

**EFEK PENAMBAHAN SENYAWA EKSTRAK KULIT MANGGIS
(*Garcinia mangostana L*) SEBAGAI INHIBITOR KERAK KALSIUM
SULFAT (CaSO₄) DENGAN UNSEEDED EXPERIMENT**

(Skripsi)

Oleh

IRKHAM BARIKLANA



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

EFFECT OF THE ADDITION OF MANGOSTEEN PEEL EXTRACT COMPOUNDS AS INHIBITOR OF CALCIUM SULPHATE (CaSO₄) SCALE BY UNSEEDED EXPERIMENT

By

**Irkham Bariklana
1117011022**

It had been done the research about the addition of mangosteen peel extract compounds to decrease negative impacts of CaSO₄ scale formation by unseeded experiment at CaSO₄ concentrations of 0.075, 0.100, and 0.125 M and various inhibitor concentrations of 0, 150, 250, and 350 ppm. The result of qualitative analysis by using *scanning electron microscope* (SEM) showed that size crystal of CaSO₄ without inhibitor were bigger compared to that with inhibitor. While based on quantitative analysis by using *particle size analyzer* (PSA) showed the average size of CaSO₄ crystals without inhibitor was 149,9 μm . But, after the addion of the inhibitor the average size of CaSO₄ crystals was 95,41 μm . Based on percentage (%) of capability to inhibit, the optimum concentration of CaSO₄ was 0,075 M and the inhibitor concentration added was 250 ppm with perecentage of capability to inhibit of 51,18 %.

Key words: CaSO₄, mangosteen peel extract, inhibitor.

ABSTRAK

EFEK PENAMBAHAN SENYAWA EKSTRAK KULIT MANGGIS (*Garcinia mangostana L*) SEBAGAI INHIBITOR KERAK KALSIUM SULFAT (CaSO₄) DENGAN *UNSEEDED EXPERIMENT*

Oleh

**Irkham Bariklana
1117011022**

Pada penelitian ini telah dilakukan penambahan inhibitor senyawa ekstrak kulit manggis untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh kerak CaSO₄ menggunakan metode tanpa penambahan bibit kristal (*unseeded experiment*) pada konsentrasi CaSO₄ sebesar 0,075, 0,100, dan 0,125 M serta variasi konsentrasi inhibitor sebesar 0, 150, 250, dan 350 ppm. Hasil penelitian berdasarkan analisis kualitatif menggunakan *scanning electron microscope (SEM)* menunjukkan bahwa ukuran kristal CaSO₄ tanpa penambahan inhibitor lebih besar dibandingkan dengan penambahan inhibitor sedangkan berdasarkan analisis kuantitatif menggunakan *particle size analyzer (PSA)* menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel kristal CaSO₄ tanpa penambahan inhibitor memiliki ukuran rata-rata sebesar 149,9 μ m sedangkan setelah penambahan inhibitor memiliki ukuran rata-rata sebesar 95,41 μ m. Berdasarkan persentase (%) kemampuan menghambat, konsentrasi optimum larutan pertumbuhan CaSO₄ adalah 0,075 M dan konsentrasi inhibitor yang ditambahkan sebesar 250 ppm dengan hasil persentasi kemampuan untuk menghambat sebesar 51,18 %.

Kata kunci : CaSO₄, ekstrak kulit manggis, inhibitor.

**EFEK PENAMBAHAN SENYAWA EKSTRAK KULIT MANGGIS
(*Garcinia mangostana L*) SEBAGAI INHIBITOR KERAK KALSIUM
SULFAT (CaSO₄) DENGAN *UNSEEDED EXPERIMENT***

Oleh

Irkham Barikjana

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi

: **EFEK PENAMBAHAN SENYAWA EKSTRAK
KULIT MANGGIS (*Garcinia mangostana*
L.) SEBAGAI INHIBITOR KERAK KALSIUM
SULFAT (CaSO_4) DENGAN UNSEEDED
EXPERIMENT**

Nama Mahasiswa

: *Jrkham Darikjana*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1117011022

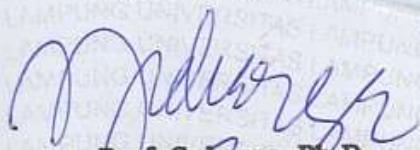
Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

 MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Prof. Suharso, Ph.D.

NIP 19690530 199512 1 001

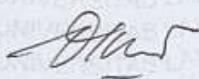
Pembimbing II



Prof. Dr. Buhani, M.Si.

NIP 19690416 199403 2 003

2. Ketua Jurusan Kimia



Dr. Suripto Dwi Yuwono, M.T.

NIP 19740705 200003 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Pengaji

Ketua

: **Prof. Suharso, Ph.D**



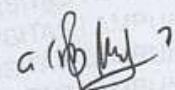
Sekretaris

: **Prof. Dr. Buhani, M.Si.**



Pengaji

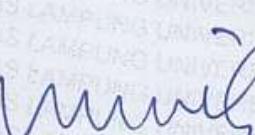
Bukan Pembimbing : **Dr. Mita Rilyanti, M.Si**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.

NIP 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **Januari 2018**

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Jaya Lampung Tengah pada tanggal 2 Agustus 1993, merupakan anak pertama dari 5 bersaudara dari pasangan Bapak Drs. H. Fauzan dan Ibu Munawiroh. Penulis menyelesaikan pendidikan untuk pertama kalinya di Taman Kanak-Kanak Aisyah Bustanul Athfal Bandar Jaya pada tahun 1999.

Menyelesaikan pendidikan di SDN 3 Bandar Jaya pada tahun 2005, SMPN 3 Terbanggi Besar pada tahun 2008 dan MAN 1 Lampung Tengah Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada tahun 2011. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada tahun 2011.

Selama menjadi mahasiswa kimia, penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Dasar 1 Jurusan Matematika FMIPA, praktikum Kimia dasar 1 Jurusan Teknik Hasil Pertanian Fakultas Pertanian, dan Praktikum Kimia Anorganik 1 dan 2 Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Penulis juga aktif dalam Organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Unila sebagai Anggota Bidang Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi masa bakti 2011-2013, Forum

Silaturahmi Lembaga Dakwah Kampus (FSLDK) Lampung sebagai Anggota Komisi B masa bakti 2013-2015, Ikatan Lembaga Mahasiswa MIPA (ILM-MIPA) Indonesia sebagai Kepala Divisi Kastrat masa bakti 2015, BEM FMIPA Unila sebagai Gubernur masa bakti 2014-2015 dan BEM U KBM Unila sebagai Menteri Luar Negeri masa bakti 2015-2016.

Pada tahun 2015 penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan yang berjudul Efek Penambahan Senyawa Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana L*) sebagai Inhibitor Kerak Kalsium Sulfat (CaSO_4) dengan Menggunakan Metode *Unseeded Experiment* di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penulis melaksanakan tugas pengabdian Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pulau Pasaran Teluk Betung Timur Bandar Lampung dari bulan Juli-Agustus 2015.

MOTTO

*Hidup sekali hiduplah yang berarti
(KH. Imam Zarkasyi)*

*Hidup harus punya visi misi besar, tekad kuat, dan
keinginan, cita-cita besar tapi yang perlu diingat sifat dan
sikapnya yang sederhana
(Irkham Bariklana)*

*Masa depan kita terlihat pada buku apa saja yang kita baca
dan dengan siapa kita bergaul
(Irkham Bariklana)*

*Kerjakanlah hal-hal besar, maka kalian akan jadi orang
besar
(DR. KH. Abdullah Syukri Zarkasyi, M.A.)*

*Banyak orang berfikir bagaimana hidup yang baik, tetapi
mereka lupa bagaimana mati yang baik (Khusnul
khotimah)
(KH. Hasan Abdullah Sahal)*

SANWACANA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahi rabbil'almiin, segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala bentuk rahmat, hidayah dan ridho-Nya. Shalawat serta salam teruntuk Nabi Muhammad SAW. Berbekal pengetahuan dan pengalaman yang telah diperoleh, penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul

“ Efek Penambahan Senyawa Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana L.*) Sebagai Inhibitor Kerak Kalsium Sulfat (CaSO_4) Dengan Unseeded Experiment ”

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Dengan segenap jiwa yang dilandasi dengan ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Warsito, S.Si., D.E.A, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, yang telah memberikan saran dan kritik serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Suripto Dwi Yuwono, M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, atas segala bimbingan dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis.

3. Bapak Prof. Suharso, Ph.D selaku pembimbing pertama, atas segala kesabarannya dalam memberikan bimbingan, bantuan, saran, serta motivasinya yang sangat berarti bagi penulis selama penelitian hingga selesaiya skripsi ini.
4. Ibu Prof. Dr. Buhani, M.Si selaku pembimbing kedua atas segala kesabarannya dalam memberikan bimbingan, bantuan, saran, serta motivasinya yang sangat berarti bagi penulis selama penelitian hingga selesaiya skripsi ini.
5. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si selaku pembahas atas segala arahan, saran dan kritik, ilmu serta motivasinya dalam penulisan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung atas ilmu, bimbingan, dan perhatian yang telah diberikan kepada penulis.
7. Seluruh civitas akademik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan serta dukungan kepada penulis.
8. Kedua Orang Tua Penulis Bapak dan Mamak tercinta yang telah memberikan limpahan kasih sayang kepada penulis. Bapak mamak jazakumullah khairan katsiir atas semua do'a yang tak henti-hentinya, perjuangan, keringat, nasehat, semangat, motivasi, dukungan dan segalanya yang telah diberikan kepada penulis, semoga Allah SWT yang maha kuasa senantiasa memberikan kesehatan, memberikan keberkahan umur, menjaga dan melindungi kalian.
Aamiin yaa rabbal 'alaamiin
9. Untuk adik-adik ku tercinta Afin Al Aufi, Sovina Az Zahra, Ahsayna Nafarin, dan Fima Ailin Azka terima kasih banyak atas segala do'a, dukungan, dan yang telah menghibur kakak selama ini. Kakak sayang kalian semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, keberkahan dan kebahagiaan kepada kalian.

