PENGARUH MEDAN MAGNET PADA PRESIPITASI CaCO_3 UNTUK PENCEGAHAN PEMBENTUKAN KERAK

Nelson Saksono, Setijo Bismo, Elsa Krisanti, dan Roekmijati Widaningrum
Laboratorium Termodinamika Energi dan Lingkungan
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus UI Depok 16424
Telp. (021) 7863516, Fax. (021) 7863515
E-mail: nelson@che.ui.edu

Abstrak

Magnetisasi air sadah merupakan proses fisik yang bertujuan menekan terbentuknya kerak (CaCO_3) pada sistem perpipaan dan boiler. Campuran larutan Na_2CO_3 dan CaCl_2 banyak digunakan sebagai model air sadah sintetik guna mengamati pengaruh medan magnet terhadap pembentukan CaCO_3 dalam air sadah. Larutan Na_2CO_3 dimagnetisasi terlebih dahulu sebelum dicampur dengan larutan CaCl_2 . Variabel proses meliputi waktu magnetisasi, waktu presipitasi, kuat medan, dan suhu larutan sampel sementara parameter yang akan diamati adalah jumlah deposit CaCO_3 , jumlah presipitasi total CaCO_3 , dan morfologi deposit CaCO_3 . Perbandingan parameter pengamatan dilakukan terhadap sampel yang dimagnetisasi dan sampel non-magnetisasi. Hasil percobaan menunjukkan adanya penurunan pembentukan deposit dan presipitasi total CaCO_3 pada sampel yang dimagnetisasi dibanding sampel non-magnetisasi. Peningkatan suhu presipitasi CaCO_3 meningkatkan jumlah presipitasi total CaCO_3 dan harga maksimum deposit CaCO_3 yang terbentuk dicapai pada suhu 50°C . Hasil foto mikroskop menunjukkan jumlah partikel CaCO_3 yang terbentuk pada sampel yang dimagnetisasi lebih sedikit dan ukuran partikelnya lebih besar dibanding sampel non-magnetisasi. Hasil uji XRD menunjukkan hanya kristal kalsit yang dominan pada kedua jenis sampel. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa magnetisasi larutan Na_2CO_3 dapat menahan laju pembentukan CaCO_3 dilarutan maupun dipermukaan pada air sadah.

Kata Kunci: Perlakuan Magnetik, Air Sadah, Presipitasi Kalsium Karbonat, Morfologi Deposit CaCO_3 .

Abstract

Hard water magnetizing is applied as physical water treatment for reducing the formation of scale (CaCO_3) in piping equipment and boiler. Na_2CO_3 and CaCl_2 solution had been used as sample of hard water in many researches to investigate the influence of magnetic fields on CaCO_3 formation. Na_2CO_3 solution had been magnetized first before it was mixed with CaCl_2 solution. By changing the strength of magnetic fields, exposed time, precipitated time, and temperature of sample, this study presents quantitative results of total scale deposit, total precipitated CaCO_3 , and morphology of the deposits. This research was run by comparing magnetically and non-magnetically-treated samples. The results showed a decrease of deposits formation rate and total amount of precipitated CaCO_3 of magnetically-treated samples. An increase in precipitation temperature increased the total amount of precipitated CaCO_3 and the maximum precipitation was achieved at the 50°C . Microscope images showed that a smaller amount but larger size of CaCO_3 particles formed in magnetically-treated samples. X-ray diffraction (XRD) analysis showed that samples contain mostly calcite. This research's result showed that magnetization of Na_2CO_3 solution could reduce formation rate of CaCO_3 , either in solution or in the surface of hard water.

Keywords: Magnetic Treatment, Hard Water; Calcium Carbonate Precipitation; CaCO_3 Deposit Morphology

1 Pendahuluan

Pembentukan kerak pada dinding pipa dan unit-unit operasi akibat kesadahan air yang tinggi merupakan masalah serius yang sering dijumpai di dalam industri. Pada umumnya, deposit kerak tersebut tersusun dari senyawa-senyawa yang kelarutannya rendah, seperti kalsium karbonat (CaCO_3).

