

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 lading minyak ada beberapa jenis, seperti kalsium karbonat (CaCO_3), kalsium sulfat termasuk gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan anhidrit (CaSO_4), serta barium sulfat (BaSO_4) (Lafifah, 2000).

B. Kerak

Kerak didefinisikan sebagai suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang terendapkan dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substansi (Kemmer, 1979). Oleh karena itu, 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. Hal ini

menyebabkan 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 (Patton, 1981). Adapun komponen-komponen kerak yang sering dijumpai pada peralatan industri yaitu, kalsium karbonat (CaCO_3), kalsium sulfat (CaSO_4) 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_2 tinggi (Lestari, 2008; Nunn, 1997).

C. Pembentukan Endapan dan Kerak

Menurut Hasanuddin dan Ade (2004) 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. Atau 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. Hal ini 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 demikian 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 (Hasanuddin dan Ade, 2004).

D. 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 (Weijnen *et al*, 1983 ; Maley, 1999).

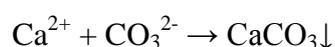
Kerak didefinisikan sebagai suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang mengendap dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substansi yang kontak atau berada dalam air (Kemmer, 1979). Pada peralatan industri, kerak terbentuk karena unsur kimia yang larut dalam air terlalu jenuh. Dalam 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 dkk, 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 dkk, 2008).

E. Kerak Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Kalsium adalah logam putih perak dan agak lunak. Ia melebur pada 845°C kalsium membentuk kation kalsium (II) (Ca^{2+}) dalam larutan-larutan air. Garam-garamnya biasa berupa bubuk putih dan membentuk larutan yang tak berwarna kecuali anionnya berwarna (Svehla, 1990).

Kalsium karbonat (CaCO_3) merupakan salah satu endapan penyusun kerak yang menjadi masalah serius pada sebagian besar proses industri yang melibatkan air garam (Amjad, 1987) dan pada operasi produksi minyak bumi (Halimatuddahlia, 2003). Kalsium karbonat (CaCO_3) berupa endapan amorf putih terbentuk dari reaksi antara ion kalsium (Ca^{2+}) dalam bentuk CaCl_2 dengan ion karbonat (CO_3^{2-}) dalam bentuk Na_2CO_3 (Svehla, 1990).



Karbonat dari kalsium tidak larut dalam air dan hasil kali kelarutannya menurun dengan naiknya ukuran Ca^{2+} (Cotton and Wilkinson, 1989).

F. Pembentukan Kerak Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Pembentukan kerak merupakan proses kristalisasi yang biasanya terdiri dari empat tahap, yaitu : tercapainya keadaan larutan yang lewat jenuh, pembentukan inti kristal, pertumbuhan kristal pada sekeliling inti, pertumbuhan kristal kecil membentuk kristal dengan ukuran yang lebih besar (penebalan lapisan kerak) (Hasson and Semiat, 2005).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan kerak, adalah sebagai berikut:

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. Ada berbagai indeks yang digunakan untuk meramalkan terjadinya pembentukan kerak, diantaranya adalah indeks kejenuhan dari Langelier untuk kalsium karbonat, indeks Green dkk untuk kalsium fosfat dan persamaan Kubo untuk menghitung derajat keasaman (pH) pengendapan kritis kalsium fosfat (Lestari dkk, 2004).

2. Temperatur air

Pada umumnya komponen pembentuk kerak cenderung mengendap atau menempel sebagai kerak pada temperatur tinggi. Hal ini disebabkan karena kelarutannya menurun dengan naiknya temperatur. Laju pergerakan mulai meningkat pada temperatur air 50°C atau lebih dan kadang-kadang masalah kerak terjadi pada temperatur air diatas 60°C (Lestari dkk, 2004).

3. Laju alir air

Laju pembentukan kerak akan meningkat dengan turunnya laju alir sistem.

Dalam kondisi tanpa pemakaian penghambat kerak, pada sistem dengan laju alir 0,6 m/detik laju pembentukan kerak hanya seperlima dibanding pada laju alir air 0,2 m/detik (Lestari dkk, 2004).

