

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengendapan Senyawa Anorganik

Endapan didefinisikan sebagai bentuk kristal keras yang menempel pada perpindahan panas permukaan dimana proses penghilangannya dapat dilakukan dengan cara di bor atau di dril. Endapan yang berasal dari larutan akan terbentuk karena proses penurunan kelarutan pada kenaikan temperatur operasi dan kristal padat melekat erat pada permukaan logam. Endapan yang umum ditemui di pipa minyak ada beberapa jenis, seperti kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), kalsium sulfat termasuk gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dan kalsium sulfat anhidrat ( $\text{CaSO}_4$ ), serta barium sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) (Asnawati, 2001).

### B. Kristalisasi

Menurut Brown (1978) kristalisasi adalah suatu proses pembentukan kristal dari larutannya dan kristal yang dihasilkan dapat dipisahkan secara mekanik.

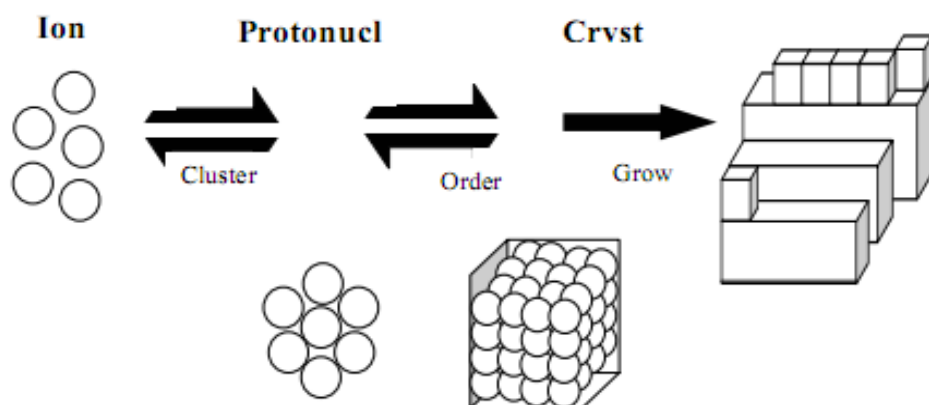
Kristalisasi merupakan peristiwa pembentukan partikel-partikel zat padat dalam suatu fase homogen. Kristalisasi dari larutan dapat terjadi jika padatan terlarut dalam keadaan berlebih (di luar kesetimbangan), maka sistem akan mencapai kesetimbangan dengan cara mengkristalkan padatan terlarut (Dewi dan Ali, 2003)

Kristalisasi senyawa dalam larutan langsung pada permukaan transfer panas dimana kerak terbentuk memerlukan tiga faktor simultan yaitu konsentrasi lewat

jenuh (*supersaturation*), nukleasi (terbentuknya inti kristal) dan waktu kontak yang memadai. Pada saat terjadi penguapan, kondisi jenuh (*saturation*) dan kondisi lewat jenuh (*supersaturation*) dicapai secara simultan melalui pemekatan larutan dan penurunan daya larut setimbang saat kenaikan suhu menjadi suhu penguapan. Pembentukan inti kristal terjadi saat larutan jenuh, kemudian sewaktu larutan melewati kondisi lewat jenuh beberapa molekul akan bergabung membentuk inti kristal. Inti kristal ini akan terlarut bila ukurannya lebih kecil dari ukuran partikel kritis (inti kritis), sementara itu kristal-kristal akan berkembang bila ukurannya lebih besar dari partikel kritis. Apabila ukuran inti kristal menjadi lebih besar dari inti kritis, maka akan terjadi pertumbuhan kristal.

Proses pembentukan kristalisasi ditunjukkan pada gambar berikut

(Zeihner *et al.*, 2003).



**Gambar 1.** Tahapan kristalisasi

Laju pertumbuhan kristal ditentukan oleh laju difusi zat terlarut pada permukaan kristal dan laju pengendapan zat terlarut pada kristal tersebut. Daya dorong difusi zat-zat terlarut adalah perbedaan antara konsentrasi zat-zat terlarut pada permukaan kristal dan pada larutan. Kristal-kristal yang telah terbentuk

mempunyai muatan ion lebih rendah dan cenderung untuk menggumpal sehingga terbentuklah kerak (Lestari *et al.*, 2004).

### **C. Kerak**

Kerak didefinisikan sebagai suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang terendapkan dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substansi (Kemmer, 1979). Kerak terbentuk karena tercapainya keadaan larutan lewat jenuh, karena dalam keadaan larutan lewat jenuh beberapa molekul akan bergabung membentuk inti kristal. Kristal-kristal yang terbentuk mempunyai muatan ion lebih rendah dan cenderung untuk menggumpal sehingga terbentuklah kerak (Lestari, 2008; Hasson *and* Semiat, 2005).

