Jurnal Sains Materi Indonesia
Indonesian Journal of Materials Science

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 196 - 201
ISSN : 1411-1098

Akreditasi LIPI Nomor : 536/D/2007
Tanggal 26 Juni 2007

EFEK MEDAN MAGNET PADA PENURUNAN KESADAHAN DAN PENCEGAHAN PEMBENTUKAN KERAK $CaCO_3$

Nelson Saksono[1], Elisabeth A. S.[1], Setijo Bismo[1], Roekmijati W[1] dan Azwar Manaf[2]

[1]Departemen Teknik Kimia, FT-UI
Kampus Baru UI, Depok 16424
[2]Departemen Fisika, FMIPA-UI
Kampus Baru UI, Depok 16424

ABSTRAK

EFEK MEDAN MAGNET PADA PENURUNAN KESADAHAN DAN PENCEGAHAN PEMBENTUKAN KERAK $CaCO_3$. Metode *MWT (Magnetic Water Treatment)* merupakan alternatif potensial yang dapat digunakan untuk mengurangi terbentuknya deposit kerak $CaCO_3$, namun hingga saat ini aplikasi metode ini masih mengundang kontroversi karena pengaruhnya yang belum jelas. Di sisi lain, masih terdapat pro dan kontra di kalangan para peneliti mengenai pengaruh dan efektivitas proses magnetisasi itu sendiri. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian lebih lanjut dan komprehensif yang dapat menjelaskan efektivitas metode ini secara lebih ilmiah. Penelitian ini dilakukan untuk menguji pengaruh medan magnet terhadap presipitasi $CaCO_3$ saat magnetisasi dan tendensi presipitasi setelah magnetisasi filtrasi dari sampel air sadah yang disirkulasi melewati medan magnet. Medan magnet dihasilkan dari beberapa pasang magnet permanen berbasis Nd-Fe-B dengan kuat medan 5200 Gauss. Jumlah $CaCO_3$ yang terbentuk diukur dengan metode titrasi kompleksometri *EDTA* (*Ethylene Diamine Tetra-acetic Acid*). Variabel kondisi operasi meliputi laju alir dan waktu sirkulasi. Magnetisasi menyebabkan kenaikkan presipitasi relatif sebesar 13,1 % saat magnetisasi dan penurunan presipitasi relatif sebesar 60,5 % sesudah magnetisasi filtrasi untuk laju alir 1,33 L/min dan waktu sirkulasi 30 menit. Penelitian ini menunjukkan bahwa magnetisasi air sadah dapat meningkatkan presipitasi $CaCO_3$ saat magnetisasi dan mengurangi tendensi presipitasi $CaCO_3$ setelah magnetisasi filtrasi.

Kata kunci : *Magnetic water treatment*, Kesadahan air, Pembentuk kalsium karbonat

ABSTRACT

EFFECT OF MAGNETIC FIELD ON WATER HARDNESS REDUCTION AND $CaCO_3$ SCALING PREVENTION. Magnetic Water Treatment (MWT) is an potential alternative method being able to reduce hardness and suppress tendency of $CaCO_3$ deposits scale formation. Until nowadays, there are a lot of controversial about this method because the effects still remain unclear. There are also a lot of contradiction among researcher about the effect and effectiveness of magnetization process. Therefore, further research about magnetization method is needed to explain the effectiveness of this method. This research was conducted to investigate magnetic field effect on $CaCO_3$ precipitation during magnetization process and tendency of precipitation after magnetization filtration within synthetic hard water solution under dynamic circulation by using permanent magnet. Magnetic field is produced by means of Nd-Fe-B base permanent magnet having 5200 Gauss. Measurement of concentration of $CaCO_3$ within aqueous solution was done with titration method (EDTA complexometry method). The variables using as for operating condition are flow rate and circulation time. Magnetization has increase 13.1 % relative precipitation during magnetization and decrease 60.5 % relative precipitation after magnetization and filtration process at 1.33 L/min of flow rate and 30 minutes of circulating time. The results show that magnetization of hard water can increase the $CaCO_3$ precipitation during magnetization and then reduce $CaCO_3$ precipitation tendency after magnetization and filtration.