G. Pengaruh Terbentuknya Kerak Kalsium Karbonat (CaCO_3) Terhadap Peralatan Industri

Kerak kalsium karbonat (CaCO_3) 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 (Asnawati, 2001).

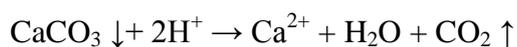
Pada operasi produksi minyak bumi, pembentukan kerak dapat mengurangi produktivitas sumur akibat tersumbatnya penorasi, pompa, *valve*, dan *fitting* (Halimatuddahlia, 2003). Oleh karena itu, perlu dilakukan pencegahan pembentukan kerak untuk mengurangi atau menghilangkan kerak kalsium karbonat yang terdapat pada peralatan-peralatan industri.

H. Metode Pencegahan Terbentuknya Kerak Kalsium Karbonat

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 (Lestari dkk, 2000). Asam sulfat yang biasa digunakan pada metode ini akan bereaksi dengan ion karbonat yang ada di air menghasilkan H₂O dan CO₂ sehingga pembentukan kerak CaCO₃ dapat dicegah (Al-Deffeeri, 2006).



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 dkk, 2004).

2. Pelunakan dan pembebasan mineral air *make-up*

Make-up merupakan suatu peralatan industri sebagai tempat dilalui air.

Terbentuknya kerak pada peralatan industri dapat ditemukan di *make-up*.

Untuk mencegah terjadinya kerak pada air *make-up* yang mengandung kesadahan tinggi (± 250 ppm CaCO₃) 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 (Lestari dkk, 2004). Namun penggunaan air bebas mineral dalam industri-industri besar membutuhkan biaya yang cukup tinggi sehingga dapat menurunkan efisiensi kerja.

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 (Halimatuddahlia, 2003). Prinsip kerja dari inhibitor kerak adalah pembentukan senyawa kompleks (kelat) 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.

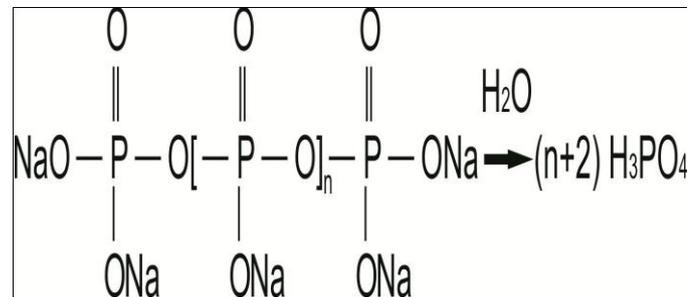
Syarat yang harus dimiliki senyawa kimia sebagai inhibitor kerak adalah sebagai berikut:

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. Selain itu, 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 ladang-ladang 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 kondesat fosfat dan dehidrat fosfat. Pada dasarnya bahan-bahan kimia ini mengandung grup P-O-P dan cenderung untuk melekat pada permukaan kristal. Oleh karena itu, inhibitor kerak organik yang biasa digunakan adalah organofosfonat organofosfat ester dan polimer-polimer organik (Asnawati, 2001). Inhibitor kerak yang pernah digunakan yaitu polimer-polimer yang larut dalam air dan senyawa fosfonat.

Salah satu inhibitor kerak dari polimer-polimer yang larut dalam air yaitu polifosfat. Polifosfat (Gambar 1) merupakan inhibitor kerak yang murah namun keefektifannya terbatas. Keunggulan polifosfat sebagai inhibitor kerak kalsium karbonat (CaCO_3) antara lain karena kemampuannya untuk menyerap pada permukaan kristal yang mikroskopik, menghambat pertumbuhan kristal pada batas konsentrasi rendah dan strukturnya yang mampu merusak padatan tersuspensi. Hal ini dapat mencegah pertumbuhan kristal lebih lanjut, atau

setidaknya memperlambat proses pertumbuhan kerak. Namun, polifosfat memiliki kelemahan utama yaitu mudah terhidrolisis pada temperatur di atas 90°C menghasilkan ortofosfat.