Pembentukan kerak pada sistem perpipaan di industri maupun rumah tangga menimbulkan banyak permasalahan teknis dan ekonomis, hal ini disebabkan karena kerak dapat menutupi atau menyumbat air yang mengalir dalam pipa dan sekaligus menghambat proses perpindahan panas pada peralatan penukar panas, sehingga kerak yang terbentuk pada pipa-pipa akan memperkecil diameter dan menghambat aliran fluida pada sistem pipa tersebut, terganggunya aliran fluida menyebabkan suhu semakin naik dan tekanan semakin tinggi maka kemungkinan pipa akan pecah dan rusak (Asnawati, 2001).

Komponen-komponen kerak yang sering dijumpai pada peralatan industri yaitu kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ), kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$  turunan dari kalsium bikarbonat), kalsium dan seng fosfat, kalsium fosfat, silika dengan konsentrasi tinggi, besi dioksida (senyawa yang disebabkan oleh kurangnya kontrol korosi

atau alami berasal dari besi yang teroksidasi), besi fosfat ( senyawa yang disebabkan karena pembentukan lapisan film dari inhibitor fosfat), mangan dioksida (mangan teroksidasi tingkat tinggi) magnesium silika, silika dan magnesium pada konsentrasi tinggi dengan pH tinggi, magnesium karbonat, magnesium dengan konsentrasi tinggi dan pH tinggi serta CO<sub>2</sub> tinggi (Lestari, 2008).

Faktor yang mempengaruhi pembentukan kerak adalah:

1. Kualitas Air

Pembentukan kerak dipengaruhi oleh konsentrasi komponen-komponen kerak (kesadahan kalsium, konsentrasi karbonat, dan lain-lain), pH dan konsentrasi bahan penghambat kerak di dalam air.

2. Temperatur Air

Pada umumnya komponen pembentukan kerak cenderung mengendap atau menempel sebagai kerak pada temperatur tinggi. Hal ini disebabkan karena kelarutannya menurun dengan naiknya temperatur. Laju penggerakan mulai meningkat pada temperatur air 50 °C atau lebih dan kadang-kadang masalah kerak terjadi pada temperatur air di atas 60 °C.

3. Laju Alir Air

Laju pembentukan kerak akan meningkat dengan turunnya laju air sistem. Dalam kondisi tanpa pemakaian penghambat kerak, pada sistem laju alir air 0,6 m/detik laju pembentukan kerak hanya seperlima dibanding pada laju alir air 0,2 m/detik (Lestari *et al.*, 2004 ).

Pembentukan kerak merupakan proses kristalisasi yang biasanya terdiri dari empat tahap, yaitu :

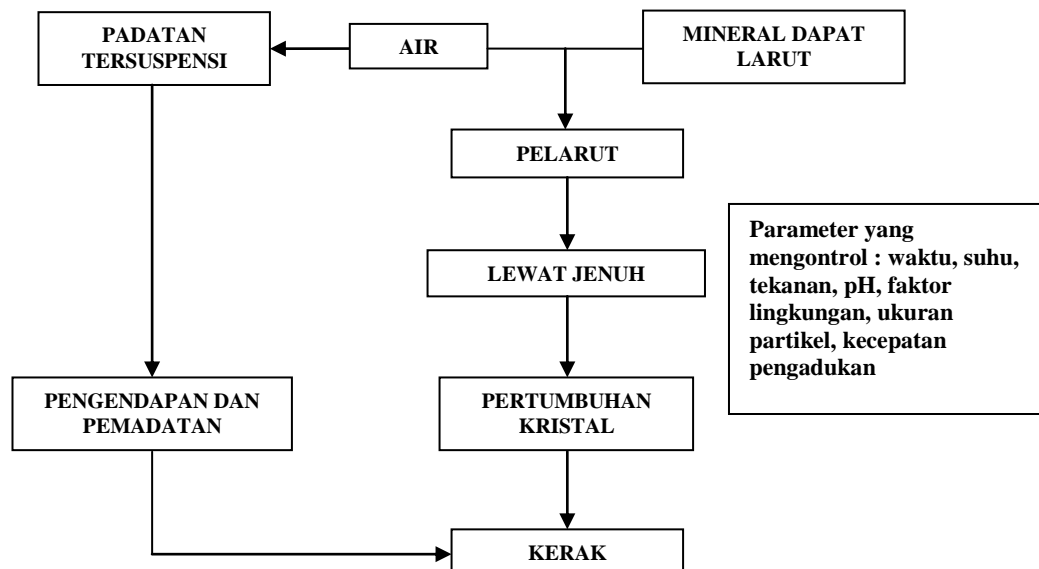
1. Tercapainya keadaan larutan yang lewat jenuh (*supersaturation*),
2. Pembentukan inti kristal (nukleasi),
3. Pertumbuhan kristal pada sekeliling inti, dan
4. Pertumbuhan kristal kecil membentuk kristal dengan ukuran yang lebih besar (penebalan lapisan kerak) (Hasson *and* Semiat, 2005).