Key words : Magnetic water treatment, Hard water, Calcium carbonate precipitation

PENDAHULUAN

Pembentukan deposit kerak (*scale*) $CaCO_3$ oleh air sadah (air dengan kandungan ion Ca yang tinggi) pada sistem perpipaan di industri maupun rumah tangga menimbulkan banyak permasalahan teknis dan ekonomis. Hal ini disebabkan kerak dapat menyumbat air yang mengalir dalam pipa dan sekaligus menghambat proses perpindahan panas pada peralatan penukar panas. Air sadah juga akan menyebabkan berkurangnya efektifitas proses pencucian menggunakan sabun/deterjen.

Pembentukan kerak sebagai proses presipitasi $CaCO_3$ pada air sadah merupakan proses kesetimbangan yang berjalan lambat, di mana kenaikan pH akibat lepasnya CO_2 di larutan akan mendorong terjadinya presipitasi $CaCO_3$ (persamaan (1)). Kenaikan suhu juga akan mendorong terbentuknya $CaCO_3$.

$$Ca^{2+} + 2HCO_3^- \leftrightarrows D\ CO_{2(aq)} + CaCO_{3(s)} + H_2O \quad .... (1)$$

Saat ini pengolahan air sadah dan pencegahan pembentukan kerak umumnya dilakukan secara kimiawi, yaitu menggunakan resin penukar ion (menekan jumlah ion Ca pada larutan) dan penambahan inhibitor kerak. Metode secara kimiawi ini dapat mengubah sifat kimia larutan sehingga tidak cukup aman untuk penggunaan rumah-tangga maupun industri makanan. Selain itu, investasinya yang cukup besar menyebabkan proses kimiawi tersebut hanya cocok untuk industri yang memerlukan air olahan dalam jumlah besar [1].

Proses pengolahan air sadah menggunakan medan magnet (*MWT, Magnetic Water Treatment*) memiliki sejarah kontroversi yang panjang [2]. Aplikasi metode ini justru dimulai oleh para praktisi pengolahan air sadah tanpa didukung oleh penelitian-penelitian ilmiah yang memadai. Pernyataan dari para produsen alat *MWT* tentang pengaruh dan efektifitas alat *MWT* ini berbeda-beda. Bahkan hasil pengujian pada beberapa produk komersial yang ada di pasaran oleh para peneliti dan lembaga independen menunjukkan tidak ada perubahan signifikan dalam menurunkan pembentukan kerak [3]. Hal yang masih berbau kontroversial tersebut mendorong para peneliti lain mulai melakukan penelitian ilmiah pada tahun 1985 guna menjawab fenomena apa sesungguhnya yang terjadi pada magnetisasi air sadah [4,5].

Publikasi ilmiah di bidang *MWT* hingga saat ini masih terbatas. Hal ini disebabkan adanya fenomena fisika-kimia yang sangat kompleks yang terjadi secara bersamaan (simultan). Faktor-faktor tentang mekanisme dan efektifitas proses *MWT* masih menjadi perdebatan yang hangat oleh para peneliti, dimana hasil-hasil yang dilaporkan masih bersifat kontradiktif [6].

Efektivitas proses *MWT* pengolahan air sadah akan dapat diketahui dengan memahami terlebih dahulu mekanisme proses presipitasi $CaCO_3$ dalam pengaruh medan magnet. Air sadah mengandung komponen ion-ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} serta partikel $CaCO_3$ hasil presipitasi. Magnetisasi air sadah dengan sistem sirkulasi fluida dinamis (air sadah dialirkan melalui medan magnet berulang kali) pada tahap awal akan mendorong terjadinya presipitasi dan agregasi $CaCO_3$ sehingga dapat menekan jumlah ion Ca^{2+} di larutan (kesadahan menurun). Peningkatan laju presipitasi dan agregasi $CaCO_3$ setelah proses magnetisasi ini mengikuti *mekanisme partikel* dan *efek gaya Lorentz* [7]. Tahap berikutnya adalah proses separasi $CaCO_3$ dari larutan melalui pengendapan dan filtrasi. Air sadah yang telah dipisah dari partikel $CaCO_3$ akan mengandung ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} yang sudah termagnetisasi di mana ion-ion tersebut akan bersifat lebih sulit membentuk kerak $CaCO_3$ [8]. Proses ini mengikuti *mekanisme ion*, di mana perilaku ion termagnetisasi akan bertahan (*magnetic memory effect*) meskipun sudah tidak ada medan magnet [9].