10. Untuk kakek-nenek, Mbah Mutinah, Mbah Izuddin dan Mbah Is Jazakumullah khairan ahsaanul jazaa' atas nasehat hidup yang telah diberikan kepada penulis.
11. Sahabat Cah Gemblung, Mblung Ahmad Khairuddin Syam, S.Kom, Mblung Bambang Irawan, S.AB, Mblung Ogi Iskandar, S.AB, dan Mblung Beny Tribiyono, S.Hut (Can), yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.
12. Sahabat-sahabat seperjuangan Ari Susanto, Ade Pamungkas, Ali Akbar Hasibuan, Rizky Eko Prasetyo, Aziez Nur Dwiyansyah, M. Yusri Ahmadhani, Rio Febriyansyah, Arik Irawan untuk doa, semangat, dukungan, kebersamaan dan kerjasamanya.
13. Kawan-kawan seperjuangan 2011 (cheven) di laboratorium anorganik/fisik: Nico Mei Chandra, S.Si., Melly Antika, S.Si., Melli Novita W, S.Si., Dewi Karlina, S.Si., Nopitasari, S.Si., Asti Nurul Aini., S.Si., Rio Wicaksono, S.Si., Dia Tamara, S.Si., Eva Dewi NS, S.Si., Fatma Maharani, S.Si., Sanjaya Yudha G, S.Si., Rina Wijayanti, S.Si., Organik: Ridho Nahrowi, M.Si, Jelita Siahaan S.Si, Miftahurrahman S.Si, Wagiran, S.Si., Junaidi P, S.Si., Yulia Ningsih N, S.Si., Arik Irawan, Mirfat Salim A, S.Si., M. Andri Nosya, S.Si., Rio Febrriansyah. Fisik : Endah Pratiwi, M.Si., Lusi Meliyana, S.Si., Ramos Vicher S.Si., Ivan Halomoan, S.Si., M.Yusry Ahmadani, Jelita PS, S.Si., Vevi Aristiani, S.Si., Umi Fadillah, S.Si., Analitik : Frederica G, S.Si., Daniar Febriliani P, S.Si., Fatimah Milasari, S.Si., Ayu Fitriani, S.Si., Mega Suci HP, S.Si., Lewi Puji L, S.Si., Ari Susanto, Anggino S, S.Si., Mardian Bagus,S.Si., Biokimia : Ayu Berliana, S.Si., Ana Febriani, S.Si., Aprilia Isma D, S.Si., Uswatun H, S.Si., Febri Windi A, S.Si., Aziez Nur, S.Si., Pandegani P,

J.Julianser Nicho, S.Si., Untuk setiap dukungan, dan kebersamaan yang telah kita lalui semoga kita menjadi orang-orang yang sukses.

14. Kakak-kakakku di Kimia angkatan 2010 , Hapin Afriyani, M.Si., Agung Supriyanto S.Si., Hanif Amrullah ZA., M.Si, Prasetyo Ersa, S.Si., Fauziah Mukmin Siddiq., S.Si., Silviana Maya P., S.Si, Faradilla Syani., M.Si, Rina Rachmawati S.Si., Widya Afriliani S.Si., dan yang lainnya yang belum tersebutkan untuk setiap motivasi, saran, dukungan dan semangatnya.
15. Gurunda Ustadz. Dr. Amrul Hamzah, Ustadz. Agung Wibawa, M.Si., dan Ustadz. Syamsul Rizal, M.Si., atas do'a, dukungan dan motivasi kepada penulis.
16. Ikhwatifillah sahabat seperjuangan tarbiyah Yasin Yahya, S.P., Amanda Putra Seta, S.P., Verry Wibowo, Opi Sumardi, Miko Hidayat, Nurkholis Aji, S.AN., Irchas, Beny Afifudin, Nurul Hidayat, Imam Ashari, Syandika, Syahroni, Catur Ade, Aripin, Danu, Reza Bob, S.H., Kak Rahman, M.H., Kak Eko Kurniawan, Kak Habib Nasution, Kak Septian, Kak Evan S, Kak Ari Warsito atas do'a dan motivasinya.
17. Sahabat seperjuangan luar biasa Pimpinan BEM FMIPA Unila 14/15 Kabinet SIAP , M. Sobran Jamil, S.Si., Shintha Yunia Ulfa, S.Si., Rizki Yara Exsa N, S.Si., Ahmad Ari Aldino, S.Si., Nurul Hamidah Chaniago, Dini Khanza, Edi Suryadi, S.Si, Audina Rizky A, S.Si., Rohimatul Anwar, S.Si., Tazkia Nurul, S.Si., Nengah Okta Y, Ridho Nahrowi, M.Si., Wulan Kartikawati, S.Si., Nailul Luthfiah, S.Si., Luna Lukvitasari, S.Si., Sabrina, S.Si., Budi Prayogo, S.Si,

Dewi Citra Ariani, Siti Asiyah, S.Si., Bayu Briandita, Febita Glysenda, Muntamijayanti, Andi, Sepria Herdyansyah, S.Si, Isnaeni Widowati S, S.Kom, Ghazziya Iffa K. Atas dukungan semangat, do'a dan motivasinya.

18. Sahabat seperjuangan Menteri, Asmen Kece BEM U KBM Unila 15/16
Kabinet Muda Bergerak Presiden Bams sikopat, Wapres Deni krik krik, Mbok Naila, Hence nyaring 1 , Bu dokter Ninuk, Ari pendiam, Sang petualang Anggi Arief, Mbok de sunarsih, Anak gunung Sri Rahayu Asmenlu, Kakak Ogi etawa, Novi tepat waktu, Beni Matok ulo, Nintut ceria, Alex bapak sholeh, Nurul chan nyaring 2, Koh Deris, Rizka ndeso, Rijal Ngupi pai, Si Imah, Mong Nadiril, Huda slow, Kanjeng Ayu Palupi, Mak Marel atas semangat bullyan, do'a, dukungan serta motivasi nya.

19. Adik-adik kimia angkatan 2012, 2013, 2014 untuk setiap bantuan, kebersamaan dan semangatnya.

20. Seluruh teman-teman kimia 2009-2016.

21. Almamater tercinta

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amiin.

Bandar lampung, 03 Januari 2018

Penulis,

Irkham Bariklana

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|------------|
| DAFTAR ISI | i |
| DAFTAR GAMBAR | ii |
| DAFTAR TABEL | iii |
| | |
| I. PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Tujuan Penelitian | 4 |
| C. Manfaat Penelitian | 5 |
| | |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| A. Pengendapan Senyawa Anorganik | 6 |
| B. Proses Pengendapan Senyawa Anorganik pada Peralatan Industri..... | 6 |
| C. Kerak | 7 |
| D. Pembentukan Endapan dan Kerak..... | 8 |
| 1. Nukleasi..... | 8 |
| 2. Pertumbuhan Kristal | 9 |
| 3. Aglomerasi | 9 |
| E. Faktor Pembentuk Kristal | 10 |
| 1. Kristalisasi | 10 |
| 2. Kelarutan Endapan | 11 |
| 3. Derajat Lewat-Jenuh (Supersaturasi) | 13 |
| F. Kerak CaSO_4 | 16 |
| 1. Proses Pembentukan CaSO_4 | 17 |
| 2. Pengaruh Terbentuknya Kerak CaSO_4 | 19 |
| G. Metode Pencegahan Terbentuknya Kerak CaSO_4 | 20 |
| 1. Pengendalian pH | 20 |
| 2. Penggunaan Inhibitor Kerak | 21 |
| H. Tanaman Manggis dan Kandungan di dalamnya | 24 |
| I. Komponen Kimia Kulit Manggis | 25 |
| 1. Asam Tanat | 26 |
| J. <i>Seeded</i> dan <i>Unseeded Experiment</i> | 27 |
| K. Instrumentasi SEM..... | 27 |
| L. Instrumentasi PSA (Sedigraf) | 29 |

III. METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|--|----|
| A. Waktu dan Tempat Penelitian | 31 |
| B. Alat dan Bahan | 31 |
| C. Prosedur Penelitian | 32 |
| 1. Pembuatan Ekstrak Kulit Manggis | 32 |
| 2. Pengujian Ekstrak Kulit Manggis sebagai inhibitor dalam Pengendapan Kristal CaSO_4 | 33 |
| a. Penentuan Laju Pertumbuhan CaSO_4 tanpa Penambahan Inhibitor pada Konsentrasi yang Berbeda | 33 |
| b. Penentuan Laju Pertumbuhan CaSO_4 dengan Penambahan Inhibitor pada Konsentrasi yang Berbeda..... | 34 |
| 3. Analisis Data | 35 |

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| A. Analisis Ekstrak Kulit Manggis dengan Menggunakan Spektrofotometer Infra Merah (IR) | 36 |
| B. Penentuan Laju Pertumbuhan Kristal CaSO_4 Dengan Variasi Konsentrasi Larutan Pertumbuhan dan Tanpa Penambahan Inhibitor | 39 |
| C. Penentuan Laju Pertumbuhan CaSO_4 dengan Penambahan Inhibitor pada Konsentrasi Larutan Pertumbuhan yang Berbeda dengan Metode <i>Unseeded Experiment</i> | 40 |
| 1. Penentuan Laju Pertumbuhan Kristal CaSO_4 dengan Variasi Konsentrasi Inhibitor Pada Larutan Pertumbuhan 0,075 M | 41 |
| 2. Penentuan Laju Pertumbuhan Kristal CaSO_4 dengan Variasi Konsentrasi Inhibitor Pada Larutan Pertumbuhan 0,100 M | 42 |
| 3. Penentuan Laju Pertumbuhan Kristal CaSO_4 dengan Variasi Konsentrasi Inhibitor Pada Larutan Pertumbuhan 0,125 M | 43 |
| D. Perbandingan Kemampuan Beberapa Jenis Inhibitor dalam Menghambat Pembentukan Kerak | 45 |
| E. Analisis Berdasarkan Penglihatan Secara Langsung dan Permukaan Kerak CaSO_4 dengan Menggunakan Mikroskop Optik | 48 |
| F. Analisis Morfologi Permukaan Kerak CaSO_4 dengan Menggunakan SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>) | 50 |

| | |
|--|----|
| G. Analisis Distribusi Ukuran Partikel Kerak CaSO ₄ Menggunakan PSA (<i>Particle Size Analyzer</i>)..... | 53 |
|--|----|

V. SIMPULAN DAN SARAN

| | |
|-------------------|----|
| A. Simpulan | 55 |
| B. Saran | 56 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1. Diagram Temperatur – Konsentrasi | 13 |
| 2. Skema Umum Mekanisme Pembentukkan Deposit Kerak Air | 18 |
| 3. Tahapan Kristalisasi | 18 |
| 4. Reaksi Hidrolisis Polifosfat | 23 |
| 5. Kulit Buah Manggis | 25 |
| 6. Struktur Asam Tanat | 26 |
| 7. Skema Bagan SEM | 28 |
| 8. Diagram proses fraksinasi massa dalam sedigraf..... | 30 |
| 9. Spektrum IR ekstrak kulit buah manggis dan asam tanat dari biji buah pinang | 37 |
| 10. Grafik perbandingan pola pertumbuhan inti kristal CaSO_4 dengan variasi konsentrasi larutan pertumbuhan dan tanpa penambahan inhibitor | 40 |
| 11. Grafik pertumbuhan kristal CaSO_4 pada larutan pertumbuhan 0,075 M | 41 |
| 12. Grafik pertumbuhan kristal CaSO_4 pada larutan pertumbuhan 0,100 M | 42 |
| 13. Grafik pertumbuhan kristal CaSO_4 pada larutan pertumbuhan 0,125 M | 44 |
| 14. Mekanisme inhibitor dalam menghambat laju pertumbuhan kristal dalam larutan pertumbuhan..... | 48 |
| 15. Morfologi permukaan kerak CaSO_4 konsentrasi 0,075 M (a) tanpa inhibitor (b) dengan penambahan inhibitor 250 ppm 20 x | 49 |

| | |
|---|----|
| 16. Morfologi kerak CaSO_4 pada konsentrasi 0,075 M (a) tanpa penambahan inhibitor dan (b) dengan penambahan inhibitor 250 ppm pada perbesaran 1000x | 51 |
| 17. Morfologi kerak CaSO_4 pada konsentrasi 0,075 M (a) tanpa penambahan inhibitor dan (b) dengan penambahan inhibitor 250 ppm pada perbesaran 250x | 51 |
| 18. Kristal kerak CaSO_4 (a) sebelum dan (b) sesudah penambahan inhibitor ekstrak kulit buah manggis..... | 52 |
| 19. Grafik distribusi ukuran partikel kerak CaSO_4 0,075 M tanpa inhibitor dan dengan penambahan inhibitor ekstrak kulit manggis 250 ppm..... | 53 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|----------------|
| 1. Data % Efektivitas Inhibitor pada Larutan Pertumbuhan 0,075 M | 42 |
| 2. Data % Efektivitas Inhibitor pada Larutan Pertumbuhan 0,100 M | 43 |
| 3. Data % Efektivitas Inhibitor pada Larutan Pertumbuhan 0,125 M | 44 |
| 4. Data Efektivitas Inhibitor terhadap Pertumbuhan Kerak CaSO ₄ | 45 |
| 5. Kondisi Optimum Berbagai Inhibitor dan Kerak Dalam Meng-hambat Pembentukan Kerak Dengan Metode <i>Unseeded Experiment</i> | 46 |

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengendapan kerak menjadi masalah yang cukup kompleks dan selalu terjadi di ladang-ladang minyak serta dalam operasi produksi minyak bumi, selain itu pengendapan kerak juga terjadi pada proses industri yang melibatkan air garam seperti industri minyak dan gas, proses desalinasi dan ketel serta industri kimia lainnya (Suharso, dkk., 2007, 2009, 2010, 2011, 2014, 2017, 2017a; Suharso dan Buhani, 2011). Kerak merupakan suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang terendapkan dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substansi (Kemmer, 1979).