Prinsip mekanisme pembentukan kerak, yaitu:

1. Campuran dua air garam yang tidak sesuai (umumnya air formasi mengandung banyak kation seperti kalsium, barium, dan stronsium, bercampur dengan sulfat yang banyak terdapat dalam air laut, menghasilkan kerak sulfat seperti  $\text{CaSO}_4$ ).
2. Penurunan tekanan dan kenaikan temperatur air garam, yang akan menurunkan kelarutan garam (umumnya mineral yang paling banyak mengendap adalah kerak karbonat seperti  $\text{CaCO}_3$ ).
3. Penguapan air garam, menghasilkan peningkatan konsentrasi garam melebihi batas kelarutan dan membentuk endapan garam.

Pada dasarnya pembentukan kerak terjadi dalam suatu aliran yang bersifat garam jika mengalami penurunan tekanan secara tiba-tiba, maka aliran tersebut menjadi lewat jenuh dan menyebabkan terbentuknya endapan garam yang menumpuk pada dinding-dinding peralatan proses industri (Amjad, 1995).

Skema mekanisme pembentukan kerak yang dilengkapi parameter-parameter penting yang mengontrol setiap tahapan ditunjukkan pada Gambar 2 berikut :



**Gambar 2.** Skema umum mekanisme pembentukan deposit kerak air (Salimin dan Gunandjar, 2007)

#### D. Pembentukan Endapan dan Kerak

Proses pengendapan terjadi melalui 3 tahap, yaitu :

##### 1. Nukleasi

Sebuah inti endapan adalah suatu partikel halus, pembentukan atau pengendapan dapat terjadi secara spontan. Inti dapat dibentuk dari beberapa molekul atau ion komponen endapan yang tumbuh secara bersama-sama dan jaraknya berdekatan, dapat juga dikatakan partikel halus secara kimia tidak berhubungan dengan endapan tetapi ada kemiripan dengan struktur kisi kristal. Jika inti dibentuk dari ion atau komponen endapan, fasa awal endapan disebut nukleasi homogen.

## 2. Pertumbuhan Kristal

Kristal terbentuk dari lapisan ion komponen endapan pada permukaan inti karena pada pengolahan air yang melibatkan proses pengendapan sering tidak mencapai kesetimbangan.

## 3. Aglomerasi

Padatan yang awalnya terbentuk dengan pengendapan, kemungkinan bukan padatan yang paling stabil (secara termodinamika) untuk berbagai kondisi reaksi. Jika demikian selama jangka waktu tertentu struktur kristal endapan dapat berubah menjadi fasa stabil. Perubahan ini disertai penambahan endapan dan pengurangan konsentrasi larutan, sebab fasa yang stabil biasanya mempunyai kelarutan yang lebih kecil dari fasa yang dibentuk sebelumnya.

Pematangan juga terjadi pada ukuran kristal endapan yang bertambah sebab partikel yang lebih kecil memiliki energi permukaan yang besar dari pada partikel yang besar, konsentrasi larutan dalam kesetimbangan untuk partikel yang lebih tinggi sebanding untuk partikel yang lebih besar. Akibatnya, pada ukuran partikel yang beragam partikel yang lebih besar terus bertambah, sebab larutan masih dalam keadaan lewat jenuh. Partikel yang lebih kecil melarut, sebab konsentrasi larutan sekarang belum diketahui harga jenuhnya (Lestari *et al.*, 2004).

## **E. Reaksi-Reaksi Pengendapan Senyawa Anorganik Pada Peralatan Industri**

Proses pengendapan senyawa-senyawa anorganik biasa terjadi pada peralatan-peralatan industri yang melibatkan air garam seperti industri minyak dan gas, proses desalinasi dan ketel serta industri kimia. Hal ini disebabkan karena

terdapatnya unsur-unsur anorganik pembentuk kerak seperti logam kalsium dalam jumlah yang melebihi kelarutannya pada keadaan kesetimbangan, terakumulasinya endapan-endapan dari senyawa anorganik tersebut dapat menimbulkan masalah seperti timbulnya kerak (Maley, 1999).