Gambar 1. Reaksi hidrolisis polifosfat (Al-Deffeeri, 2006)

Reaksi di atas adalah reaksi hidrolisis polifosfat yang merupakan fungsi dari temperatur, pH, waktu, dan adanya ion-ion lain. Ortofosfat yang dihasilkan dapat menyebabkan menurunnya kemampuan untuk menghambat pertumbuhan kerak dan menyebabkan terbentuknya kerak baru dari presipitasi kalsium fosfat (Gill, 1999), sehingga penggunaan polifosfat sebagai inhibitor kerak hanya efektif pada temperatur rendah (Al-Deffeeri, 2006). Fosfonat merupakan inhibitor yang sangat baik bila dibandingkan dengan polifosfat. Namun fosfonat masih memiliki kelemahan yaitu struktur fosfonat yang monomerik sehingga tidak efektif jika digunakan sebagai *dispersing agents* (Al-Deffeeri, 2006).

Penggunaan senyawa-senyawa anorganik (Zhang and Dawe, 2000), asam amino (Manoli *et al*, 2002), polimer-polimer yang larut dalam air seperti poliaspartat (Donachy and Sikes, 1994), polifosfat dan senyawa-senyawa lain seperti fosfonat, karboksilat (Al-Deffeeri, 2006), dan sulfonat telah diketahui

sangat efektif sebagai inhibitor endapan kalsium karbonat (He *et al*, 1999; Choi *et al*, 2001).

I. Belimbing Wuluh

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L*) atau sering disebut belimbing asam merupakan salah satu tanaman yang tumbuh subur di seluruh daerah di Indonesia khususnya di Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam. Tanaman ini termasuk salah satu jenis tanaman tropis yang mempunyai kelebihan yaitu dapat berbuah sepanjang tahun. Belimbing wuluh pohonnya tergolong kecil, tinggi mencapai 10 m dengan batang tidak begitu besar, kasar berbenjol-benjol, dan mempunyai garis tengah hanya sekitar 30 cm. Percabangan sedikit, arahnya condong ke atas, cabang muda berambut halus seperti beludru berwarna coklat muda. Bentuk daun menyirip ganjil dengan 21-45 pasang anak daun. Bunga berukuran kecil dan berbentuk menyerupai bintang, warnanya ungu kemerahan (Wijayakusuma dan Dalimarta, 2006).

Belimbing wuluh dapat tumbuh baik di tempat-tempat terbuka yang mempunyai ketinggian kurang dari 500 meter di atas permukaan laut. Tanaman ini tumbuh baik di daerah tropis dan di Indonesia banyak dipelihara di pekarangan atau kadang tumbuh liar di ladang atau tepi hutan. Tumbuhan belimbing wuluh menghasilkan buah berwarna hijau dan kuning muda atau sering juga disebut berwarna putih (Thomas, 1992).



Gambar 2. Tanaman Belimbing Wuluh (Dasuki, 1991)

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) banyak ditanam sebagai pohon buah. Rasa buahnya asam digunakan sebagai sirup dan bahan penyedap masakan. Selain itu juga berguna untuk membersihkan noda pada kain, mengkilapkan barang-barang yang terbuat dari kuningan dan sebagai obat tradisional (Wijayakusuma dan Dalimarta, 2006).

Daun belimbing wuluh berkhasiat untuk mengurangi rasa sakit atau nyeri dan pembunuh kuman serta dapat menurunkan kadar gula darah, bunganya juga dapat digunakan sebagai obat batuk dan perasan air buah sangat baik untuk asupan vitamin C dan di samping itu perasan buah juga dapat dipakai untuk keramas sebagai penghilang antiketombe, atau digosokkan sebagai penghilang panu (Arland, 2006). Rasa asam dan sejuk pada buah belimbing wuluh dapat menghilangkan sakit, memperbanyak pengeluaran empedu, antiradang, peluruh kencing (Wijayakusuma dan Dalimarta, 2006).