Salah satu cara untuk mencegah terbentuknya kerak diladang-ladang minyak adalah dengan menginjeksikan bahan-bahan kimia pencegah kerak (*scale inhibitor*) ke dalam air formasi. Penambahan zat aditif tersebut dinamakan sebagai zat inhibitor yang berperan untuk menghambat pembentukan kristal, Namun ada beberapa jenis inhibitor yang mampu merubah morfologi kristal (Suharso dkk., 2004, 2007; Suharso, 2007). Prinsip kerja dari *scale inhibitor* yaitu pembentukan senyawa kompleks (*chelat*) antara *scale inhibitor* dengan unsur-unsur pembentuk

kerak. Senyawa kompleks yang terbentuk larut dalam air sehingga menutup kemungkinan pertumbuhan kristal yang besar dan dapat mencegah kristal kerak untuk melekat pada permukaan pipa (Patton, 1981).

Terbentuknya kerak tersebut telah menjadi masalah yang cukup serius di bidang industri terutama industri minyak dan gas. Salah satu contoh yang merasakan dampak dari terbentuknya kerak tersebut adalah pada industri PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas) yang harus mengeluarkan dana sebesar 6-7 juta dolar untuk mengganti setiap pipa setiap 10 tahun untuk mengatasi masalah kerak (Suharso *et al.*, 2010, 2014, 2017, 2017a).

Pada prinsipnya, kerak CaSO_4 merupakan endapan yang berwarna putih yang tak larut dalam air (Svehla, 1990). Dalam air formasi, ion-ion Ca^{2+} , Ba^{2+} dan Sr^{2+} akan berikatan dengan ion sulfat (SO_4^{2-}) maka menimbulkan terbentuknya endapan BaSO_4 , SrSO_4 dan salah satunya yaitu endapan kerak CaSO_4 . Terbentuknya kerak CaSO_4 pada pipa akan menyebabkan diameter pipa pada peralatan industri semakin kecil dan menghambat aliran fluida pada sistem pipa. Terganggunya aliran fluida menyebabkan suhu semakin naik dan tekanan semakin tinggi sehingga kemungkinan pipa akan pecah (Asnawati, 2001).

Adapun komponen-komponen kerak yang sering dijumpai pada peralatan industri yaitu, kalsium karbonat, kalsium dan seng fosfat, kalsium sulfat, serta silika dan magnesium silikat (Lestari *et al.*, 2004). Beberapa metode yang pernah dilakukan untuk mencegah terbentuknya kerak CaSO_4 pada peralatan-peralatan industri yaitu dengan menurunkan pH larutan melalui penambahan asam, penggunaan senyawa-

senyawa anorganik (Zhang dan Dawe, 2000), asam amino (Manoli *et al.*, 2003) polimer-polimer yang larut dalam air (Donachy and Sikes, 1994, Jones *et al.*, 2002) dan senyawa-senyawa organik lain (He *et al.*, 1999).

Penggunaan metode asam untuk menurunkan pH larutan dengan konsentrasi tinggi terbukti kurang efektif karena dapat meningkatkan laju korosi dan konduktivitas, serta mempunyai tingkat bahaya yang cukup tinggi dalam penanganannya (Lestari, 2008). Selain beberapa metode di atas, pembentukkan kerak dapat dikontrol dengan cara pelunakkan dan pembebasan mineral air, akan tetapi penggunaan air bebas mineral dalam industri-industri besar membutuhkan biaya yang cukup tinggi. Hal ini karena sebagian besar biaya ditujukan untuk menyediakan air bebas mineral.

Berdasarkan beberapa kelemahan tersebut di atas, maka saat ini telah dikembangkan salah satu metode efektif yang dapat digunakan untuk mengurangi laju pertumbuhan kerak yaitu dengan menginjeksikan bahan-bahan kimia pencegah kerak (*scale inhibitor*) ke dalam air formasi. Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan *scale inhibitor* adalah : keefektifan, kestabilan, kecocokan dan biaya. Sifat dari *scale inhibitor* yang sangat diharapkan stabil dalam air pada waktu yang panjang dan temperatur yang tinggi (Cowan, 1976). Hal-hal inilah yang mendasari untuk dilakukan suatu penelitian lebih lanjut mengenai inhibitor kerak baru yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

Pada penelitian ini akan digunakan ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor yang diharapkan mampu menghambat laju pertumbuhan kerak CaSO_4 yang terbentuk di pipa-pipa industri.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa asam tanat (tanin) yang terdapat pada tanaman, seperti tanaman gambir dapat digunakan sebagai *inhibitor* pertumbuhan kerak CaSO_4 . Seperti halnya gambir, senyawa yang terdapat pada kulit manggis adalah tanin dan alkaloid. Kandungan tanin sekitar 16,8% dan yang lainnya seperti xanthon, flavonoid, dan lain-lain sehingga memungkinkan tanaman ini untuk dijadikan inhibitor yang cukup efektif dalam menghambat laju pertumbuhan kerak CaSO_4 pada pipa-pipa industri (Asmarani, 2010).

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini dipelajari tentang pengaruh penambahan ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor kerak CaSO_4 dengan konsentrasi yang berbeda, untuk mengetahui efektifitas terbaik terhadap pertumbuhan kerak CaSO_4 .

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mempelajari manfaat penambahan senyawa asam tanat dari ekstrak kulit buah manggis sebagai inhibitor kerak CaSO_4 pada konsentrasi yang berbeda.

2. Mendapatkan perbandingan efektivitas penambahan senyawa asam tanat dari ekstrak kulit buah manggis sebagai inhibitor kerak CaSO_4 .
3. Mengetahui keefektivian senyawa asam tanat dari ekstrak kulit buah manggis sebagai inhibitor kerak CaSO_4 melalui analisis morfologi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* dan analisis distribusi ukuran partikel dengan menggunakan *Particle Size Analyzer*.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang kemampuan dari beberapa inhibitor sehingga dapat dikembangkan untuk memperoleh inhibitor kerak yang lebih efektif, terutama untuk mencegah pembentukan kerak pada peralatan-peralatan industri sehingga dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh pembentukan kerak tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam tinjauan pustaka ini akan diuraikan mengenai hal-hal yang berhubungan dengan kerak, proses pembentukan kerak, pencegahan dan jenis-jenis analisis, antara lain:

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

B. Proses 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 kerak (Weijnen *et al.*, 1983 ; Maley, 1999).

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. Dalam keadaan larutan lewat jenuh beberapa molekul akan bergabung membentuk inti kristal. Inti kristal ini akan terlarut kembali jika ukurannya lebih kecil dari ukuran partikel 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, dari kristal kecil membentuk kristal dengan ukuran yang lebih besar (penebalan lapisan kerak). Kristal-kristal yang terbentuk mempunyai muatan ion lebih rendah dan cenderung untuk menggumpal sehingga terbentuklah kerak (Lestari, 2008; Hasson dan Semiat, 2005).

Kerak juga dapat terbentuk karena campuran air yang digunakan tidak sesuai. Campuran air tersebut tidak sesuai jika air berinteraksi secara kimia dan mineralnya mengendap jika dicampurkan. Contoh tipe air yang tidak sesuai adalah air laut dengan konsentrasi SO_4^{2-} tinggi dan konsentrasi Ca^{2+} rendah dan air formasi dengan konsentrasi SO_4^{2-} sangat rendah tetapi konsentrasi Ca^{2+} tinggi.

Campuran air ini menyebabkan terbentuknya endapan CaSO_4 (Badr dan Yassin, 2007).

Komponen khas kerak yang sering dijumpai adalah sebagai berikut (Lestari, 2008; Nunn, 1997) :

(i) CaSO_4 , (ii) CaCO_3 : turunan dari kalsium bikarbonat, (iii) Ca dan $\text{Zn}_2(\text{PO}_4)_2$, (iv) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, sejumlah besar kalsium dan ortofosfat. Biasanya dikarenakan air terlalu sering dirawat, (v) Si dengan konsentrasi tinggi, (vi) Fe_2O_3 , senyawa yang disebabkan oleh kurangnya kontrol korosi atau alami berasal dari besi yang teroksidasi, (vii) $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, senyawa yang disebabkan karena pembentukan lapisan film dari inhibitor fosfat, (viii) MnO_2 , mangan teroksidasi tingkat tinggi, (ix) MgCO_3 , magnesium dengan konsentrasi tinggi dan pH tinggi serta CO_2 tinggi.

D. Pembentukan Endapan dan Kerak

Menurut Hasanuddin dkk., (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. 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 mlarut, sebab konsentrasi larutan sekarang belum diketahui harga jenuhnya (Hasanuddin dkk., 2004).

E. Faktor Pembentuk Kristal

Ukuran kristal yang terbentuk selama pengendapan, tergantung terutama pada dua faktor penting, yaitu laju pembentukan inti (nukleasi) dan laju pertumbuhan kristal. Laju pembentukan inti dapat dinyatakan dengan jumlah inti yang terbentuk dalam satuan waktu. Jika laju pembentukan inti tinggi, banyak sekali kristal yang akan terbentuk yang terdiri dari partikel-partikel kecil. Laju pembentukan inti tergantung pada derajat lewat jenuh dari larutan. Semakin tinggi derajat lewat jenuh maka semakin besar kemungkinan untuk membentuk inti baru sehingga akan semakin besar laju pembentukan inti. Laju pertumbuhan kristal merupakan faktor penting lainnya yang akan mempengaruhi ukuran kristal yang terbentuk selama pengendapan berlangsung. Semakin tinggi laju pertumbuhan maka kristal yang terbentuk akan besar. Laju pertumbuhan kristal juga tergantung pada derajat lewat jenuh (Svehla, 1990).