Kerak didefinisikan sebagai suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang mengendap dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substansi yang kontak atau berada dalam air (Kemmer, 1979). Pada peralatan industri, kerak terbentuk karena unsur kimia yang larut dalam air terlalu jenuh, dalam keadaan larutan lewat jenuh beberapa molekul akan bergabung membentuk inti kristal. Inti kristal ini akan terlarut bila ukurannya lebih kecil dari ukuran partikel kritis (inti kritis), sementara itu kristal-kristal akan berkembang bila ukurannya lebih besar dari partikel kritis. Apabila ukuran inti kristal menjadi lebih besar dari inti kritis, maka akan mulailah pertumbuhan kristal. Laju pertumbuhan kristal ditentukan oleh laju difusi zat terlarut pada permukaan kristal dan laju pengendapan zat terlarut pada kristal tersebut. Daya dorong difusi zat-zat terlarut adalah perbedaan antara konsentrasi zat-zat terlarut pada permukaan kristal dan pada larutan. Kristal-kristal yang telah terbentuk mempunyai muatan ion lebih rendah dan cenderung untuk menggumpal sehingga terbentuklah kerak (Lestari *et al.*, 2004).

Pada prinsipnya, pembentukan kerak terjadi dalam suatu aliran yang bersifat garam jika mengalami penurunan tekanan secara tiba-tiba, maka aliran tersebut menjadi lewat jenuh dan menyebabkan terbentuknya endapan garam yang menumpuk pada dinding-dinding peralatan proses industri (Amjad, 1995).

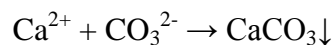


Adapun komponen-komponen kerak yang sering dijumpai pada peralatan industri yaitu kalsium karbonat, kalsium dan seng fosfat, kalsium fosfat, silika dan magnesium silikat (Lestari, 2008).

#### **F. Kerak Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>)**

Kalsium adalah logam putih perak dan agak lunak, tak beracun, melebur pada suhu 845 °C, kalsium membentuk kation Ca<sup>2+</sup> dalam larutan-larutan air. Garam-garamnya biasa berupa bubuk putih dan membentuk larutan yang tak berwarna kecuali anionnya berwarna.

Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) merupakan salah satu endapan penyusun kerak yang menjadi masalah serius pada sebagian besar proses industri yang melibatkan air garam dan pada operasi produksi minyak bumi. Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) berupa endapan amorf putih terbentuk dari reaksi antara ion kalsium (Ca<sup>2+</sup>) dalam bentuk CaCl<sub>2</sub> dengan ion karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) dalam bentuk Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.



Karbonat dari kalsium tidak larut dalam air dan hasil kali kelarutannya menurun dengan naiknya konsentrasi Ca<sup>2+</sup> (Svehla, 1990).

#### **G. Pembentukan Kerak Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>)**

Pembentukan kerak merupakan proses kristalisasi yang biasanya terdiri dari empat tahap, yaitu: (i) tercapainya keadaan larutan yang lewat jenuh, (ii) pembentukan inti kristal, (iii) pertumbuhan kristal pada sekeliling inti, (iv) pertumbuhan kristal

kecil membentuk kristal dengan ukuran yang lebih besar (penebalan lapisan kerak) (Hasson *and* Semiat, 2005).

#### **H. Pengaruh Terbentuknya Kerak Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>)**

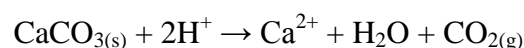
Kerak kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang sering dijumpai pada pipa-pipa peralatan industri dapat menimbulkan masalah-masalah seperti mengecilnya diameter pipa sehingga menghambat aliran fluida pada sistem pipa tersebut. Terganggunya aliran fluida menyebabkan suhu semakin naik dan tekanan semakin tinggi sehingga kemungkinan pipa akan pecah. Pada operasi produksi minyak bumi, pembentukan kerak dapat mengurangi produktivitas sumur akibat tersumbatnya penorasi, pompa, *valve*, dan *fitting*. Oleh karena itu, perlu dilakukan pencegahan pembentukan kerak untuk mengurangi atau menghilangkan kerak kalsium karbonat yang terdapat pada peralatan-peralatan industri (Asnawati, 2001).

#### **I. Metode Pencegahan Terbentuknya Kerak Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>)**

Beberapa metode yang pernah dilakukan untuk mencegah terbentuknya kerak kalsium karbonat pada peralatan-peralatan industri adalah sebagai berikut:

##### **1. Pengendalian pH**

Pengendalian pH dengan penginjeksian asam (asam sulfat atau asam klorida) telah lama diterapkan untuk mencegah pertumbuhan kerak oleh garam-garam kalsium, garam logam bivalen dan garam fosfat. Asam sulfat yang biasa digunakan pada metode ini akan bereaksi dengan ion karbonat yang ada di air menghasilkan H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> sehingga pembentukan kerak CaCO<sub>3</sub> dapat dicegah.