Klasifikasi ilmiah tanaman belimbing wuluh adalah (Dasuki, 1991)

Kingdom	: Plantae (tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (berpembuluh)
Superdivisio	: Spermatophyta (menghasilkan biji)
Divisio	: Magnoliophyta (berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua / dikotil)
Sub-kelas	: Rosidae
Ordo	: Geraniales
Familia	: Oxalidaceae (suku belimbing-belimbingan)
Genus	: <i>Averrhoa</i>
Spesies	: <i>Averrhoa bilimbi</i> L

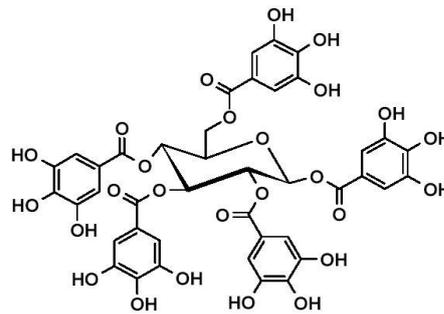
J. Komponen Kimia Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L)

Daun belimbing wuluh mengandung tanin, sulfur, asam format dan peroksida (Wijayakusuma dan Dalimarta, 2006). Senyawa peroksida yang dapat berpengaruh terhadap antipiretik, peroksida merupakan senyawa pengoksidasi dan kerjanya tergantung pada kemampuan pelepasan oksigen aktif dan reaksi ini mampu membunuh banyak mikroorganisme (Soekardjo, 1995). Penelitian yang dilakukan oleh Lidyawati dan Ruslan (2006) menunjukkan bahwa penapisan fitokimia menunjukkan bahwa simplisia dari ekstrak metanol daun belimbing wuluh mengandung flavonoid, saponin, tanin dan steroid atau triterpenoid. Pada sel daun terdapat cairan vakuola yang terdapat dalam vakuola terutama terdiri dari air, namun didalamnya dapat terlarut berbagai zat seperti gula, berbagai garam, protein, alkaloida, zat penyamak atau tanin dan

zat warna. Jumlah tanin dapat berubah-ubah sesuai dengan musim serta pigmen dalam vakuola adalah flavonoid (Hidayat, 1995).

1. Asam Tanat

Asam tanat (Gambar 3) merupakan unsur dasar dalam zat warna kimia tanaman. Asam tanat banyak terdapat dalam kayu oak, walnut, mahogany, gambir, dan daun belimbing wuluh. 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 terestrifikasi 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 galat (Hagerman, 2002).

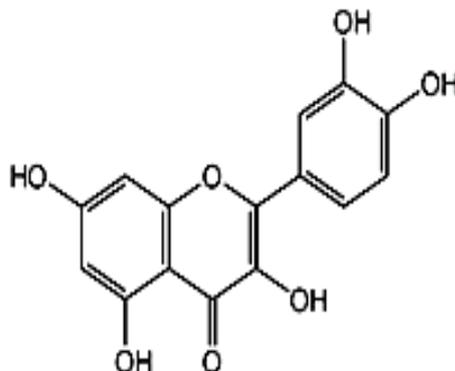


Gambar 3. Struktur Asam Tanat (Hagerman, 2002)

2. Kuersetin

Kuersetin (Gambar 3) 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°C .



Gambar 4. Struktur Kuersetin (Haghiack and Walle, 2005)

K. NALCO 72990

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 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.

Kandungan bahan kimia lain yang terdapat dalam NALCO selain zink dan ortofosfat adalah senyawa organik terutama lignin dan tanin. Senyawa organik ini dapat berperan dalam air pendingin baik sebagai inhibitor organik

ataupun hanya sebagai zat-zat penstabil dari ortofosfat sehingga ortofosfat dapat bekerja lebih baik dalam menghambat terbentuknya kerak, melalui efek sinergistik (jika bergabung memiliki sifat kombinasi yang berlipat ganda) antara ortofosfat dengan senyawa organik tersebut.