Makalah ini akan memberikan hasil penyelidikan lebih jauh tentang efek medan magnet terhadap presipitasi $CaCO_3$ saat magnetisasi dan sesudah magnetisasi filtrasi pada sistem sirkulasi air sadah.

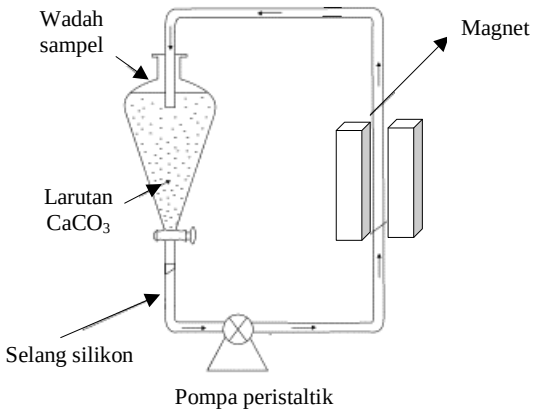
METODE PERCOBAAN

Sampel larutan $CaCO_3$ sebagai model air sadah dibuat dengan melarutkan padatan $CaCO_3$ pada air demin (resistivity $\approx$ 18 MΩ) yang diberi gelembung gas CO_2 selama beberapa jam hingga mendapatkan konsentrasi $CaCO_3$ sekitar 500 mg/L. Sampel kemudian dialirkan dan disirkulasikan dalam selang silikon (ID 6 mm dan tebal 2 mm) melewati medan magnet seperti terlihat pada Gambar 1. Medan magnet dihasilkan oleh 6 pasang magnet permanen berbasis Nd-Fe-B dengan kuat medan 5200 Gauss dan arah medan tegak lurus arah aliran air sadah. Laju aliran fluida divariasikan antara 0,44 L/menit hingga 1,33 L/menit dan waktu sirkulasi 10 menit hingga 30 menit. Jumlah presipitasi $CaCO_3$ dilakukan dengan mengukur kandungan ion Ca^{2+} di larutan menggunakan metode titrasi kompleksometri *EDTA*.

Pengaruh medan magnet pada presipitasi $CaCO_3$ dalam percobaan ini terdiri atas 2 tahapan yaitu:

- Tahap I : Presipitasi $CaCO_3$ saat sirkulasi dilakukan pada suhu kamar (Gambar 1).
- Tahap II : Presipitasi $CaCO_3$ sesudah sirkulasi dan filtrasi dilakukan pada suhu 50 °C.

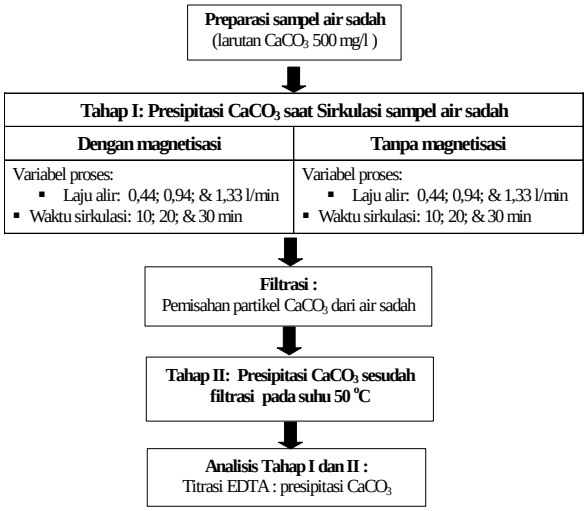
Setelah disirkulasi, sampel difiltrasi dengan 2 lembar kertas saring *Whatman* 42 dalam waktu 30 menit. Tujuan filtrasi ini adalah untuk memisahkan partikel-partikel yang telah terbentuk saat sirkulasi dari air sadah sehingga yang tersisa setelah penyaringan adalah air sadah dengan ion-ion terlarut. Efek ion termagnetisasi akan teramati dengan baik pada tahap