1. Kristalisasi

Menurut Brown (1978) kristalisasi adalah suatu proses pembentukan kristal dari larutannya dan kristal yang dihasilkan dapat dipisahkan secara mekanik. Pertumbuhan kristal dapat terjadi bila konsentrasi suatu zat terlarut dalam larutannya melewati kadar kelarutan lewat jenuhnya pada suhu tertentu. Kondisi kelarutan lewat jenuh dapat diperoleh dengan jalan pendinginan larutan pekat panas, penguapan larutan encer, kombinasi proses penguapan dan pendinginan, dan dengan penambahan zat lain untuk menurunkan kelarutannya.

Kristalisasi memiliki dua tahap proses, yaitu tahap pembentukan inti yang merupakan tahap mulai terbentuknya zat padat baru, dan tahap pertumbuhan kristal yang merupakan tahap inti zat padat yang baru terbentuk mengalami pertumbuhan menjadi kristal yang lebih besar. Dalam kasus ini, proses kristalisasi borak dengan berbagai teknik *in-situ* atau *ex-situ* optical mikroskop sangat membantu untuk memahami proses kristalisasi (Suharso, 2004; 2007a; 2009; 2009a; 2009b; 2010; 2010a; 2010b; 2010c; 2010d; 2012; 2012a; Suharso., dkk, 2007a; 2008)

2. Kelarutan Endapan

Endapan adalah zat yang memisahkan diri sebagai suatu fase padat dari larutan. Endapan mungkin berupa kristal atau koloid, dan dapat dikeluarkan dari larutan dengan penyaringan atau pemusingan. Endapan terbentuk jika larutan menjadi terlalu jenuh dengan zat bersangkutan. Kelarutan (S) suatu endapan, menurut definisi adalah sama dengan konsentrasi molar dari larutan jenuhnya. Kelarutan tergantung berbagai kondisi, seperti temperatur, tekanan, konsentrasi, bahan-bahan lain dalam larutan itu dan pada komposisi pelarutnya.

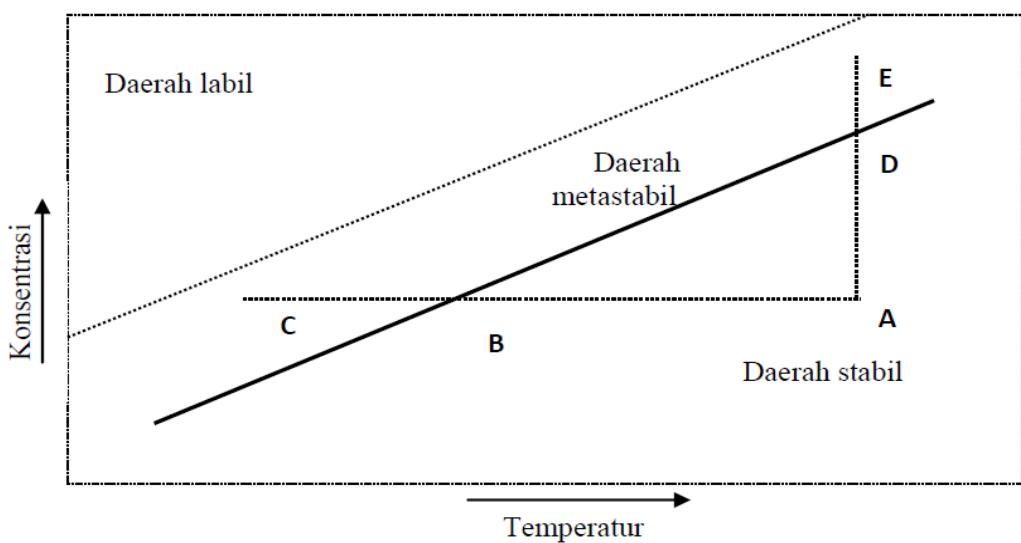
Kelarutan tergantung juga pada sifat dan konsentrasi zat-zat lain, terutama ion-ion dalam campuran itu. Ada perbedaan yang besar antara efek dari ion sejenis dan ion asing. Ion sejenis adalah suatu ion yang juga merupakan salah satu bahan endapan. Umumnya dapat dikatakan bahwa suatu endapan berkurang banyak sekali jika salah satu ion sejenis terdapat dalam jumlah berlebihan, meskipun efek ini mungkin diimbangi dengan pembentukan suatu kompleks yang dapat larut

dengan ion sejenis yang berlebihan itu. Dengan adanya ion asing, kelarutan endapan bertambah, tetapi pertambahan ini umumnya sedikit, kecuali jika terjadi reaksi kimia (seperti pembentukan kompleks atau reaksi asam-basa) antara endapan dan ion asing, pertambahan kelarutannya menjadi lebih besar.

Hasil kali kelarutan memungkinkan kita untuk menerangkan dan juga memperkirakan reaksi-reaksi pengendapan. Hasil kali kelarutan dalam keadaan sebenarnya merupakan nilai akhir yang dicapai oleh hasil kali ion ketika kesetimbangan tercapai antara fase padat dari garam yang hanya sedikit larut dalam larutan itu. Jika hasil kali ion berbeda dengan hasil kali kelarutan, maka sistem itu akan berusaha menyesuaikan, sehingga hasil kali ion mencapai nilai hasil kali kelarutan. Jadi, jika hasil kali ion dengan sengaja dibuat lebih besar dari hasil kali kelarutan, penyesuaian oleh sistem mengakibatkan mengendapnya garam larutan. Sebaliknya, jika hasil kali ion dibuat lebih kecil dari hasil kali kelarutan, kesetimbangan dalam sistem dicapai kembali dengan melarutnya sebagian garam padat ke dalam larutan. Hasil kali kelarutan menentukan keadaan kesetimbangan, tetapi tidak memberikan informasi tentang laju ketika kesetimbangan itu terjadi. Sesungguhnya, kelebihan zat pengendap yang terlalu banyak dapat mengakibatkan sebagian endapan melarut kembali, sebagai akibat bertambahnya efek garam atau akibat pembentukan ion kompleks. Dalam hal ini hasil kali kelarutan dari kalsium sulfat pada temperatur ruang sebesar $2,3 \times 10^{-4}$ mol/L (Svehla, 1990).

3. Derajat Lewat-Jenuh (Supersaturasi)

Larutan lewat jenuh (Gambar 1) adalah larutan yang mengandung zat terlarut lebih besar daripada yang dibutuhkan pada sistem kesetimbangan larutan jenuh. Kondisi kelarutan lewat jenuh dapat diperoleh dengan jalan pendinginan larutan pekat panas, penguapan larutan encer, kombinasi proses penguapan dan pendinginan serta dengan penambahan zat lain untuk menurunkan kelarutannya



Gambar 1. Diagram temperatur-konsentrasi (Wafiroh, 1995)

Garis tebal adalah kelarutan normal untuk zat terlarut dalam pelarut. Garis putus-putus adalah kurva lewat jenuh, posisinya dalam diagram tergantung pada zat-zat pengotor (Wafiroh, 1995). Pada diagram di atas, kondisi kelarutan dibagi dalam tiga bagian yaitu daerah stabil, metastabil, dan daerah labil. Daerah stabil adalah daerah larutan yang tidak mengalami kristalisasi. Daerah yang memungkinkan terjadinya kristalisasi tidak spontan adalah daerah metastabil, sedangkan daerah labil adalah daerah yang memungkinkan terjadinya kristalisasi secara spontan.

Pada diagram temperatur – konsentrasi, jika suatu larutan yang terletak pada titik A dan didinginkan tanpa kehilangan volume pelarut (garis ABC), maka pembentukan inti secara spontan tidak akan terjadi sampai kondisi C tercapai.

Larutan lewat jenuh dapat juga tercapai dengan mengurangi sejumlah volume palarut dari pelarutnya dengan proses penguapan.

Hal ini ditunjukkan dengan garis ADE, yaitu jika larutan pada titik A diuapkan pada temperatur konstan (Wafiroh, 1995).

Menurut Lestari (2008) faktor-faktor yang mempengaruhi timbulnya kerak antara lain yaitu :

1. Kualitas air

Pembentukan kerak dipengaruhi oleh konsentrasi komponen-komponen pembentuk kerak (kesadahan kalsium, konsentrasi fosfat), pH, dan konsentrasi bahan penghambat kerak dalam air.

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 penggerakan mulai meningkat pada temperatur air 50 °C atau lebih dan kadang-kadang kerak terbentuk pada temperatur air diatas 60 °C.

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 maka laju pembentukan kerak hanya seperlima dibanding pada laju alir air 0,2 m /detik.

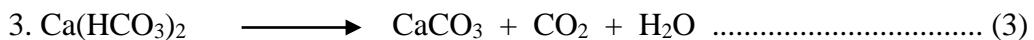
Beberapa reaksi yang menunjukkan terbentuknya endapan (deposit) antara lain (Halimatuddahliana, 2003) :



Kalsium sulfat terdapat dalam air terkontaminasi



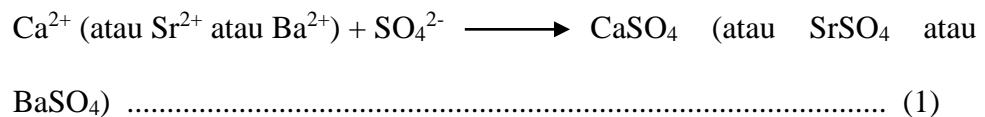
Barium sulfat terdapat dalam air terkontaminasi



Kalsium karbonat terdapat dalam air terkontaminasi karena penurunan tekanan, panas dan agitasi (pengadukan).

Dibawah ini adalah tiga prinsip mekanisme pembentukan kerak (Badr dan Yassin, 2007) :

1. Campuran dua air garam yang tidak sesuai (umumnya air formasi mengandung banyak kation seperti kalsium, barium, dan stronium, bercampur dengan sulfat yang banyak terdapat dalam air laut, menghasilkan kerak sulfat seperti 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 CaCO_3)

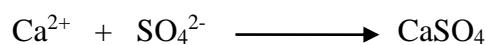


3. Penguapan air garam, menghasilkan peningkatan konsentrasi garam melebihi batas kelarutan dan membentuk endapan garam

F. Kerak CaSO_4

Kalsium adalah logam putih perak dan agak lunak yang diproduksi dengan elektrolisis garam CaCl_2 . Ia melebur pada $845\text{ }^{\circ}\text{C}$, memiliki massa jenis 2,96 dan titik didih $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kalsium membentuk kation kalsium (II), Ca^{2+} , di dalam larutan air. Garam-garamnya biasa berupa bubuk putih dan membentuk larutan yang tak berwarna kecuali anionnya berwarna (Saito, 1996; Svehla, 1990).

Pada dasarnya, CaSO_4 merupakan salah satu endapan penyusun kerak yang menjadi masalah serius pada berbagai besar proses industri yang melibatkan air garam (Amjad, 1998) dan pada operasi produksi minyak bumi (Halimattudahliana, 2003). Kerak CaSO_4 sangat keras dan sulit dibersihkan dengan pencucian kimiawi (Lestari dkk., 2004). Kerak CaSO_4 terbentuk dari reaksi antara ion kalsium (Ca^{2+}) dalam bentuk CaCl_2 dengan ion sulfat (SO_4^{2-}) dalam bentuk Na_2SO_4 yang tidak larut dalam air (Svehla, 1990)



Pada umumnya, CaSO_4 , CaCO_3 dan BaSO_4 merupakan kerak utama yang terbentuk pada berbagai industri (Bakken dan Schoff, 1996). CaSO_4 biasanya akan terbentuk pada temperatur 110°C dan diatasnya.