Saat ini pengolahan air sadah untuk pencegahan pembentukan kerak umumnya dilakukan secara kimiawi yaitu dengan resin penukar ion dan penambahan inhibitor kerak. Metode secara kimiawi ini dapat mengubah sifat kimia larutan sehingga tidak cukup aman untuk penggunaan rumah tangga maupun industri makanan dan minuman. Selain itu investasinya yang cukup besar menyebabkan proses-proses kimiawi hanya cocok untuk industri yang memerlukan air olahan dalam jumlah besar. Pemanfaatan medan magnet untuk mencegah pembentukan kerak (CaCO_3) merupakan metode yang menjanjikan mengingat prosesnya sederhana dan tidak merubah sifat-sifat kimia air (Kozic dkk., 2003).

Model larutan air sadah yang banyak digunakan oleh para peneliti untuk melihat proses pembentukan partikel CaCO_3 adalah campuran larutan Na_2CO_3 dan CaCl_2 . Persamaan reaksinya dapat ditulis pada persamaan (1):

Air sadah umumnya mengandung ion-ion seperti CO_3^{2-} dan Ca^{2+} yang berpotensi membentuk kerak CaCO_3 . Higashitani dkk. (1993) dalam percobaannya mendapatkan bahwa magnetisasi ion CO_3^{2-} pada larutan Na_2CO_3 yang dilanjutkan dengan pencampuran dengan larutan CaCl_2 ternyata mampu menahan pembentukan CaCO_3 di fasa larutan. Percobaan tersebut dilakukan dengan mengamati absorbansi dari pencampuran larutan Na_2CO_3 yang telah dimagnetisasi dengan larutan CaCl_2 menggunakan spektrofotometer UV. Hasil pengamatan Barret dkk. (1998) dan Hoysz dkk. (2003) memperkuat hasil yang diperoleh Higashitani. Sebaliknya Kney dkk. (2006) dengan menggunakan metode yang sama tidak mendapatkan adanya pengaruh medan magnet terhadap harga absorbansi larutan. Presipitasi partikel CaCO_3 dapat terjadi di fasa larutan dan di fasa permukaan berupa deposit. Total presipitasi CaCO_3 merupakan gabungan presipitasi dari kedua fase tersebut. Higashitani (1993) juga mengamati morfologi deposit CaCO_3 dan mendapatkan adanya penurunan jumlah partikel dan peningkatan ukuran partikel CaCO_3 pada sampel yg dimagnetisasi.

Morfologi partikel CaCO_3 yang terbentuk dapat berupa amorf dan juga polimorf berupa kristal kalsit, aragonit dan vaterit. Kristal kalsit merupakan kristal yang paling banyak dijumpai pada kerak CaCO_3 , dan bersifat menempel kuat di permukaan (*hard scale*). Aragonit dijumpai sebagai kerak CaCO_3 yang mudah terlepas dari dinding (*soft scale*), sedangkan vaterite bersifat tidak stabil dan bertransformasi lanjut menjadi kalsit (Abdel dkk., 2002). Knez dkk. (2005) dan Kobe dkk. (2002) dengan memakai larutan CaCO_3 pada kuat medan magnet di atas 1 T mendapatkan adanya peningkatan aragonit pada fasa larutan. Chibowski dkk. (2003) dan Higashitani dkk. (1993) dengan memakai larutan Na_2CO_3 dan CaCl_2 tidak mendapatkan peningkatan jumlah aragonit yang signifikan pada larutan. Dengan adanya perbedaan mekanisme pembentukan partikel CaCO_3 di fasa larutan (*homogeneous precipitation*) dan di fasa permukaan (*heterogeneous precipitation*) (Ben Amor dkk., 2004), maka diperlukan suatu pengamatan presipitasi dan morfologi CaCO_3 di fasa permukaan dari ion CO_3^{2-} yang telah dimagnetisasi.

Tujuan studi ini adalah mengkaji fenomena presipitasi CaCO_3 baik di fasa larutan maupun di permukaan pada larutan Na_2CO_3 yang telah dimagnetisasi. Morfologi deposit CaCO_3 yang terbentuk sebagai hasil presipitasi juga akan diselidiki guna mendapatkan pemahaman yang utuh terhadap fenomena ini.