L. *Seeded Experiment*

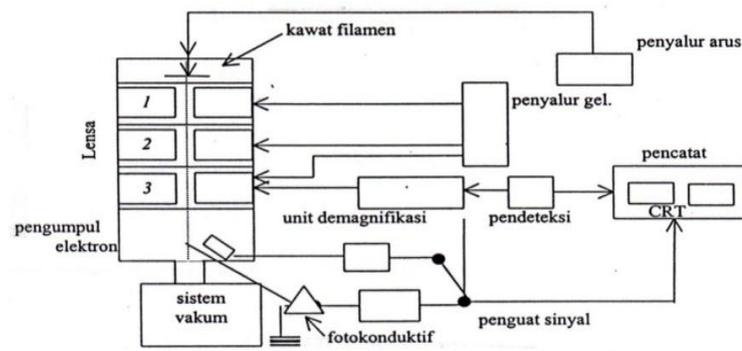
Seeded Experiment merupakan salah satu metode pembentukan kristal dengan cara menambahkan bibit kristal ke dalam larutan pertumbuhan. Penambahan bibit kristal dilakukan untuk mendorong terjadinya proses kristalisasi dengan lebih cepat. Adanya area permukaan bibit kristal akan mempermudah pertumbuhan kristal menjadi lebih besar. Semakin cepat terjadinya proses kristalisasi maka akan semakin cepat laju pertumbuhan inti kristal kalsium karbonat untuk membentuk kristal yang lebih besar (Hardie and Lawrence 1967, Bremere and Ingrida, 1999). Hal ini dilakukan untuk melihat laju pertumbuhan kerak kalsium karbonat setelah ditambahkan ekstrak daun belimbing wuluh dan NALCO 72990 dengan penambahan bibit kristal.

M. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

SEM digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan kristal CaCO_3 . SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang dapat mengamati dan menganalisis karakteristik struktur mikro dari bahan padat yang konduktif maupun yang nonkonduktif. Sistem pencahayaannya menggunakan radiasi elektron yang mempunyai $\lambda = 200 - 0,1 \text{ \AA}$. SEM mempunyai daya pisah

(resolusi) yang tinggi sekitar 5 nm sehingga dapat dicapai perbesaran hingga ± 100.000 kali dan menghasilkan gambar atau citra yang tampak seperti 3 dimensi karena mempunyai *depth of field* tinggi. Kelebihan menggunakan SEM antara lain material atau sampel dapat dianalisis tanpa preparasi khusus, karena itu sampel yang tebal sekalipun (*bulk*) juga dapat dianalisis (Handayani dkk, 1996).

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

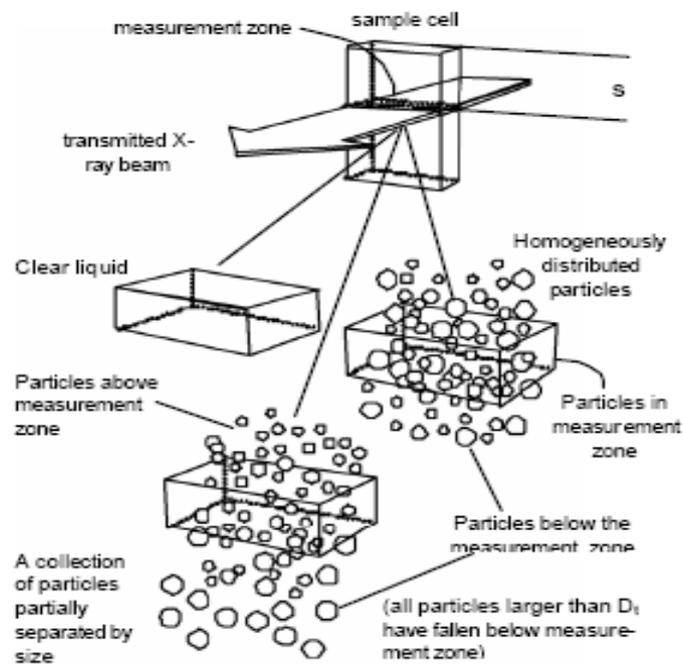


Gambar 5. Skema SEM (Gabriel, 1985)

N. *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.



Gambar 6. Diagram PSA (Webb, 2002)