Kelarutan bahan pembentuk kerak biasanya meningkat pada pH yang lebih rendah. Namun pada pH 6,5 atau kurang, korosi pada baja, karbon, tembaga, dan paduan tembaga dengan cepat akan berlangsung sehingga pH efektif untuk mencegah pengendapan kerak hanyalah pada pH 7 sampai 7,5.

Oleh karena itu, suatu sistem otomatis penginjeksian asam diperlukan untuk mengendalikan pH secara tepat. Selain itu, asam sulfat dan asam klorida mempunyai tingkat bahaya yang cukup tinggi dalam penanganannya. Saat ini penghambatan kerak dengan hanya penginjeksian asam semakin jarang digunakan (Lestari *et al.*, 2004).

## 2. Pelunakan dan pembebasan mineral air padatan

Untuk mencegah terjadinya kerak pada air padatan yang mengandung kesadahan tinggi ( $\pm 250$  ppm  $\text{CaCO}_3$ ) perlu adanya pelunakan dengan menggunakan kapur dan soda abu (pengolahan kapur dingin). Masalah kerak tidak akan dijumpai jika yang digunakan adalah air bebas mineral karena seluruh garam-garam terlarut dapat dihilangkan. Oleh karena itu, pemakaian air bebas mineral merupakan metode yang tepat untuk menghambat kerak di dalam suatu sistem dengan pembebanan panas tinggi dimana pengolahan konvensional dengan bahan penghambat kerak tidak berhasil. Namun penggunaan air bebas mineral dalam industri-industri besar membutuhkan biaya yang cukup tinggi sehingga dapat menurunkan efisiensi kerja (Lestari *et al.*, 2004).

## 3. Penggunaan inhibitor kerak

Inhibitor kerak pada umumnya merupakan bahan kimia yang sengaja ditambahkan untuk mencegah atau menghentikan terbentuknya kerak bila ditambahkan dengan

konsentrasi yang kecil ke dalam air. Prinsip kerja dari inhibitor kerak adalah pembentukan senyawa kompleks (khelat) antara inhibitor dengan unsur-unsur penyusun kerak. Senyawa kompleks yang terbentuk larut dalam air sehingga menutup kemungkinan pertumbuhan kristal yang besar dan mencegah kristal kerak untuk melekat pada permukaan pipa (Patton, 1981).

Biasanya penggunaan bahan kimia tambahan untuk mencegah pembentukan kerak didukung dengan penggunaan bola-bola spons untuk membersihkan secara mekanis permukaan bagian dalam pipa. Syarat yang harus dimiliki senyawa kimia sebagai inhibitor kerak adalah sebagai berikut:

1. Inhibitor kerak harus menunjukkan kestabilan termal yang cukup dan efektif untuk mencegah terbentuknya air sadah dari pembentukan kerak.
2. Inhibitor kerak juga harus dapat merusak struktur kristal dan padatan tersuspensi lain yang mungkin akan terbentuk.
3. Inhibitor kerak juga harus memiliki tingkat keamanan yang tinggi dalam penggunaannya sehingga tidak menimbulkan efek samping yang berbahaya bagi lingkungan sekitar (Al-Deffeeri, 2006).

Pada umumnya inhibitor kerak yang digunakan di pipa-pipa minyak atau pada peralatan industri dibagi menjadi dua macam yaitu inhibitor kerak anorganik dan inhibitor kerak organik. Senyawa anorganik fosfat yang umum digunakan sebagai inhibitor adalah kondensat fosfat dan dehidrat fosfat. Pada dasarnya bahan-bahan kimia ini mengandung kelompok P-O-P dan cenderung untuk melekat pada permukaan kristal, inhibitor kerak organik yang biasa digunakan adalah organofosfonat, organofosfat ester dan polimer-polimer organik. Inhibitor kerak

yang pernah digunakan yaitu polimer-polimer yang larut dalam air dan senyawa fosfonat (Asnawati, 2001). Penggunaan senyawa-senyawa anorganik, asam amino, polimer-polimer yang larut dalam air seperti poliaspartat, polifosfat dan senyawa-senyawa lain seperti fosfonat, karboksilat, dan sulfonat telah diketahui sangat efektif sebagai inhibitor endapan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) (Al-Deffeeri, 2006).