2. Fundamental

Mekanisme presipitasi partikel CaCO_3 pada air sadah merupakan proses kesetimbangan kompleks baik pada fasa larutan maupun pada fasa permukaan yang dipengaruhi oleh kesadahan air, suhu, pH, dan alkalinitas. Model larutan air sadah yang banyak digunakan oleh para peneliti adalah menggunakan larutan Na_2CO_3 dan CaCl_2 dengan reaksi sebagai berikut:

Proses ini berjalan spontan terutama di fasa larutan.

Pembentukan partikel CaCO_3 dalam larutan diawali dengan peristiwa nukleasi (partikel CaCO_3 yang sangat kecil) kemudian tumbuh membentuk CaCO_3 amorf berukuran lebih besar. CaCO_3 amorf selanjutnya bertransformasi (rekristalisasi) membentuk kristal vaterit berbentuk bola dan kalsit berbentuk kotak.

Kristal vaterit bersifat metastabil dan akan bertransformasi lebih lanjut menjadi kalsit terutama pada suhu 20 – 30°C (Abdel dkk., 2002). Pada suhu diatas 60°C, selain kalsit juga terbentuk kristal aragonit.

Kenaikkan suhu menyebabkan laju presipitasi CaCO_3 meningkat terutama di fasa larutan. Ben Amor (2004) dengan menggunakan larutan CaCO_3 mendapatkan bahwa pada suhu kamar dan kesadahan rendah, presipitasi didominasi fasa permukaan, sedangkan pada kesadahan dan suhu tinggi, presipitasi di fasa larutan akan semakin dominan.

Dalam larutan air sadah sintetik terkandung ion CO_3^{2-} dan partikel CaCO_3 yang jika terkena medan magnet memiliki dampak dan mekanisme presipitasi yang berbeda. Terdapat beberapa macam mekanisme presipitasi, antara lain magnetisasi ion, magnetisasi partikel, dan gaya lorentz. Magnetisasi ion CO_3^{2-} pada larutan Na_2CO_3 akan menyebabkan molekul-molekul H_2O yang terikat lemah disekitar ion CO_3^{2-} dan bersifat quasi-stabil dan dibuat lebih teratur (*structured*) oleh adanya medan magnet sehingga saat pencampuran dengan ion Ca^{2+} akan dapat menahan laju nukleasi CaCO_3 (Higashitami dkk., 1998).

Peristiwa magnetisasi partikel misalnya terjadi pada partikel CaCO_3 . Partikel CaCO_3 yang bersifat paramagnetik, jika terkena medan magnet akan mengalami gaya tarik menarik antar partikel yang mendorong terjadinya agregasi. (Wang dkk., 1997).

Jika suatu ion bermuatan seperti ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} bergerak melewati medan magnet maka akan mengalami efek gaya lorentz yang dapat menyebabkan pergeseran ion atau partikel bermuatan yang terlihat dari meningkatnya proses presipitasi. Efek ini terjadi untuk sistem air sadah yang bergerak melintasi medan magnet (Gabrielli dkk., 2001). Medan magnet juga dapat mendorong terbentuknya kristal aragonit di fasa larutan (Knez dkk., 2005). Kobe (2002) menyimpulkan bahwa medan magnet dapat menurunkan energi pembentukan kristal aragonit, sehingga dapat terbentuk meskipun pada suhu kamar.

Dalam larutan air sadah, keberadaan ion-ion lebih dominan dibanding partikel, oleh karena itu magnetisasi ion akan digunakan dalam percobaan ini guna mengamati lebih dalam mekanisme presipitasi CaCO_3 di permukaan dan di larutan. Suhu presipitasi dan

morfologi deposit CaCO_3 yang terbentuk merupakan aspek penting yang akan diamati dalam percobaan ini guna menjawab fenomena yang terjadi.

3. Metodologi

Larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 dibuat dengan melarutkan padatan CaCl_2 dan Na_2CO_3 p.a dengan air demin (resistivity 18 M) untuk menghasilkan larutan dengan konsentrasi 0,010 M.