Gambar 1. Magnetisasi larutan $CaCO_3$ pada sistem sirkulasi air sadah

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 196 - 201
ISSN : 1411-1098

ini. Presipitasi sampel diamati dalam tabung reaksi (kondisi statis) dengan pemanasan 50 °C. Pemanasan dilakukan untuk meningkatkan kejenuhan larutan sehingga proses nukleasi dan presipitasi $CaCO_3$ dapat diamati secara cepat [10]. Pengamatan dilakukan setiap 60 menit selama 3 jam dan hasil pengujian sampel dengan medan maget akan dibandingkan dengan sampel tanpa medan magnet dan selanjutnya dilakukan analisis dan pembahasan. Skema tahapan proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema tahapan proses penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dalam penelitian ini akan mengkaji pengaruh medan magnet terhadap presipitasi $CaCO_3$ saat sirkulasi (presipitasi tahap I) dan sesudah sirkulasi dan filtrasi (presipitasi tahap II) dengan variabel proses meliputi laju alir dan waktu sirkulasi.

Variasi Laju Alir

Pengaruh laju alir pada presipitasi tahap I dan tahap II sebagai berikut :

Presipitasi Tahap I Variasi Laju Alir

Tabel 1 menunjukkan harga presipitasi $CaCO_3$ pada berbagai laju alir. Persen mol (% mol) presipitasi $CaCO_3$ menunjukkan perbandingan antara konsentrasi mol $CaCO_3$ awal terlarut dengan konsentrasi mol $CaCO_3$ yang sudah terpresipitasi. Kenaikan persentase menggambarkan rasio antara selisih presipitasi sampel termagnetisasi magnet dan non magnetisasi dengan presipitasi sampel non magnetisasi. Terjadi kenaikan presipitasi $CaCO_3$ saat magnetisasi atau sirkulasi dengan semakin tingginya laju alir, baik untuk sampel termagnetisasi maupun untuk sampel non magnetisasi.

Pada dasarnya peningkatan presipitasi terjadi karena kenaikan laju alir berpotensi meningkatkan tumbukan ion-ion dalam larutan (efek hidrodinamika

Tabel 1. Presipitasi $CaCO_3$ tahap I pada beberapa laju alir untuk sampel termagnetisasi dan non magnetisasi untuk waktu sirkulasi 30 menit

	Presipitasi $CaCO_3$ (% mol) pada berbagai laju alir		
	0,44 l/min	0,93 l/min	1,33 l/min
Sampel termagnetisasi (M)	12,0	55,3	69,1
Sampel non-magnetisasi (NM)	7,0	43,1	61,1
Kenaikan persentase: 100 x (M – NM)/NM	71,7	28,5	13,1

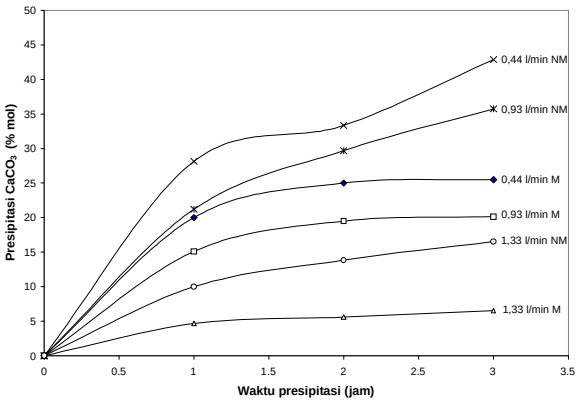
aliran) sehingga mengakibatkan terjadinya presipitasi $CaCO_3$. Peningkatan laju alir juga meningkatkan proses lepasnya CO_2 sehingga pH sampel larutan naik dan mendorong terjadinya presipitasi $CaCO_3$. Hal ini akan menyebabkan konsentrasi ion Ca^{2+} di larutan menurun [11]. Tabel 1 memperlihatkan bahwa medan magnet meningkatkan presipitasi $CaCO_3$ dibanding sampel non-magnet pada setiap laju alir, karena adanya efek gaya *Lorentz* dan magnetohidrodinamika.