Hal ini telah dibuktikan dengan cara kerjanya pada konsentrasi rendah sehingga menjadikan metode ini sebagai alternatif yang murah. Namun inhibitor jenis ini memiliki banyak kelemahan, sebagai contoh inhibitor kerak NALCO 23226 sebagai salah satu produk paten dari perusahaan National Aluminium Company (NALCO) yang digunakan oleh BATAN sampai saat ini cenderung menaikkan laju korosi, menaikkan nilai konduktivitas, dan total padatan terlarut bila penggunaannya melebihi 100 ppm (Lestari *et al.*, 2004).

## **J. Gambir**

Tanaman Gambir (*Uncaria gambir* Roxb) tumbuh baik pada daerah dengan ketinggian sampai 900 m. Tanaman ini membutuhkan cahaya matahari penuh dan curah hujan merata sepanjang tahun. Bagian tanaman gambir yang dipanen adalah daun dan rantingnya yang selanjutnya diolah untuk menghasilkan ekstrak gambir yang bernilai ekonomis. Gambir (Gambar 3) termasuk dalam famili *Rubiaceae* dan merupakan jenis tanaman perdu yang memiliki batang tegak dan bercabang simpodial, daunnya berjenis daun tunggal dan berbentuk lonjong, bunganya merupakan bunga majemuk berbentuk lonceng sedangkan buahnya berbentuk bulat telur dan berwarna hitam.



**Gambar 3.** Tanaman gambir (*Uncaria gambier*)

Kegunaan gambir secara tradisional adalah sebagai pelengkap makan sirih dan obat-obatan, seperti di Malaysia gambir digunakan untuk obat luka bakar, rebusan daun muda dan tunasnya juga digunakan sebagai obat diare dan disentri serta obat kumur-kumur pada sakit kerongkongan. Secara modern gambir banyak digunakan sebagai bahan baku industri farmasi dan makanan, diantaranya bahan baku obat penyakit hati dengan paten *catergen* bahan baku permen yang melegakan kerongkongan bagi perokok di Jepang karena gambir mampu menetralsir nikotin sedangkan di Singapura gambir digunakan sebagai bahan baku obat sakit perut dan sakit gigi (Nazir, 2000).

Berbagai potensi yang dimiliki gambir yang sedang dipelajari dan diteliti keampuannya antara lain sebagai anti nematode dengan melakukan isolasi senyawa bioefektif anti nematoda *Bursapeleucus xyphylus* dari ekstrak gambir, bahan infus dari gambir untuk penyembuhan terhadap gangguan pada pembuluh

darah, perangsang sistem syaraf otonom dan gambir sebagai obat tukak lambung. Selain itu juga telah diteliti kemampuan ekstrak gambir sebagai anti mikroba, sebagai bahan toksitas terhadap organ ginjal, hati dan jantung, bahan anti feedan terhadap hama *Spodoptera litura Fab*, anti bakteri, tablet hisap gambir murni, gambir sebagai bahan baku *sampho* dan gambir sebagai bahan perekat kayu lapis dan papan partikel.

Gambir juga digunakan sebagai bahan baku dalam industri tekstil dan batik, yaitu sebagai bahan pewarna yang tahan terhadap cahaya matahari, gambir juga sebagai bahan penyamak kulit agar tidak terjadi pembusukan dan membuat kulit menjadi lebih renyah setelah dikeringkan. Begitu pula industri kosmetik menggunakan gambir sebagai bahan baku untuk menghasilkan astrigen dan lotion yang mampu melembutkan kulit dan menambah kelenturan serta daya tegang kulit.

Komponen utama gambir yakni *catechin* (asam *catwchin* atau asam *catechu*) dan asam *catechin tannat* (*catechin anhydrid*). Gambir juga mengandung sedikit *quercetine* yaitu bahan pewarna yang memiliki warna kuning. *Catechin* bila mengalami pemanasan cukup lama atau pemanasan dengan larutan bersifat basa dengan mudah akan menjadi *catechin tannat*, karena kondensasi sendiri dan menjadi mudah larut dalam air dingin atau air panas (Zeijlstra, 1943).

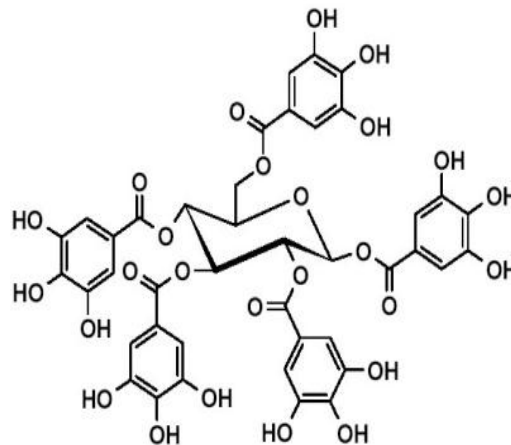
### **K. Asam Tanat**

Asam tanat (Gambar 4) merupakan unsur dasar dalam zat warna kimia tanaman.