Medan magnet statik dihasilkan dari sepasang magnet permanen berbasis Neodymium yang diletakkan pada rangka almunium dengan jarak antar kutub-kutubnya 15 mm. Kuat medan di tengah-tengah dua kutub tersebut dihasilkan sebesar 5200 Gauss menggunakan alat ukur Gaussmeter (Hirst GM 04). Dimensi setiap keping magnet adalah 100 mm x 15 mm x 20 mm. Kuat medan magnet induksi divariasikan dengan mengatur jarak antar magnet sehingga didapat kuat medan sebesar 5200, 4000, dan 2000 Gauss.

Skema prosedur percobaan dapat dilihat pada Gambar 1. Larutan 0,01 M Na_2CO_3 sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi gelas (15 mm OD x 140 ml H) untuk dimagnetisasi dengan kuat medan dan waktu magnetisasi tertentu. Setelah larutan Na_2CO_3 dimagnetisasi ditambah dengan 10 ml larutan CaCl_2 untuk diamati proses presipitasinya.

Gambar 1. Prosedur Percobaan

Setelah proses presipitasi, larutan dalam tabung reaksi dikeluarkan untuk diukur kandungan ion Ca^{2+} dengan titrasi EDTA. Deposit yang tertinggal pada dinding tabung reaksi dilarutkan dengan HCl 0,1 M dan dititrasi dengan EDTA untuk mengukur jumlah depositnya (akurasi 0,1 mg sebagai CaCO_3).

Sampel pengamatan deposit CaCO_3 untuk mikroskop optik dan X-RD dibuat dengan mencelupkan kaca preparat ke dalam larutan sampel secara vertikal sehingga terbentuk deposit CaCO_3 di permukaannya. Objek pada kaca preparat akan diperbesar menggunakan mikroskop optik (Olympus HM 20) yang dilengkapi kamera untuk mendapatkan gambar foto. Kaca preparat lainnya akan digunakan untuk menganalisis struktur kristal deposit menggunakan X-RD Philips PW 1710 dengan Ni-filtered Cu K radiation ($= 0.154184 \text{ nm}$) pada 40 kV dan 30 mA, Harga 2 dipindai pada rentang 20° - 60° dengan interval step $0,01^\circ$ dan lama per step 1 detik.

4. Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 menunjukkan karakteristik pembentukan deposit CaCO_3 (*heterogeneous precipitation*) yang menunjukkan terjadi peningkatan jumlah deposit CaCO_3 dengan bertambahnya waktu presipitasi. Terjadi penurunan laju pembentukan deposit CaCO_3 pada 30 menit pertama presipitasi dengan meningkatnya kuat medan untuk rentang 2000 hingga 5200 Gauss. Laju pembentukan deposit CaCO_3 setelah 30 menit presipitasi menunjukkan harga yang konstan. Hal ini menunjukkan efek magnetisasi signifikan terlihat pada 30 menit pertama presipitasi.

Gambar 2. Jumlah Deposit CaCO_3 , Fungsi Waktu Presipitasi pada Berbagai Kuat Medan dan Waktu Magnetisasi 30 Menit

Higashitani (1998) memberikan suatu hipotesis bahwa telah terjadi perubahan molekul ion CO_3^{2-} dan hidratnya dari yang bersifat meta-stabil menjadi lebih stabil (*structured*) dengan adanya medan magnet. Molekul Ion hidrat tersebut akan menahan peresipitasi CaCO_3 . Trend penurunan jumlah deposit CaCO_3 dengan bertambahnya kuat medan untuk waktu presipitasi kurang dari 30 menit belum menunjukkan pola yang jelas karena deposit yang didapat masih sedikit dan relatif belum stabil.

Gambar 3. Jumlah Deposit CaCO_3 , Fungsi Waktu Presipitasi dengan Kuat Medan 5200 G pada Berbagai Waktu Magnetisasi

Gambar 3 menunjukkan pengaruh lama magnetisasi terhadap pembentukan deposit CaCO_3 . Terjadi penurunan laju pembentukan deposit CaCO_3 dengan bertambahnya waktu magnetisasi untuk rentang 5 hingga 30 menit. Higashitani (1993) mendapatkan kuat medan dan waktu magnetisasi optimum sebesar 3000 Gauss dan 10 menit di fasa larutan, sedangkan dalam percobaan ini kondisi optimum tersebut belum tercapai. Hal ini dapat disebabkan adanya perbedaan mekanisme presipitasi dilarutkan dan dipermukaan, namun secara umum hasil ini mendukung penelitian Higashitani bahwa kuat medan dan lama magnetisasi mempengaruhi presipitasi CaCO_3 .