Ion-ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} yang terkandung pada air sadah apabila dilewatkan pada medan magnet akan mengalami gaya *Lorentz*. Gaya ini akan menyebabkan ion-ion yang ada pada daerah *electrical double layer*, mengalami pergeseran dan memicu terjadinya agregasi dan presipitasi $CaCO_3$ [7]. Aliran larutan $CaCO_3$ yang melewati medan magnet juga dapat menimbulkan efek magnetohidrodinamika yaitu timbulnya *shear stress* yang terlokalisasi di bagian dinding permukaan. Efek magnetohidrodinamika ini dapat mengubah profil aliran menjadi turbulen, sehingga meningkatkan nukleasi dan presipitasi [12]. Presipitasi $CaCO_3$ juga dapat terjadi karena mekanisme partikel. Mekanisme partikel ini dapat menimbulkan gaya tarik-menarik antar partikel akibat induksi medan magnet sehingga meningkatkan presipitasi yang terbentuk [3, 13]. Gaya tarik-menarik ini telah dibuktikan dapat meningkatkan presipitasi $CaCO_3$ pada sistem fluida statik [1].

Kenaikan persentase yang signifikan antara sampel termagnetisasi dan non-magnetisasi terjadi pada laju alir rendah (0, 44 l/menit) sebesar 71,7 %, sementara untuk laju alir yang semakin tinggi, terdapat kenaikan presipitasi $CaCO_3$ baik untuk sampel magnet maupun non-magnet dengan perbedaan yang tidak terlalu signifikan (Tabel 1). Hal ini menunjukkan pada laju alir tinggi, pengaruh hidrodinamika aliran yang lebih dominan dibanding pengaruh medan magnet dalam meningkatkan potensi presipitasi ion-ion dalam larutan. Efek hidrodinamika berupa turbulensi aliran sangat dipengaruhi oleh laju alir fluida. Peningkatan laju alir akan menyebabkan sifat turbulensi aliran meningkat. Hal ini mendorong terjadinya interaksi dan tumbukan partikel atau ion dalam fluida yang lebih besar sehingga presipitasi $CaCO_3$ akan meningkat dengan bertambahnya laju alir seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Presipitasi Tahap II Variasi Laju Alir

Gambar 3 menunjukkan presipitasi $CaCO_3$ untuk sampel yang dimagnetisasi selalu lebih rendah dibanding sampel non-magnet pada setiap laju alir. Hal ini menunjukkan efek ion yang telah dimagnetisasi memiliki sifat menekan terjadinya presipitasi $CaCO_3$. Penelitian sebelumnya memberikan suatu hipotesis bahwa telah terjadi penguatan hidrat ion CO_3^{2-} akibat proses magnetisasi sehingga ion tersebut menjadi lebih sulit terpresipitasi membentuk $CaCO_3$ [14]. Efek ini dapat bertahan hingga 120 jam pada ion-ion termagnetisasi meskipun sudah tidak diberikan medan magnet (*magnetic memory effect*) [9].



Gambar 3. Persen presipitasi $CaCO_3$ Tahap II pada sampel termagnetisasi (M) dan sampel non magnetisasi (NM) pada berbagai laju alir untuk waktu sirkulasi 30 menit

Penurunan persentase menggambarkan rasio antara selisih presipitasi sampel non-magnetisasi dan temagnetisasi dengan presipitasi sampel termagnetisasi. Hasil yang diperoleh menjelaskan bahwa penurunan persentase presipitasi terbesar antara sampel magnetetisasi dan non-magnetisasi terjadi pada laju alir 1,33 L/menit yaitu sebesar 60,5 (Tabel 2). Faktor yang dapat memperkuat hidrasi ion dalam proses magnetisasi adalah, kuat medan magnet, lama magnetisasi, dan perubahan fluks medan magnet [15]. Laju alir tinggi dapat menyebabkan fluida mengalami perubahan fluks medan magnet yang lebih besar sehingga dapat meningkatkan efektivitas magnetisasi dengan menghasilkan hidrat ion yang lebih kuat.