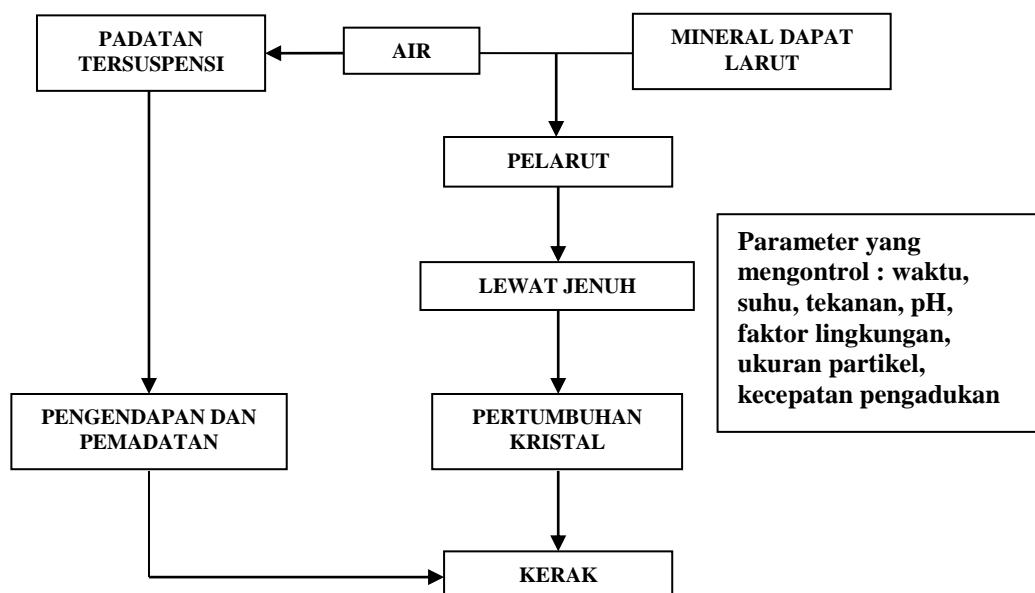
Endapan sulfat lebih keras dan lebih padat daripada endapan karbonat karena kristalnya lebih kecil dan menyemen lebih rapat. Endapan sulfat rapuh, tidak mudah menipis dan tidak membuih ketika dimasukkan ke dalam asam. Kerak CaSO_4 mempunyai tiga tipe yaitu : (1) kalsium hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), (2) kalsium hemidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) dan (3) kalsium anhidrat (CaSO_4) (Lestari dkk.,2004)

1. Proses pembentukan kerak CaSO_4

Mekanisme pembentukan deposit kerak CaSO_4 (Gambar 2) merupakan proses kristalisasi. Kristalisasi adalah peristiwa pembentukan partikel-partikel zat padat dalam 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, dan kemudian sejak itu larutan melewati kondisi lewat jenuh maka terjadilah pertumbuhan

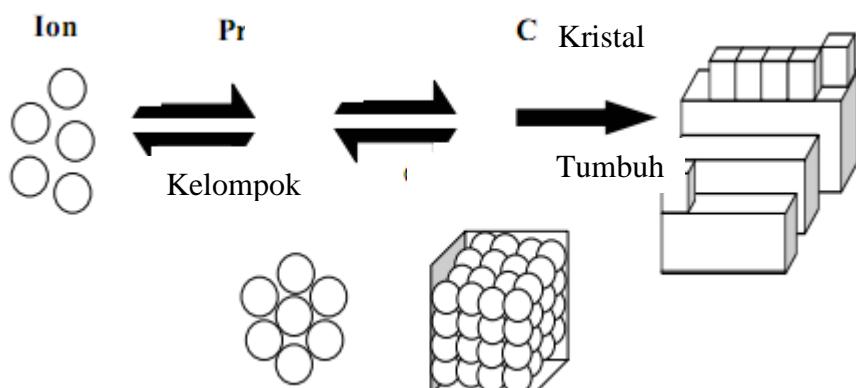
kristal, ukuran kristal bertambah besar dan selanjutnya melalui gaya gravitasi kristal jatuh dan terpisah dari larutan. Mekanisme tersebut memerlukan waktu kontak antara larutan dan permukaan transfer yang memadai.



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

Penjelasan sederhana pembentukan kerak (kristalisasi) ditunjukkan pada

Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan kristalisasi (Zeiher *et al.*, 2003)

2. Pengaruh terbentuknya kerak CaSO_4

Endapan kerak merupakan salah satu masalah penting dan umumnya terbentuk di pipa-pipa peralatan industri. Contohnya pada sistem injeksi air yang umumnya ada di ladang minyak, banyaknya kerak akan menurunkan produksi minyak dan gas (Badr dan Yassin, 2007). Pada penelitiannya, Halimatuddahliana (2003) menyimpulkan bahwa pembentukan kerak pada operasi produksi minyak bumi dapat mengurangi produktivitas sumur akibat tersumbatnya pipa, pompa, dan katub.

Kerak yang terbentuk pada pipa-pipa peralatan industri akan memperkecil diameter dan 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). Endapan kerak yang banyak dijumpai pada peralatan-peralatan industri minyak dan gas, proses desalinasi, ketel serta industri kimia salah satunya adalah kerak CaSO_4 (Badr dan Yassin, 2007; Lestari, 2000). Oleh karena itu, perlu dilakukan pencegahan pembentukan kerak untuk mengurangi atau menghilangkan kerak kalsium sulfat yang terdapat pada peralatan-peralatan industri.

G. Metode Pencegahan Terbentuknya Kerak CaSO_4

Beberapa metode yang digunakan untuk mencegah terbentuknya kerak CaSO_4 pada peralatan-peralatan industri adalah sebagai berikut :

1. Pengendalian pH

Pengendalian pH dengan penginjeksian asam (H_2SO_4 atau HCl) telah lama diterapkan untuk mencegah penggerakan oleh garam-garam kalsium, garam logam bivalen dan garam fosfat. Kelarutan bahan pembentukkan kerak biasanya meningkat pada pH yang lebih rendah. Pada pH 6,5 atau kurang, korosi pada baja karbon, tembaga dan paduan tembaga dengan cepat akan berlangsung dan pH efektif untuk mencegah pengendapan kerak hanyalah pada pH 7,0 sampai 7,5. Oleh karena itu, suatu sistem otomatis penginjeksian asam diperlukan untuk mengendalikan pH secara tepat. Lagi pula, H_2SO_4 atau HCl mempunyai tingkat bahaya yang cukup tinggi dalam penanganannya.

Untuk mencegah terjadinya kerak pada air yang mengandung kesadahan tinggi (kira-kira 250 ppm CaCO_3) perlu adanya pelunakan dengan menggunakan kapur dan soda abu (pengolahan kapur dingin). Masalah kerak tidak akan dijumpai bilamana dipakai air bebas mineral karena seluruh garam-garam terlarut dapat dihilangkan. Oleh karena itu pemakaian air bebas mineral merupakan metoda yang tepat untuk menghambat kerak di dalam suatu sistem dengan pembebanan panas tinggi dimana pengolahan konvensional dengan bahan penghambat kerak tidak berhasil (Lestari *et al.*, 2004).

Namun penggunaan air bebas mineral membutuhkan biaya yang cukup tinggi untuk digunakan dalam industri skala besar sehingga dapat menurunkan efisiensi kerja.

2. Penggunaan inhibitor kerak

Pada umumnya, inhibitor kerak adalah bahan kimia yang menghentikan atau mencegah terbentuknya kerak bila ditambahkan pada konsentrasi yang kecil pada air (Halimatuddahliana, 2003). Penggunaan bahan kimia ini sangat menarik, karena dengan dosis yang sangat rendah dapat mencukupi untuk mencegah kerak dalam periode yang lama (Cowan, 1976). Salah satu prinsip kerja dari *scale inhibitor* yaitu pembentukan senyawa kompleks (kelat) antara inhibitor kerak dengan unsur-unsur pembentuk kerak. Senyawa kompleks yang terbentuk larut dalam air sehingga menutup kemungkinan pertumbuhan kristal yang besar (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.

Beberapa syarat-syarat yang harus dimiliki senyawa kimia sebagai inhibitor kerak yaitu :

1. Inhibitor kerak harus menunjukkan kestabilan termal yang cukup dan efektif untuk mencegah terbentuknya air sadah dari pembentukan kerak.
2. Inhibitor kerak harus dapat merusak struktur kristal dan padatan tersuspensi lain yang mungkin akan terbentuk.

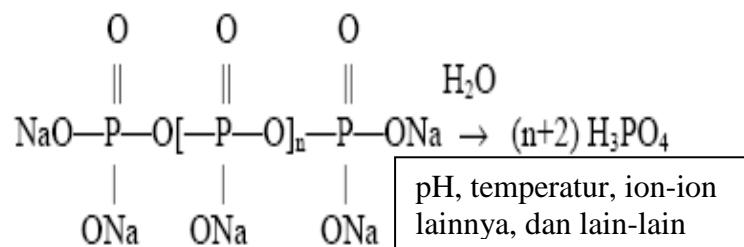
3. Inhibitor kerak juga harus memiliki tingkat keamanan yang tinggi dalam penggunaannya sehingga tidak menimbulkan efek samping yang berbahaya bagi lingkungan sekitar (Al-Deffeeri, 2006).

Mekanisme kerja inhibitor kerak terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Inhibitor kerak dapat teradsorpsi pada permukaan kristal kerak pada saat mulai terbentuk. Inhibitor merupakan kristal yang besar yang dapat menutupi kristal yang kecil dan menghalangi pertumbuhan selanjutnya.
2. Dalam banyak hal bahan kimia dapat dengan mudah mencegah menempelnya suatu partikel-partikel pada permukaan padatan (Suharso *et al.*, 2007).

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. Sedangkan 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 merupakan inhibitor kerak yang murah namun keefektifannya terbatas. Keunggulan polifosfat sebagai inhibitor kerak CaSO_4 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 (Al-Deffeeri, 2006). Reaksi hidrolisis polifosfat (Gambar 4). merupakan fungsi dari temperatur, pH, waktu, dan adanya ion-ion lain.



Gambar 4. Reaksi hidrolisis polifosfat

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).

H. Tanaman Manggis dan Kandungan di dalamnya

Manggis dengan nama latin *Garcinia mangostana* Linn. Merupakan tanaman buah berupa pohon yang banyak tumbuh secara alami pada hutan tropis di kawasan Asia Tenggara, seperti di Indonesia, Malaysia, dan Thailand. Tanaman manggis mudah dijumpai di Indonesia dari Sabang hingga Merauke. Tanaman yang sekerabat dengan kandis ini dapat mencapai tinggi 25 m dengan diameter batang mencapai 45 cm. Pohon manggis mampu tumbuh dengan baik pada ketinggian 0-600 m dpl, suhu udara rata-rata 20-30°C, pH tanah berkisar 5-7. Lahan dengan pH asam seperti di lahan gambut, manggis tetap mampu tumbuh dengan baik. Curah hujan yang sesuai untuk pertumbuhan manggis berkisar 1500-3000 mm/tahun yang merata sepanjang tahun (Mardiana, 2012).