Presipitasi total menggambarkan jumlah CaCO_3 yang terbentuk baik di fasa larutan maupun difasa permukaan (deposit). Dalam larutan CaCO_3 , kalsium dapat berupa deposit CaCO_3 , partikel CaCO_3 terlarut dan ion Ca^{2+} . Jumlah deposit CaCO_3 dan total presipitasi CaCO_3 merupakan parameter yang diukur langsung dalam percobaan ini, sedangkan partikel CaCO_3 terlarut dapat dihitung dengan menggunakan neraca massa.

Gambar 4. Presipitasi Total CaCO_3 Fungsi waktu presipitasi dengan Kuat Medan 5200 G pada Berbagai Waktu Magnetisasi

Gambar 5. Presipitasi Total Deposit CaCO_3 Fungsi Waktu Presipitasi pada Berbagai Kuat Medan dan Waktu Magnetisasi 30 Menit

Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan kecenderungan yang sama dengan Gambar 2 dan Gambar 3. Hal ini menunjukkan makin besar kuat medan magnet atau makin lama proses magnetisasi, maka akan semakin sedikit CaCO_3 yang terbentuk.

Partikel CaCO_3 yang terbentuk di fasa permukaan (deposit) lebih dominan dibanding yang terbentuk di fasa larutan. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan harga deposit CaCO_3 pada Gambar 2 dan Gambar 3 dengan harga presipitasi total CaCO_3 pada Gambar 4 dan Gambar 5 yang relatif kecil. Gambar 6 memperjelas pernyataan di atas dimana kontribusi presipitasi CaCO_3 di fasa larutan hanya berkisar 0,2 hingga 0,6 mg

CaCO_3 sedangkan di fasa permukaan (deposit) mencapai 4,2 hingga 4,8 mg CaCO_3 . Hasil ini sesuai dengan pengamatan Ben Amor (2004) yang mendapatkan bahwa presipitasi CaCO_3 akan dominan terjadi di permukaan terutama pada kesadahan dan suhu rendah.

Terjadi peningkatan jumlah partikel CaCO_3 di larutan dengan menurunnya kuat medan pada 10 menit pertama presipitasi dan setelah itu terjadi penurunan karena proses pengendapan dan deposit (Gambar 6). Barret (1998) dengan menggunakan larutan yang sama mendapatkan bahwa waktu pembentukan CaCO_3 maksimum dilarutan pada 9 menit pertama presipitasi. Waktu terjadinya presipitasi maksimum di larutan ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis dan konsentrasi larutan, suhu larutan, dan jenis permukaan.

Gambar 6. Jumlah Partikel CaCO_3 Di larutan Fungsi Presipitasi pada Berbagai Kuat Medan dan Waktu Magnetisasi 30 Menit

Gambar 7. Presipitasi Total CaCO_3 Fungsi Waktu Presipitasi pada Berbagai Suhu Presipitasi dengan Kuat Medan 5200 G dan Waktu Magnetisasi 30 Menit

Pada percobaan ini dilakukan variasi suhu saat presipitasi untuk melihat pengaruhnya terhadap presipitasi CaCO_3 baik di larutan maupun di permukaan. Gambar 7 menunjukkan pengaruh medan magnet pada presipitasi total CaCO_3 . Terjadi peningkatan presipitasi total CaCO_3 dengan naiknya suhu untuk sampel magnetik (M) maupun sampel non-magnetik (NM). Hal ini disebabkan kelarutan CaCO_3 menurun dengan naiknya suhu. Terlihat bahwa efek magnet tetap terjadi meskipun suhu sampel larutan dinaikkan hingga 70°C .