Asam tanat banyak terdapat dalam kayu oak, walnut, mahogany, dan gambir.

Asam tanat merupakan salah satu golongan tanin terhidrolisis dan termasuk asam lemah. Rumus kimia dari asam tanat adalah  $C_{41}H_{32}O_{26}$ , pusat molekul dari asam

tanat adalah glukosa, dimana gugus hidroksil dari karboksilat terestriifikasi dengan gugus asam galat. Ikatan ester dari asam tanat mudah mengalami hidrolisis dengan bantuan katalis asam, basa, enzim, dan air panas. Hidrolisis total dari asam tanat akan menghasilkan karboksilat dan asam gallat (Hagerman,2002).

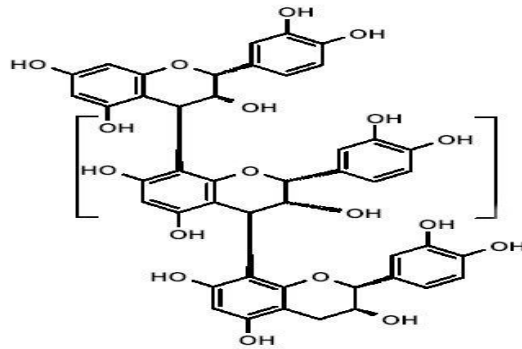


**Gambar 4.** Struktur asam tanat

#### L. Katekin

Katekin (Gambar 5) atau disebut juga flavan-3-ol merupakan senyawa flavonoid yang banyak ditemukan dalam coklat, teh hijau, gambir, dan teh hitam. Katekin merupakan senyawa antioksidan yang banyak sekali digunakan untuk bahan obat karena dapat menghambat pertumbuhan kanker, meningkatkan metabolisme, dan dapat melindungi DNA dari kerusakan. Rumus kimia dari katekin adalah  $C_{15}H_{14}O_6$ . Katekin dapat berpolimer menjadi tanin terkondensasi. Tanin terkondensasi adalah polimer dari 2-50 atau lebih unit flavonoid yang dihubungkan oleh ikatan karbon-karbon, dimana tidak rentan oleh hidrolisis, polimer katekin banyak sekali ditemukan pada teh hitam.



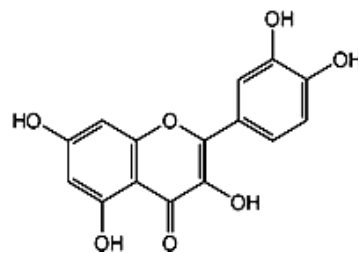


**Gambar 5.** Sturukur polimer katekin

### M. Kuersetin

Kuersetin (Gambar 6) merupakan senyawa flavonoid yang banyak ditemukan dalam tanaman obat, apel, teh hijau, jeruk, dan beberapa sayuran hijau. Kuarsetin banyak digunakan dalam dunia medis sebagai antioksidan dan anti kanker.

Kuarsetin memiliki rumus kimia  $C_{15}H_{10}O_7$  dengan massa molekul sebesar 302,236 g/mol, densitas sebesar  $1.799 \text{ g/cm}^3$ , dan titik lelehnya  $316 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**Gambar 6.** Struktur kuersetin

## **N. *Seeded Experiment***

*Seeded Experiment* merupakan salah satu metode pembentukkan kristal dengan cara menambahkan bibit kristal ke dalam larutan pertumbuhan. Hal ini dilakukan untuk melihat laju pertumbuhan kerak kalsium karbonat setelah ditambahkan perpaduan ekstrak gambir dengan asam benzoat dan NALCO sebagai inhibitor pembanding dengan penambahan bibit kristal.

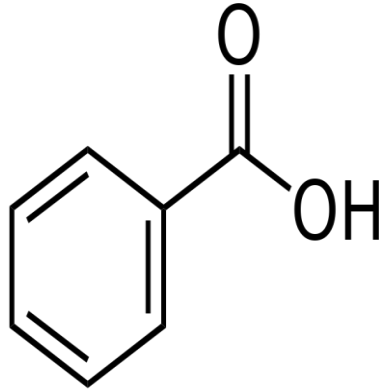
## **O. NALCO72990**

NALCO 72990 merupakan produk paten dari perusahaan National Aluminium Company (NALCO). Karena merupakan produk paten, maka komposisi kimia yang terkandung dalam NALCO 72990 tidak diberitahukan kepada konsumen pengguna. Tetapi berdasarkan studi literatur diperkirakan bahan kimia yang terdapat dalam NALCO 72990 diantaranya adalah senyawa fosfat (terutama ortofosfat), zink, dan senyawa organik lainnya. Bahan kimia ini bersifat larut dalam air, tetapi membentuk lapisan-lapisan yang tidak larut pada permukaan logam. Dosis penggunaan NALCO 72990 sesuai dengan petunjuk resmi dari perusahaan NALCO adalah 100 ppm.