Pohon manggis memiliki cabang yang teratur, berkulit cokelat, dan bergetah. Bentuk buahnya khas, kulitnya berwarna merah keunguan (Gambar 5) ketika matang, terdapat varian warna lain di kulit, yakni merah cerah. Buah manggis memiliki beberapa ruang atau segmen dengan satu biji pada tiap segmennya, namun yang dapat menjadi biji sempurna hanya 1-3 biji. Setiap biji diselubungi oleh selaput berwarna putih bersih, halus, disertai rasa segar. Secara organoleptik, rasa manggis cenderung seragam, yaitu manis, asam, sedikit sepat (Mardiana, 2011).

Menurut Tjitrosoepomo (1994), kedudukan taksonomi dari *Garcinia mangostana*

Linn. yaitu :

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Sub divisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Guttiferales

Famili : Guttiferae

Genus : *Garcinia*

Spesies : *Garcinia mangostana* Linn.



Manggis (Garcinia mangostana.L)

Gambar 5. Kulit Buah Manggis

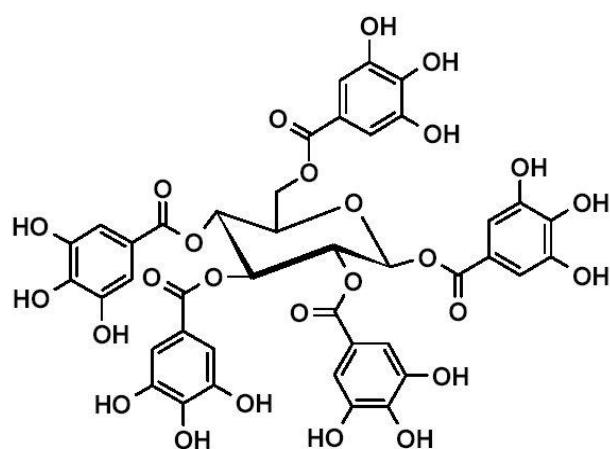
I. Komponen Kimia Kulit Manggis

Kulit buah manggis juga banyak mengandung senyawa– senyawa organik seperti tannin, xanthan, flavonoid, katekin, pektin, rosin, dan zat pewarna, sehingga sering dimanfaatkan untuk bahan pembuat cat anti karat. Banyaknya kandungan tanin di dalam kulit buah manggis ini menjadikan kulit buah manggis kemungkinan dapat dipakai untuk menghambat laju reaksi korosi baja. Kemudian kulit buah manggis sering hanya dibuang dan tidak bisa dimanfaatkan dengan maksimal. Disamping itu harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan inhibitor sintetik seperti tanin murni. Tiga puluh persen bagian dari buah manggis yaitu buahnya dapat dimakan, dan sisanya adalah kulit yang tidak dapat dimakan, sehingga tidak termanfaatkan dan menjadi sampah (Sangkhapaitoon *et al.*, 2008). Tanin yang terkandung dalam kulit manggis yaitu sebanyak 16,8% (Ngamsaeng and Wanapat, 2004).

Kandungan metabolit sekunder dalam kulit buah manggis yaitu *tannin* dan *xanthone*. *Xanthone* merupakan substansi kimia alami yang tergolong senyawa *polyphenolic*. *Xanthone* sangat bermanfaat untuk kesehatan tubuh sebagai antioksidan, antiproliferatif, antiinflamasi dan antimikroba (Mardiana, 2011).

1. Asam Tanat

Asam tanat (Gambar 6) merupakan unsur dasar dalam zat warna kimia tanaman. Asam tanat banyak terdapat dalam kayu oak, walnut, mahogani, 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 terestrisifikasi 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 6. Struktur Asam Tanat (Hagerman, 2002)

J. Seeded dan Unseeded experiment

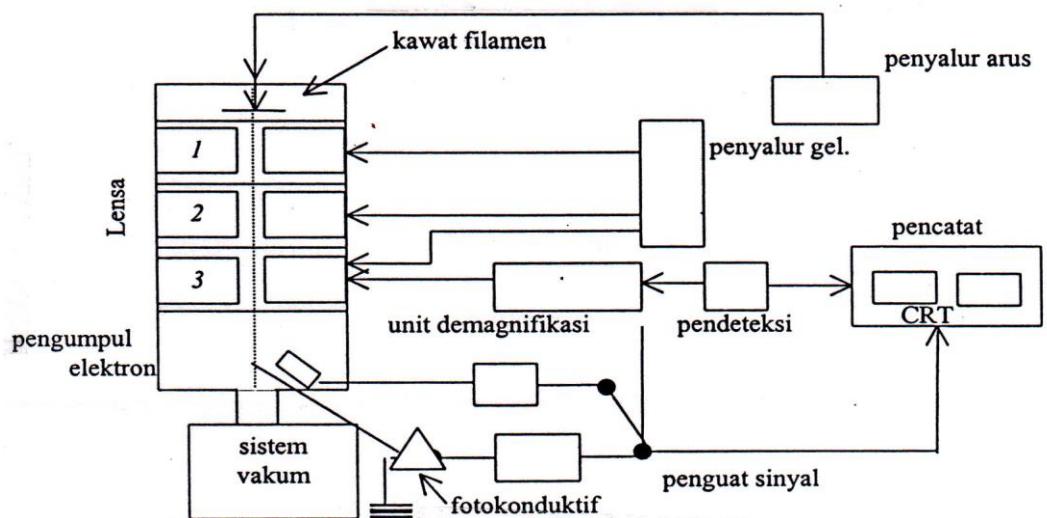
Seeded experiment merupakan salah satu metode pembentukkan kristal dengan cara menambahkan bibit kristal ke dalam larutan pertumbuhan. Penambahan bibit kristal dilakukan untuk mendorong terjadinya proses kristalisasi dengan lebih cepat. Adanya area permukaan bibit kristal akan mempermudah pertumbuhan kristal menjadi lebih besar. Semakin cepat terjadinya proses kristalisasi maka akan semakin cepat laju pertumbuhan inti kristal kalsium sulfat untuk membentuk kristal yang lebih besar (Hardie, 1967; Bremere, 1999). *Unseeded experiment* merupakan salah satu metode pembentukkan kristal dengan cara tanpa menambahkan bibit kristal ke dalam larutan pertumbuhan.

K. Instrumentasi SEM

Scanning electron microscope adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang dapat mengamati dan menganalisis karakteristik struktur mikro dari bahan padat yang konduktif maupun yang nonkonduktif. Sistem pencahayaan pada SEM menggunakan radiasi elektron yang mempunyai $\lambda = 200 - 0,1 \text{ \AA}$, daya pisah (resolusi) yang tinggi sekitar 5 nm sehingga dapat dicapai perbesaran hingga ± 100.000 kali (Gambar 8) dan menghasilkan gambar atau citra yang tampak seperti tiga dimensi karena mempunyai *depth of field* yang tinggi. Sehingga SEM mampu menghasilkan gambar atau citra yang lebih baik dibandingkan dengan hasil mikroskop optik.

Aplikasi mikroskop elektron ini tidak hanya terbatas pada analisis logam dan paduan di bidang metalurgi, melainkan dapat diaplikasikan di berbagai bidang lain, seperti farmasi, pertanian, biologi, kedokteran, dan industri bahan elektronika, komponen mesin serta pesawat terbang.

Pada prinsipnya mikroskop elektron dapat mengamati morfologi, struktur mikro, komposisi, dan distribusi unsur. Untuk menentukan komposisi unsur secara kualitatif dan kuantitatif perlu dirangkaikan satu perangkat alat EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectrometer*) atau WDS (*Wavelength Dispersive X-ray Spectrometer*) (Handayani *et al.*, 1996).



Gambar 7. Skema Bagan SEM (Gabriel, 1985)

L. Instrumentasi PSA (Sedigraf)

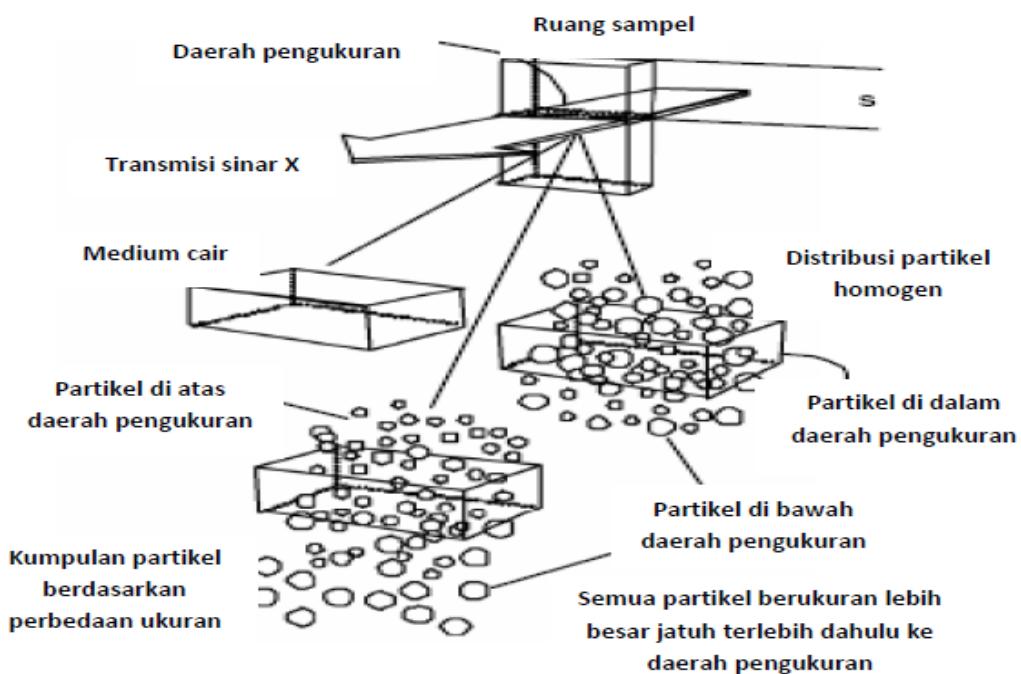
Metode *sedigraf* digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel yang secara luas sudah dipakai dalam berbagai aplikasi sejak tahun 1967. Instrumentasi ini sudah melalui pembuktian dalam kecepatan, kemampuan penanganan sampel, dan reduksi data dan presentasi sejak diperkenalkan. Dasar metode analisis, pengukuran partikel dengan mengukur kecepatan dan penentuan fraksinasi massa dengan kerelatifan absorbsi sinar-X pada energi yang rendah.

Sedigraf menggunakan sinar-X sebagai tanda horizontal tipis untuk mengukur konsentrasi partikel massa secara langsung dalam medium cairan. Ini dilakukan pada pengukuran pertama intensitas massa, I_{max} dari garis dasar atau keterangan atau informasi yang ditransmisikan sinar-X yang sudah diproyeksikan melalui medium cairan sebelum pengenalan sampel (Gambar 9). Sebagai sirkulasi cairan yang berkelanjutan, sampel berupa padatan dimasukkan ke wadah cairan dan dicampur sampai penyebaran aliran suspensi sampel berupa padatan homogen dan penyebaran cairan dipompa melalui sel.

Sampel berupa padatan lebih banyak mengabsorbsi sinar-X daripada cairan, oleh karena itu transmisi sinar-X dikurangi. Sejak pencampuran suspensi yang homogen, intensitas diasumsikan sebagai nilai konstan, I_{min} , untuk transmisi sinar-X dalam skala pengurangan yang penuh.