Tabel 2. Presipitasi $CaCO_3$ tahap II pada sampel termagnetisasi dan non-magnetisasi pada beberpa laju alir untuk waktu sirkulasi 30 menit dan waktu presipitasi 3 jam

	Presipitasi $CaCO_3$ (% mol) pada berbagai laju alir		
	0,44 l/min	0,93 l/min	1,33 l/min
Sampel termagnetisasi (M)	25,5	20,1	6,5
Sampel non-magnetisasi (NM)	42,9	35,8	16,5
Penurunan persentase : 100 x (NM – M)/M	40,5	43,7	60,5

Variasi Waktu Sirkulasi

Waktu sirkulasi berhubungan langsung dengan waktu magnetisasi. Waktu magnetisasi (T_m) adalah lamanya sampel terpapar medan magnet dan merupakan fungsi dari waktu sirkulasi (T_s), luas penampang dalam pipa (A), volume sampel (V), dan panjang magnet (l_m), yang dapat dirumuskan pada persamaan (2) [11].

$$T_m = \frac{A\, L_m\, T_s}{V} \qquad \text{.....} \qquad (2)$$

Meningkatnya waktu sirkulasi akan juga meningkatkan waktu magnetisasi secara proposional. Pengaruh medan magnet dan waktu sirkulasi terhadap presipitasi $CaCO_3$ pada tahap I dan tahap II.

Presipitasi Tahap I Variasi Waktu Sirkulasi

Tabel 3 menunjukkan jumlah presipitasi $CaCO_3$ untuk sampel termagnetisasi selalu lebih besar dibanding sampel non-magnetisasi pada setiap waktu sirkulasi. Hal ini menunjukan medan magnet dapat mendorong presipitasi $CaCO_3$ terutama pada saat magnetisasi .

Tabel 3. Presipitasi $CaCO_3$ tahap I pada sampel magnet termagnetisasi dan non-magnetisasi pada beberapa waktu sirkulasi untuk laju alir 1,33 L/menit waktu presipitasi 3 jam

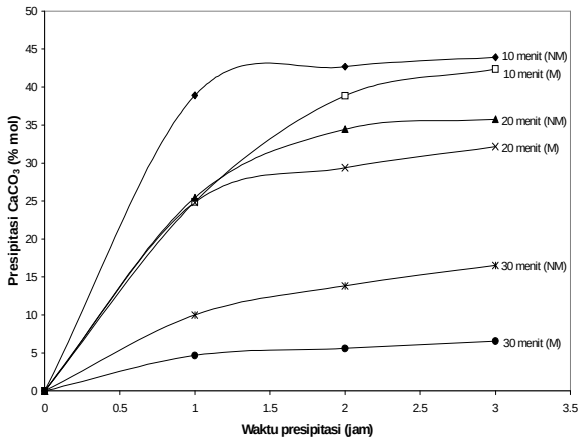
	Presipitasi $CaCO_3$ (% mol) pada berbagai waktu sirkulasi		
	10 menit	20 menit	30 menit
Sampel termagnetisasi (M)	12,9	58,7	69,1
Sampel non-magnetisasi (NM)	11,6	43,1	61,1
Kenaikan persentase : 100 x (NM – M)/M	10,7	36,2	13,1

Terjadi peningkatan kenaikan persentase presipitasi $CaCO_3$ dari waktu sirkulasi 10 menit sebesar 10,7 % menjadi 36,2 % pada waktu sirkulasi 20 menit. Hal ini menunjukkan bahwa makin lama waktu magnetisasi akan meningkatkan efektifitas magnet dalam mendorong terjadinya presipitasi. Gambar 4 menunjukkan terjadi penurunan kembali persen kenaikan relatif untuk waktu sirkulasi 30 menit menjadi hanya 13,08 % . Hal ini terjadi karena bertambahnya waktu sirkulasi pada laju alir yang tinggi (1,33 L/menit) menyebabkan pengaruh hidrodinamika aliran menjadi lebih dominan dibanding efek medan magnet dalam mendorong terjadinya presipitasi $CaCO_3$.