## **P. Asam Benzoat**

Asam benzoat ( $C_6H_5COOH$ ) telah banyak digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikroba dalam makanan. Asam benzoat juga disebut sebagai asam fenilformat atau asam benzenkarboksilat. Kelarutan asam benzoat dalam air sangat rendah (0,18, 0,27, dan 2,2 g larut dalam 100 mL air pada 4 °C, 18 °C, dan 75 °C. Asam benzoat dengan konsentrasi 50 ppm merupakan aditif yang

memberikan pengaruh terbesar dalam menghambat pertumbuhan kerak kalsium (Suharso dan Buhani, 2009)

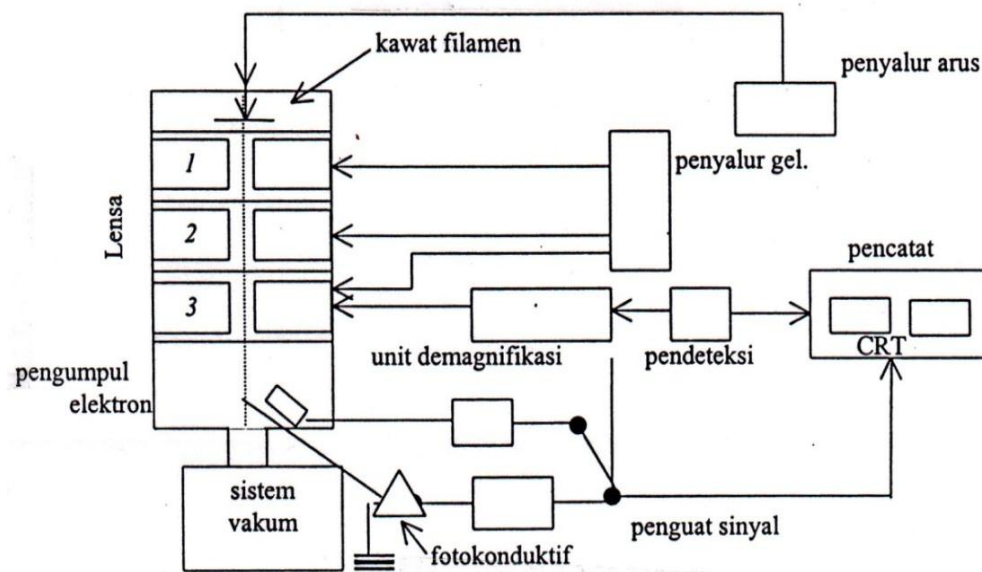


**Gambar 7.** Struktur Asam Benzoat

#### **Q. Scanning Electron Microscopy (SEM)**

Analisis morfologi permukaan kristal  $\text{CaCO}_3$  dapat dilakukan menggunakan SEM. SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang dapat mengamati dan menganalisis karakteristik struktur mikro dari bahan padat yang konduktif maupun yang nonkonduktif. Kelebihan menggunakan SEM antara lain material atau sampel dapat dianalisis tanpa persiapan khusus, karena itu sampel yang tebal sekalipun (*bulk*) juga dapat dianalisis (Handayani *et al.*, 1996).

Pada prinsipnya SEM dapat mengamati morfologi, struktur mikro, komposisi dan distribusi unsur. SEM terdiri dari kolom elektron (*electron column*), ruang sampel (*sample chamber*), sistem pompa vakum (*vacuum pumping system*), kontrol elektron dan sistem bayangan (*imaging system*) (Handayani *et al.*, 1996).



**Gambar 8.** Skema *Scanning electron microscope* (SEM)

#### **R. Instrument Particle Size Analyzer (PSA)**

PSA merupakan instrumen yang digunakan untuk melakukan analisis distribusi ukuran partikel yang telah digunakan secara luas sejak tahun 1967. Instrumen ini lebih objektif jika dibandingkan dengan teknik pengukuran partikel lainnya, dapat dipercaya dan penggunaannya dapat diulang-ulang. PSA dideskripsikan sebagai teknik yang sempurna, dapat menganalisis dengan cepat, cocok untuk perindustrian, relatif tidak mahal, operator tidak harus terlatih, dan dapat menganalisis ukuran partikel yang mengalami sedikit perubahan. Pada dasarnya PSA digunakan untuk mengamati sifat fisik, fenomena gravitasi padatan dan adsorpsi energi X-ray rendah.