Aliran pencampuran dihentikan dan penyebaran yang homogen dimulai untuk menyelesaikan pentransmisian intensitas sinar-X yang dimonitor pada *depth* - s. Selama proses sedimentasi, partikel yang besar menempati tempat pertama di

bawah zona pengukuran dan pada akhirnya, semua partikel menempati level ini dan yang tertinggal hanya cairan yang bersih. Semakin banyak partikel besar yang menempati di bawah zona pengukuran dan tidak digantikan dengan ukuran partikel yang sama yang menempati dari atas, maka pelemahan sinar-X berkurang (Webb, 2002).



Gambar 8. Diagram proses fraksinasi massa dalam sedigraf (Webb, 2002)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2016 - Maret 2017 di Laboratorium Kimia Anorganik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Analisis menggunakan Spektrofotometer *Infrared* di Laboratorium Kimia Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada. Selain itu, analisis morfologi menggunakan Instrument SEM dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung dan analisis menggunakan instrument PSA (Coulter LS 1000) dilakukan di Laboratorium Sentral FMIPA Universitas Padjadjaran Bandung.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu alat-alat gelas yang sering digunakan di laboratorium, *water bath*, botol-botol plastik, pengaduk magnet, pH meter, oven, neraca analitik merek Airshwoth AA-160, Spektrofotometer *Infrared*, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merek JEOL jsm-6510la serta *Particle Size Analyzer* (PSA) merek Coulter LS 1000.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu CaCl_2 anhidrat dari *Chemical Products*, Na_2SO_4 , akuades, kertas saring, serta senyawa ekstrak kulit manggis.

C. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Ekstrak Kulit Manggis

Ekstrak kulit manggis dibuat dengan cara mengeringkan kulit manggis dengan menggunakan sinar matahari kurang lebih selama 2 minggu kemudian dipotong-potong kulitnya menjadi kecil-kecil, selanjutnya kulit manggis dikeringkan kembali dengan menggunakan oven untuk menghilangkan kadar air yang masih tersisa pada kulit manggis tersebut kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender. Untuk memperoleh ekstrak kulit manggis dengan konsentrasi 1000 ppm, sebanyak 1 gram serbuk kulit manggis dilarutkan dalam akuades hingga volumenya mencapai 1 liter dalam gelas bejana. Larutan tersebut diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 2-3 jam dengan suhu 90 °C kemudian larutan disaring menggunakan kertas saring. Larutan yang telah disaring tersebut adalah ekstrak dari kulit buah manggis yang kemudian diukur nilai keasamannya menggunakan pH universal. Untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam ekstrak kulit manggis dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer IR.

2. Pengujian Ekstrak Kulit manggis Sebagai Inhibitor dalam Pengendapan Kristal CaSO_4

Tahapan untuk menguji ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor dalam pengendapan kristal CaSO_4 dengan metode *unseeded experiment* dilakukan dengan rangkaian percobaan sebagai berikut:

a. Penentuan Laju Pertumbuhan CaSO_4 tanpa Penambahan Inhibitor pada Konsentrasi yang Berbeda

Larutan pertumbuhan dibuat dengan cara melarutkan 0,075 M CaCl_2 dan 0,075 M Na_2SO_4 masing-masing dalam akuades hingga mencapai volume 200 mL. Masing-masing larutan dimasukkan ke dalam gelas kimia dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 15 menit dengan suhu 90°C untuk menghomogenkan larutan. Selanjutnya, kedua larutan tersebut dicampur agar terbentuk kerak CaSO_4 dan diukur nilai pH-nya menggunakan pH universal kemudian dimasukkan ke dalam 6 gelas plastik masing-masing 50 mL dan diletakkan dalam *water bath* pada suhu 90°C selama 15 menit untuk mencapai kesetimbangan. Pengamatan selanjutnya akan dilakukan selama 30 menit pada 6 gelas plastik di dalam *water bath* dan masing-masing setiap lima menit sekali satu gelas diambil sampai gelas ke-6 kemudian setiap larutan dalam gelas tersebut disaring menggunakan kertas saring, endapan dicuci dengan akuades, dan dikeringkan dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80 °C selama 3-4 jam. Percobaan ini diulang dengan variasi konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2SO_4 sebesar 0,075, 0,100, 0,125 M. Selanjutnya, endapan tersebut

ditimbang untuk mengetahui berat kristal yang terbentuk dan didiamkan selama 1 hari.

b. Penentuan Laju Pertumbuhan CaSO_4 dengan Penambahan Inhibitor pada Konsentrasi yang Berbeda

Larutan pertumbuhan dibuat dengan cara melarutkan 0,075 M CaCl_2 dan 0,075 M Na_2SO_4 masing-masing dalam larutan ekstrak kulit manggis 150 ppm hingga mencapai volume 200 mL. Masing-masing larutan dimasukkan ke dalam gelas kimia dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 15 menit dengan suhu 90 $^{\circ}\text{C}$ untuk menghomogenkan larutan. Selanjutnya, kedua larutan tersebut dicampur agar terbentuk kerak CaSO_4 dan diukur nilai pH-nya menggunakan pH universal kemudian dimasukkan ke dalam 6 gelas plastik masing-masing 50 mL dan diletakkan dalam *water bath* pada suhu 90 $^{\circ}\text{C}$ selama 15 menit untuk mencapai kesetimbangan. Pengamatan akan dilakukan selama 30 menit pada 6 gelas plastik didalam *water bath* dan masing-masing setiap lima menit sekali satu gelas diambil sampai gelas ke- 6 kemudian setiap larutan dalam gelas tersebut disaring menggunakan kertas saring, dicuci dengan akuades, dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80 $^{\circ}\text{C}$ selama 3-4 jam. Percobaan ini diulang dengan variasi konsentrasi larutan CaCl_2 dan Na_2SO_4 sebesar 0,075, 0,100 M serta variasi konsentrasi inhibitor 150, 250, dan 350 ppm. Selanjutnya, endapan tersebut ditimbang untuk mengetahui berat kristal yang terbentuk dan didiamkan selama 1 hari untuk melihat morfologi kristal yang terbentuk. Kemudian dilakukan analisis menggunakan mikroskop optik, SEM, dan PSA.

3. Analisa Data

Data yang diperoleh berupa jumlah endapan terhadap waktu dengan variasi konsentrasi larutan pertumbuhan dan variasi konsentrasi inhibitor, masing-masing akan diplot sebagai jumlah endapan terhadap waktu menggunakan Microsoft Excell. Nilai slope yang diperoleh dari masing-masing grafik merupakan pertumbuhan kerak CaSO_4 . Morfologi kerak CaSO_4 sebelum atau sesudah penambahan inhibitor dianalisis menggunakan SEM. Perubahan ukuran partikel dari kelimpahan CaSO_4 pada masing-masing endapan dari setiap percobaan yang dilakukan juga dianalisis dengan PSA.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Senyawa ekstrak kulit buah manggis dapat digunakan sebagai inhibitor dalam menghambat pertumbuhan kerak CaSO_4 dengan metode *unseeded experiment*.
2. Dari masing-masing konsentrasi larutan pertumbuhan 0,075; 0,100; dan 0,125 M, dapat dilihat bahwa konsentrasi inhibitor pada 250 ppm yang lebih efektif dengan % masing-masing 51,18; 40,51; dan 19,12 %.
3. Efektifitas terbesar terlihat pada konsentrasi larutan pertumbuhan 0,075 serta konsentrasi inhibitor 250 ppm dengan persentase 51,18 %.
4. Analisis menggunakan mikroskop optik dan SEM menunjukkan bahwa morfologi permukaan kerak CaSO_4 sebelum penambahan inhibitor lebih padat, tebal dan besar permukaannya dibandingkan sesudah penambahan inhibitor ekstrak kulit manggis yang terlihat lebih kasar dan kecil.

5. Analisis menggunakan PSA menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel kerak CaSO_4 mengalami penurunan setelah ditambahkan inhibitor ekstrak kulit manggis terlihat pada nilai rata-rata dan nilai tengah ukuran partikel kerak CaSO_4 .

B. Saran

Untuk meningkatkan mutu penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran yaitu perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terhadap penghambatan kerak CaSO_4 dengan menggunakan variasi waktu dan konsentrasi inhibitor, serta menggunakan variasi inhibitor yang lain dengan metode yang sama yaitu *unseeded experiment* dalam proses pencegahan kerak. Selain itu perlu dipelajari cara penghambatan senyawa organik yang terdapat pada inhibitor terhadap pertumbuhan kerak CaSO_4 .

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Deffeeri, Noura S. 2006. Heat Transfer Measurement as a Criterion For Performance Evaluation of Scale Inhibition in MSF Plants in in Kuwait. *Desalination*. 204: 423-436.
- Al-Sofi, Mohammed A. K., Hamada T, Tanaka Y., and Saad A. A. 1994. Laboratory Testing of antiscalant Threshold Effectiveness. *Presented in the Second Gulf Water Conference, Bahrain*. I: 66.
- A. Martinod, M. Euvrard, A. Foissy, and A. Neville. 2008. Progressing the understanding of chemical inhibition of mineral scale by green inhibitors. *Desalination*. 220: 345–352.
- Amjad, Z. 1987. Kinetics of crystal growth of calcium sulfate dihydrate, The influence of polymer composition, molecular weight, and solution pH. *Can. J. Chem.* 66: 1529-1536.
- Andayani. S. 2011. *Efek Penambahan Senyawa Ekstrak Senyawa C-Metil-4,10,16,22-Tetrametoksi kaliks(4)Arena pada pembentukan Kerak Kalisum Sulfat (CaSO₄)*. Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Lampung.
- Asmarani. D. 2011. *Pengaruh Penambahan Senyawa Turunan Kalikserena dan Ekstrak Gambir Sebagai Inhibitor Kerak Kalisum Sulfat (CaSO₄)*. Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Lampung.
- Asnawati. 2001. Pengaruh Temperatur Terhadap Reaksi Fosfonat dalam Inhibitor Kerak pada Sumur Minyak. *Jurnal ILMU DASAR*. 2(1): 20.
- Badr, A. and Yassin A. A. M. 2007. Barium Sulfate Scale Formation in Oil Reservoir During Water Injection at High-Barium Formation Water. *Journal of Applied Sciences*. 7(17): 2393-2403.
- Brown, G. G. 1978. *Unit Operasi*. John Willey and Sons. Tokyo.
- Cowan, J. C. and Weintritt D. J. 1976. *Water-Formed Scale Deposit*. Houston. Texas. Gulf Publishing Co.