Presipitasi Tahap II Variasi Waktu Sirkulasi

Gambar 4 menunjukkan presipitasi $CaCO_3$ untuk sampel yang dimagnetisasi selalu lebih rendah dibanding sampel non magnet pada setiap laju alir sepanjang 3 jam

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 196 - 201
ISSN : 1411-1098



Gambar 4. Persen presipitasi $CaCO_3$ Tahap II pada sampel termagnetisasi (M) dan sampel non- magnetisasi (NM) pada berbagai waktu sirkulasi untuk laju alir 1,33 l/menit

presipitasi. Hal ini menunjukkan efek ion yang telah dimagnetisasi memiliki sifat menekan terjadinya presipitasi $CaCO_3$. Data ini mendukung pengamatan Higashitani meskipun dengan sistem magnetisasi yang berbeda [14].

Tabel 4 memperlihatkan bahwa persen presipitasi $CaCO_3$ pada waktu sirkulasi 30 menit memiliki harga yang paling rendah dibanding waktu sirkulasi 20 menit dan 10 menit yaitu 6,5 % untuk sampel termagnetisasi dan 16,5 % untuk sampel non magnetisasi .

Tabel 4. Presipitasi CaCO3 tahap II pada sampel magnet termagnetisasi dan non-magnetisasi pada berbagai laju alir untuk laju alir 1,33 l/menit waktu presipitasi 3 jam

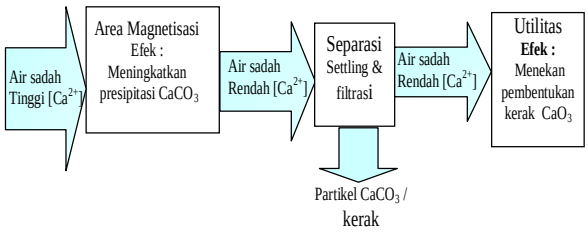
	Presipitasi $CaCO_3$ (% mol) pada berbagai waktu sirkulasi		
	10 menit	20 menit	30 menit
Sampel termagnetisasi (M)	42,4	32,2	6,5
Sampel non-magnetisasi (NM)	43,9	35,8	16,5
Penurunan persentase : 100 x (NM – M)/M	3,6	10,0	60,5

Hal ini disebabkan pada waktu sirkulasi 30 menit sebagian besar ion Ca dan CO_3 telah terpresipitasi membentuk $CaCO_3$ (Tabel 3), sehingga jumlah ion yang tersisa pada presipitasi tahap II relatif kecil. Namun demikian dilihat dari penurunan persentase $CaCO_3$ yang terbentuk pada tahap II (Tabel 4) pada sirkulasi 30 menit terjadi penurunan persentase presipitasi $CaCO_3$ sebesar 60,5 % antara sampel termagnetisasi dan non magnetisasi. Hal ini menunjukkan bertambahnya waktu sirkulasi akan menambah waktu sampel termagnetisasi (T_m) sehingga dapat meningkatkan efektivitas magnetisasi dalam memperkuat hidrat ionnya. Hal ini terlihat dari makin sedikitnya $CaCO_3$ yang terbentuk pada sampel termagnetisasi dibanding sampel non magnetisasi dengan bertambahnya waktu sirkulasi.

Aplikasi dan Efektivitas Magnetisasi Air untuk Penurunan Kesadahan dan Pencegahan Kerak

Magnetisasi air sadah berdasarkan percobaan ini dapat meningkatkan presipitasi $CaCO_3$ saat magnetisasi sehingga dapat menurunkan kandungan ion Ca^{2+} di larutan (kesadahan menurun). Sedangkan sifat ion Ca dan CO_3 pada air sadah setelah proses magnetisasi dan filtrasi dapat menekan terjadinya proses presipitasi $CaCO_3$ (kerak yang terbentuk lebih sedikit). Efektivitas dari proses magnetisasi ini adalah bagaimana menurunkan kandungan ion Ca^{2+} dilarutan sebanyak mungkin dengan meningkatkan laju presipitasi $CaCO_3$ saat magnetisasi (presipitasi tahap I) dan menekan presipitasi $CaCO_3$ sesudah magnetisasi dan filtrasi (presipitasi tahap II). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efektivitas magnetisasi pada laju alir tinggi (1,33 L/menit) teramati pada kemampuan menekan presipitasi $CaCO_3$ setelah magnetisasi dan filtrasi yaitu mampu menekan presipitasi $CaCO_3$ hingga 60,5 %. Sedangkan penurunan kesadahan saat magnetisasi hanya 13,1 % untuk waktu sirkulasi 30 menit. Penurunan kesadahan saat magnetisasi pada laju alir tinggi akan lebih dipengaruhi oleh faktor hidrodinamika aliran dibanding medan magnet.