Gambar 8. Jumlah Deposit CaCO_3 Fungsi Waktu Presipitasi pada Berbagai Suhu Presipitasi dengan Kuat Medan 5200 G dan Waktu Magnetisasi 30 Menit.

Gambar 9. Jumlah Partikel CaCO_3 di Larutan Fungsi Waktu Presipitasi pada Berbagai Suhu Presipitasi

Gambar 8 menunjukkan terjadi kenaikan jumlah deposit maksimum terjadi pada suhu 50°C dan terjadi penurunan pada suhu 70°C . Hal ini diduga karena pada suhu 70°C merupakan suhu pembentukan kristal aragonit yang bersifat lebih sulit menempel pada dinding (*soft scale*) atau deposit yang kurang stabil (mudah lepas).

Gambar 9 menunjukkan bahwa dengan makin bertambahnya suhu maka laju presipitasi CaCO_3 di larutan meningkat khususnya pada 10 menit pertama hingga mencapai 1,7 mg CaCO_3 pada suhu 70°C . Jumlah CaCO_3 di larutan tidak menurun setelah 10 menit presipitasi, bahkan setelah 60 menit, terjadi kenaikan jumlah CaCO_3 di larutan hingga mencapai 3,2 mg pada suhu presipitasi 70°C dan waktu presipitasi 120 menit. Hal ini menunjukkan sejumlah deposit CaCO_3 yang terbentuk kemungkinan tidak stabil sehingga dapat kembali lepas ke fasa larutan. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan naiknya suhu larutan menyebabkan peningkatan presipitasi CaCO_3 di fasa larutan akan semakin signifikan dibanding di fasa permukaan.

Gambar 10. Foto Mikroskop Deposit CaCO_3 Pada Presipitasi 30 Menit: (a) Sampel Non-Magnetik, (b) Sampel Magnetik

Hasil analisis foto mikroskop (Gambar 10) deposit CaCO_3 menunjukkan terjadi penurunan jumlah partikel CaCO_3 pada sampel yang dimagnetisasi dibanding sampel non-magnetik. Ukuran partikel CaCO_3 pada deposit sampel yang dimagnetisasi terlihat lebih besar dibanding sampel non-magnetik. Terjadi pembentukan kristal kalsit untuk deposit sampel non-magnetik (Gambar 10a) dan sampel magnetik (Gambar 10b) yang ditandai adanya partikel berbentuk kubus.

Hasil uji foto ini secara umum mendukung hasil uji deposit dan presipitasi total CaCO_3 yang menunjukkan bahwa proses magnetisasi menyebabkan terjadinya penurunan presipitasi CaCO_3 , baik di fasa larutan maupun di permukaan.

Gambar 11. Analisis XRD Deposit Kristal CaCO_3 pada 120 Menit Presipitasi:

- (a) Sampel Non-Magnetik,
(b) Sampel Magnetik

Hasil analisis struktur kristal deposit dengan alat XRD dapat dilihat pada Gambar 11. Terlihat bahwa hanya ada satu puncak dominan yang muncul pada sudut $2\theta = 29,53^\circ$ yang merupakan sudut pembentukan kristal kalsit. Selain itu juga teramati sejumlah kecil kristal vaterit pada sudut $2\theta = 26,41^\circ$.

Hasil ini sesuai dengan pengamatan oleh Abdel dkk., (2002) menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan jenis larutan yang sama tanpa medan magnet.

Abdel mendapatkan bahwa struktur kalsit mendominasi pembentukan kristal permukaan. Sebaliknya kristal vaterit bersifat tidak stabil dan mudah bertransformasi lanjut menjadi kristal kalsit. Kristal vaterit juga sulit tumbuh di permukaan disebabkan bentuk geometrianya (Abdel dkk., 2002). Tidak terdeteksinya aragonit pada deposit dapat disebabkan oleh *electronic ground state* kalsit lebih rendah dibanding aragonit yang berakibat ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} membutuhkan energi kinetik yang lebih tinggi untuk membentuk aragonit dibanding kalsit (Kobe dkk., 2002).

5. Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan adanya penurunan laju presipitasi CaCO_3 yang sebanding dengan intensitas kuat medan magnet dan waktu magnetisasi. Penurunan laju presipitasi total CaCO_3 dan pembentukan deposit CaCO_3 terjadi pada 30 menit pertama presipitasi, sedangkan penurunan laju presipitasi di fasa larutan terjadi pada 10 menit pertama presipitasi. Jumlah presipitasi CaCO_3 permukaan lebih dominan dibanding di larutan.

Kenaikan suhu larutan mendorong terjadinya peningkatan presipitasi di larutan dan dipermukaan, dimana deposit CaCO_3 maksimum didapat pada suhu 50°C . Efek magnet dalam menekan pembentukan CaCO_3 tetap terlihat pada suhu 50°C dan 70°C . Medan magnet menyebabkan terjadinya penurunan jumlah partikel dan peningkatan ukuran partikel CaCO_3 dimana kristal deposit yang terbentuk didominasi struktur kalsit. Adanya penurunan presipitasi total dan pembentukan deposit CaCO_3 akibat medan magnet menunjukkan proses ini layak diaplikasikan untuk pencegahan pembentukan kerak CaCO_3 .

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini sebagian didanai oleh Osaka Gas Foundation – PPST-UI tahun anggaran 2005, untuk itu kami mengucapkan banyak terima kasih. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh personil Lab. Termodinamika Energi & Lingkungan Departemen Teknik Kimia FTUI yang telah memfasilitasi terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Abdel-Aal, N., Satoh, K., Sawada, K., (2002), *Study of The Adhesion Mechanism of CaCO_3 using A Combined Bulk Chemistry/QCM Technique*, Journal of Crystal Growth 245 hal 87–100
- [2] Ben Amor, M., Zgolli, D., Tlili, M. M., Manzola, A.S., (2004), *Influence of Water Hardness, Substrate Nature, and Temperature on Heterogeneous Calcium Carbonate Nucleation*, Desalination 166 hal 79-84
- [3] Barret, R.A., Parsons S.A., (1998), *The Influence of Magnetic Fields on Calcium Carbonate Precipitation*, Water Res. 32 hal 609
- [4] Gabrielli, C.; Maurin, G.; Poindessous, G.; Rosset, R., *Nucleation and growth of calcium carbonate by an electrochemical scaling process*, Journal of Crystal Growth 200(1999)p;236-250
- [5] Hoysz, L., Chibowski, E., Szcze, A, (2003), *Influence of Impurity Ions and Magnetic Field on The Properties of Freshly Precipitated Calcium Carbonate*, Water Research 37 hal 3351–3360
- [6] Higashitani, K., Kage, A., Katamura, S., Imai, K., Hatade, S., (1993), *Effects of Magnetic Field on The Formation CaCO_3 Particles*, J. Colloid Interface Sci. Hal 156, hal 90-95
- [7] Higashitani, K.; Oshitani, J., (1998), *Magnetic Effects on Thickness of Adsorbed Layer in Aqueous Solutions Evaluated Directly by Atomic Force Microscope*, Journal of Colloid and Interface Science 204, hal 363–368
- [8] Kozic, V. Lipus, L. C., (2003), *Magnetic Water Treatment for A Less Tenacious Scale*, J. Chem. Inf. Comput. Sci. 43, hal 1815-1819
- [9] Kney, A.D., Parsons, S.A., (2006), *Spectrophotometer-based Study of Magnetic Water Treatment : Assessment of Ionic vs Surface Mechanisms*, Water Research 40 hal. 517-524.
- [10] Knez, S., Pohar, C., (2005), *The Magnetic Field Influence on The Polymorph Composition of CaCO_3 Precipitated from Carbonized Aqueous Solutions*, Journal of Colloid and Interface Science 281 hal 377–388
- [11] Kobe, S., Draz'ic', G, A.C. Cefalas, E. Sarantopoulou, (2002), *Nucleation and Crystallization of CaCO_3 in Applied Magnetic Fields*, Crystal Engineering 5 hal 243–253
- [12] Wang, Y., Babchin, A.J., Cherny, L.T., Chow, R.S., Sawatzky, R.P., (1997), *Rapid Onset of Calcium Carbonate Crystalization Under The Influence of Amagnetic Field*, Water Res. 31 hal. 346