- Dasuki, U. 1991. *Sisitematika Tumbuhan Tinggi*. Bandung: Pusat Universitas Ilmu Hayati ITB.
- Dewi, D.F., dan Masduqi A. 2003. Penyisihan Fosfat dengan Proses Kristalisasi dalam Reaktor Terfluidasi Menggunakan Media Pasir Silika. *Jurnal Purifikasi*. 4(4): 151-156.
- Donachy, J. E and Sikes C. S. 1994. Thermal Polycondensation Synthesis of Biomimetic Serine-Containing Derivatives Polyaspartate: Potent Inhibitors of Calcium Carbonate Phosphate Crystallisation. *J. Polymer Science*. 32: 789-795.
- Engleson, J. 2008. *Scale Inhibitors*. Avista Technologies, Inc. 133 North Pacific Street, San Marcos.
- Gabriel, Bl. 1985. *SEM : A User's Manual for Material Science*. American Society for Metal.
- Gill, J. S. 1999. A Novel Inhibitor For Scale Control in Water Desalination. *Desalination*. 124: 43-50.
- Hagerman, A.E. 2002. *Condensed Tannin Structural Chemistry*. Department of Chemistry and Biochemistry, Miami University, Oxford, OH 45056.
- Halimatuddahliana. 2003. Pencegahan Korosi dan Scale Pada Proses Produksi Minyak Bumi. *Laporan Penelitian Universitas Sumatera Utara*. Medan.
- Hamed, Osman A., Mohammad A.K. Al-Sofi, Ghulam M. Mustafa, and Dalvi A.G. 1997. The Performance of Different Aantscalants in Multi-Stage Flash Distillers. *Acquired Experience Symposium*. Al-Jubail.: 1558-1574.
- Hasson, D. and Semiat R. 2005. Scale Control in Saline and Wastewater Desalination. *Israel Journal of Chemistry*. 46: 97-104.
- He, S., Kan A. T., and Tomson M. B. 1999. Inhibition of Calcium Carbonate Precipitation in NaCl Brines From 25 to 90°C. *Applied Geochemistry*. 14: 17-25.
- Jones, F., Mocerino M., Ogden M., Oliveria A., and Parkinson Gm. 2005. *Bio-inspired Calix[4]Arene Additives for Crystal Growth Modification of Inorganic Materials*. *Crystal Growth and Design*. 5: 2336-2343
- Kemmer, F. N. 1979. *The Nalco Water Hand Book*. Nalco Chemical Co. Mc Graw Hill Book CO. New York. 20: 1-19.

- Khaled, Kf. 2008. *New Synthesized Guanidine Derivates as a Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acidic Solution. Internasional Journal of Electrochemical Science.* 3: 462-475.
- Lafifah, dan Siti Nurul. 2000. Estimasi Pembentukan Endapan Alkali dalam Proses Desalinasi Secara MSF. *Prosiding Penelitian Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir-VI. P2TKN-Batan.* Serpong.
- Lestari, D.E. 2000. Penelusuran Unsur Pembentuk Kerak pada Sistem Pendingin Sekunder Reaktor GA Siwabessy dengan Metoda Analisis Aktivasi Neutron (AAN). *Prosiding Hasil Penelitian P2TRR.* Hal 115-121.
- Lestari, D. E., Sunaryo, G. R., Yulianto, Y. E., Alibasyah S., dan Utomo S. B. 2004. Kimia Air Reaktor Riset G.A.Siwabessy. *Makalah Penelitian P2TRR dan P2TKN BATAN.* Serpong.
- Lestari, D.E. 2008. *Kimia Air, Pelatihan Operator dan Supervisor Reaktor Riset.* Pusat Pendidikan dan Pelatihan BATAN. Serpong.
- Maley, M. 1999. *Inhibition of Calcite Nucleation and Growth Using Phosphonate.* Curtin University of Technology Western Australia. Australia.
- Mardiana, L. 2012. *Ramuan dan Khasiat Kulit Manggis.* Jakarta: Penebar Swadaya.
- Miksic, Boris A., Margarita A., Kharshan, and Alla Y. F. 2005. *Vapor Corroption and Scale Inhibitors Formulated from Biodegradable and Renewable Raw Materials. European Symposium on Corrosion Inhibitors.*
- Maya, S.P. 2014. Pemanfaatan Ekstrak Biji Pinang Sebagai Inhibitor Kerak Kalsium Sulfat (CaSO₄) Dengan Metode *Unseeded Experiment.* Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Lampung.
- Manoli, F., Kanakis, J., Malkaj, P and Dalas, E. 2003. The Effect of Aminoacids on The Crystal Growth of Calsium Carbonate. *Journal of Crystal Growth.* 53: 105-111.
- Nunn, R.G. 1997. *Water Treatment Essentials for Boiler Plant Operation.* Mc Graw Hill. New York. Capillary Zone Electrophoresis. Elsevier B.V. *Journal of Chromatography A.* 934: 113-122.
- Patel, S. 1999. New antifoulants for deposit control in MSF and MED plants. *Elsevier Science B.V. Desalination* 124. 63-74.

- Patton, C. 1981. *Oilfield Water System. 2 ed. Cambeel Petroleum Series.* Oklahoma.: 49-79.
- Saito, T. 1996. *Buku Teks Kimia Anorganik Online.* Alih Bahasa oleh Ismunandar. Diakses melalui www.google.com pada tanggal 27 Januari 2015 pukul 15.00 WIB.
- Salimin, Z., dan Gunandjar. 2007. Penggunaan EDTA sebagai Pencegah Timbulnya Kerak pada Evaporasi Limbah Radioaktif Cair. *Prosiding PPI – PDIPTN. Pustek Akselerator dan Proses Bahan – BATAN.* Yogyakarta.
- Soekardjo, S. 1995. *Kimia Medicinal.* Surabaya :Airlangga.
- S. Patel, M.A. Finan. 1999. New antifoulants for deposit control in MSF and MED plants. *Desalination* 124 :63–74.
- Suharso. 2004. Effect of Sodium Lauryl Sulphate (SLS) on Growth Rate and Morphology of Borax Crystals. *Jurnal Sains & Teknologi.* 10(3): 165-172.
- Suharso, Buhani, T. Suhartati., dan L. Aprilia. 2007. Sintesisc-Metil-4, 10, 16, 22-Tetrametoksi Kaliks [4] Arena dan Peranannya Sebagai Inhibitor Pembentukan Kerak Kalsium Karbonat (CaCO_3). *Laporan Akhir Program Insentif. Universitas Lampung.* Bandar Lampung.
- Suharso. 2007a. Effect of Sodium Dodecylbenzenesulfonic Acid (SDBS) on The Growth Rate and Morphology of Borax Crystal. *Indonesian Journal of Chemistry.* 7(1): 5-9.
- Suharso, G. Parkinson, and M. Ogden. 2007b. Effect of Cetyltrimethylammonium Bromide (CTAB) on The Growth Rate and Morphology of Borax Crystals. *Journal of Applied Sciences.* 7(10): 1390-1396.
- Suharso, G. Parkinson, and M. Ogden. 2008. AFM Investigation of Borax (100) Face: Two-Dimensional Nucleation Growth. *Advances in Natural and Applied Sciences.* 2(3): 135-141.
- Suharso, Buhani, and T. Suhartati. 2009. The Role of C-Methyl-4,10,16,22-Tetrametoxy Calix[4]Arene as Inhibitor of Calcium Carbonate (CaCO_3) Scale Formation. *Indonesian Journal of Chemistry.* 9(2): 206 – 210.
- Suharso. 2009. Ex Situ Investigation of Surface Topography of Borax Crystals by AFM: Relation Between Growth Hillocks and Supersaturation Interpreted by Spiral Growth Theory. *Jurnal Matematika & Sains.* 11(4): 140-145.
- Suharso. 2009a. In Situ Measurement of the Growth Rate of the (111) Face of Borax Single Crystal. *Jurnal Matematika & Sains.* 10(3): 101-106.

- Suharso, Buhani, S. Bahri., and T. Endaryanto. 2010. The Use of Gambier Extracts from West Sumatra as a Green Inhibitor of Calcium Sulfate (CaSO_4) Scale Formation. *Asian Journal of Research in Chemistry*. 3(1): 183-187.
- Suharso. 2010a. Characterization of Surface of The (010) Face of Borax Crystals Using Ex Situ Atomic Force Microscopy (AFM). *Indonesian Journal of Chemistry*. 5(3): 274-277.
- Suharso. 2010b. Mechanism of Borax Crystallization Using Conductivity Method. *Indonesian Journal of Chemistry*. 8(3): 327-330.
- Suharso. 2010c. Growth of The (001) Face of Borax Crystals. *Indonesian Journal of Chemistry*. 5(2): 98-100.
- Suharso. 2010d. Growth Rate Distribution of Borax Single Crystals on The (001) Face Under Various Flow Rates. *Indonesian Journal of Chemistry* 6(1): 16-19.
- Suharso dan Buhani. 2011. Efek Penambahan Aditif Golongan Karboksilat dalam Menghambat Laju Pembentukan Endapan Kalsium Sulfat. *Jurnal Natur Indonesia*. 13(2): 100-104.
- Suharso, Buhani, S. Bahri and T. Endaryanto. 2011a. Gambier Extracts as an Inhibitor of Calcium Carbonate (CaCO_3) Scale Formation. *Desalination*. 265(1): 102-106.
- Suharso. 2012. Characterization of Surface of The (100) Face of Borax Crystals Using Atomic Force Microscopy (AFM): Dislocation Source Structure And Growth Hillocks. *Jurnal Sains MIPA Universitas Lampung*. 3(2).
- Suharso. 2012a. Ex Situ Investigation Of The Hollow Cores on The Surface Topography of The (100) Face of Borax Crystals by Atomic Force Microscopy (AFM). *Jurnal Sains MIPA Universitas Lampung*. 4 (1).
- Suharso, Buhani, dan L Aprilia. 2013. Pengaruh Senyawa Turunan Kaliksarena Dalam Menghambat Pembentukan Kerak Kalsium Karbonat (CaCO_3). *Prosiding SEMIRATA 2013*. 1(1).
- Suharso, Buhani, and L. Aprilia. 2014. Influence of Calix[4] Arene Derived Compound on Calcium Sulphate Scale Formation. *Asian Journal of Chemistry*. 26(18): 6155–6158.
- Suharso, Buhani, S.D. Yuwono, and Tugiyono. 2017. Inhibition of Calcium Carbonate (CaCO_3) Scale Formation by Calix[4] Resorcinarene Compounds. *Desalination and Water Treatment*. 68: 32-39.

- Suharso, Tiand Reno, Teguh Endaryanto, and Buhani. 2017a. Modification of Gambier extracts as green inhibitor of calcium carbonate (CaCO_3) scale formation. *Journal of Water Process Engineering*. 18: 1-6.
- Svehla, G. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Alih Bahasa Oleh L. Setiono dan A. H pudjaatmaka. PT. Kalman Media Pustaka. Jakarta.
- Wafiroh, S. 1995. Pemurnian Garam Rakyat Dengan Kristalisasi Bertingkat. *Laporan Penelitian*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Webb, P. A., 2002. *Interpretation of Particle Size Reported by Different Analytical Technique* Diakses melalui www.micromeristics.com pada tanggal 5 Maret 2016 Pukul 14.00 WIB.
- Weijnen, M. P. C., Marchee, W. G. J. and Rosmalen G. M. V. 1983. A Quantification of The Effectiveness of an Inhibitor on The Growth Process of a Scalant. *Desalination*. 47: 81-92.
- Zeicher, E.H.K., Bosco H, and Williams K. D. 2003. Novel Antiscalant Dosing Control. *Elsevier Science B.V. Desalination*. 157: 209-216.
- Zhang, Y and Dawe, R. A. 2000. Influence of Mg^{2+} on The Kinetics of Calcite Precipitation and Calcite Crystal Morphology. *Chemical Geology*. 163: 129-138.