Skema proses sistem pengolahan air sadah menggunakan medan magnet yang dapat dikembangkan berdasarkan hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sistem pengolahan air sadah dengan magnetisasi untuk pencegahan kerak $CaCO_3$

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini telah berhasil membuktikan adanya perbedaan pengaruh medan magnet pada presipitasi $CaCO_3$ saat magnetisasi dan sesudah magnetisasi dan filtrasi. Terjadi kenaikan persentase presipitasi $CaCO_3$ saat magnetisasi dan sebaliknya terjadi penurunan persentase presipitasi $CaCO_3$ setelah magnetisasi dan filtrasi dibanding sampel non magnet.

Variabel proses seperti laju alir dan waktu sirkulasi berpengaruh langsung terhadap efektivitas proses magnetisasi. Naiknya laju alir dan waktu sirkulasi akan meningkatkan presipitasi $CaCO_3$ saat magnetisasi dan akan menurunkan presipitasi $CaCO_3$ sesudah magnetisasi dan filtrasi. Laju alir yang tinggi menyebabkan efek hidrodinamika lebih dominan dibanding efek medan magnet terhadap presipitasi $CaCO_3$ saat magnetisasi.

DAFTAR ACUAN

[1]. NELSON SAKSONO, SETIJO BISMO, ELSA KRISANTI dan ROEKMIJATI WIDANINGRUM, *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, **6** (2) (2006)

[2]. BAKER, S. and JUDD, S.J., *Water Research*, **30** (2) (1996) 247-260

[3]. WANG Y., BABCHIN A.J., CHERNY L.T., CHOW R.S. and SAWATZKY R.P. , *Water Research*, **31**(2), (1997) 346-350

[4]. DAVID HASSON and DAN BREMSON, *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.*, **24** (1985) 588-592

[5]. KRONEBERG KLAUS J., *IEE Transactions on Magnetics*, **21** (1985) 1815-1819

[6]. CHIBOWSKI E., HOTYSZ L. and SZCZES A., *Colloids and Surfaces A, Physicochem. Eng. Aspects*, **222** (2003) 41-54

[7]. KOZIC V. and LIPUS L.C., *Journal Chem. Inf. Comput. Sci.*, **43** (2003) 1815-1819

[8]. NELSON SAKSONO, *Jurnal Teknologi*, **XX** (4) (2006)

[9]. HIGASHITANI, K., KAGE, A., KATAMURA, S., IMAI, K.and HATADE, S, *Journal Colloid Interface Science*, **156** (1993) 90-95

[10]. FATHI A., TLILI M., GABRIELLI C., GEORGES M. and BEN AMOR M., *J. Water Research*, **40** (2006) 1941-1950

[11]. GABRIELLI, C., JAUHARI, R., MAURIN, G. and KEDDAN M, *Journal of Water Research*, **35** (13) (2001) 3249-3259

[12]. BUSCH, K. W. GOPALAKRISHNAN, S., BUSCH, M. A. and TOMBACZ E., *J. Colloid and Interface Sc*, **183** (1996) 528-538

[13]. WANG Y, PUGH R J and FORSSBER E, *Colloid and Surface A*, (1994) 117-133

[14]. HIGASHITANI K. dan OSHITANI J., *Journal Colloid Interface Science*, **204** (1998) 363-368

[15]. OSHITANI J., UEHRA R. and HIGHASHITANI K., *Colloid Interface Sci.*, **209** (1999) 374