam bidang kedokteran untuk mendeteksi keadaan organ-organ dalam tubuh karena memiliki daya tembus yang cukup besar. XRD dapat juga digunakan untuk mengukur macam-macam keacakan dan penyimpangan kristal, karakterisasi material kristal, identifikasi mineral-mineral yang berbutir halus seperti tanah liat, dan penentuan dimensi-dimensi sel satuan. Dengan teknik-teknik yang khusus, XRD dapat digunakan untuk menentukan struktur



kristal dengan menggunakan *Rietveld refinement*, analisis kuantitatif dari mineral, dan karakteristik sampel film.

#### 2.6.4 Keuntungan dan Kerugian XRD Serbuk dan Kristal

##### 1. Kristal Tunggal

- Keuntungan : Kita dapat mempelajari struktur kristal tersebut.
- Kerugian : Sangat sulit mendapatkan senyawa dalam bentuk kristalnya

##### 2. Bubuk

- Kerugian : Sulit untuk menentukan strukturnya
- Keuntungan : Lebih mudah memperoleh senyawa dalam bentuk bubuk

Keuntungan utama penggunaan sinar-X dalam karakterisasi material adalah kemampuan penetrasinya, sebab sinar-X memiliki energi sangat tinggi akibat panjang gelombangnya yang pendek. Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 0,5-2,0 *mikron*. Sinar ini dihasilkan dari penembakan logam dengan elektron berenergi tinggi. Elektron itu mengalami perlambatan saat masuk ke dalam logam dan menyebabkan elektron pada kulit atom logam tersebut terpental membentuk kekosongan. Elektron dengan energi yang lebih tinggi masuk ke tempat kosong dengan memancarkan kelebihan energinya sebagai foton sinar-X. X-ray difraksi Instrumen yang tepat dirancang untuk aplikasi dalam *microstructure* pengukuran, pengujian dan penelitian mendalam dalam penyelidikan.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

