

# Pengaruh Variasi Penempatan Kutub Medan Magnet pada Pengurangan Kadar $\text{CaCO}_3$ dalam Air

Triswantoro Putro\* dan Endarko†  
Jurusan Fisika, FMIPA-Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Telah dilakukan pengurangan kadar  $\text{CaCO}_3$  dalam air dengan menggunakan variasi kutub medan magnet. Medan magnet berpengaruh langsung terhadap proses pengurangan kadar  $\text{CaCO}_3$  dalam air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kutub medan magnet yang di letakkan secara seri pada larutan sampel dengan konsentrasi  $\text{CaCO}_3$  dalam air 1040 gr/L menghasilkan prosentase pengurangan maksimum sebesar 30,55% selama 80 menit, sedangkan untuk penempatan kutub magnet paralel menghasilkan pengurangan maksimum sebesar 57,69% selama 120 menit. pH dan konduktivitas larutan air sampel juga di ukur dan didapatkan bahwa terjadi penurunan pH dan konduktivitas setelah air sampel diolah selama 120 menit adalah berturut-turut sebesar 23,43% dan 69,23%.

## ABSTRACT

Design and fabrication of precipitation system of calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) in water using magnetic field methods have been successfully carried out. Magnetic field governed to precipitate calcium carbonate in water. The study was investigated the polar position of the magnetic field. Two positions of magnetic field were tested namely the system with alternated polar magnetics and the system without inversion of the polar magnetics. The results showed that treatment of the magnetic field poles are arranged in series in the sample solution with a concentration of 1040 g  $\text{CaCO}_3$ /L in water to give maximum reduction percentage of 30.55% for 80 minutes. While the preparation of magnetic poles in parallel, obtained a maximum of 57.69% reduction for 120 minutes. pH and conductivity of water samples in the measuring solution and showed a decrease in pH and conductivity after water samples were processed for 120 minutes, respectively for 23.43% and 69.23%.

KATA KUNCI:  $\text{CaCO}_3$ , magnetic field, pH, conductivity

## I. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok yang harus dipenuhi setiap hari, baik untuk minum, mandi ataupun mencuci. Ketersediaan air bersih untuk minum semakin hari semakin sedikit karena eksploitasi sumber air yang berlebihan. Selain itu, ada beberapa daerah memiliki sumber air yang mengandung kadar kapur (kalsium karbonat,  $\text{CaCO}_3$ ) cukup tinggi, sehingga air tersebut tidak layak minum karena bisa mengendap dalam tubuh dan akan mengganggu kesehatan. Ada beberapa metode untuk mengendapkan kapur dalam air, salah satunya adalah dengan menggunakan medan magnetik [1].

Medan magnet dapat membantu proses pengendapan air berkapur tanpa harus menggunakan campuran bahan kimia sehingga air hasil olahan tidak terkontaminasi dengan bahan-bahan lain. Fathi *et al.* [1] menunjukkan bahwa medan magnet berpengaruh pada proses presipitasi  $\text{CaCO}_3$ . Hasilnya menunjukkan terjadi pengendapan sebesar 7-22% dengan aliran air sebesar 0,54 L/menit dibandingkan dengan tanpa per-

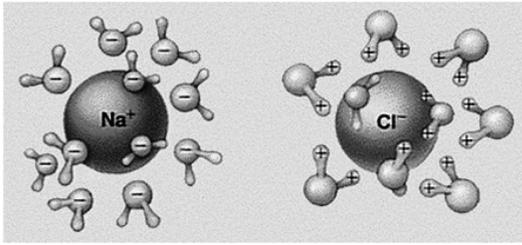
lakukan medan magnet. Fathi menggunakan pengontrol pH sebagai salah satu variabel dan pH yang di gunakan adalah 6, 7 dan 7,5 [1]. Banejad [2] pada tahun 2009 melaporkan tentang pengaruh medan magnet terhadap presipitasi  $\text{CaCO}_3$ . Variable yang diubah adalah besarnya aliran air dan besarnya medan magnet yang digunakan. Dalam paper tersebut, Banejad tidak menunjukkan berapa prosentase penurunan kadar kapur dalam airtetapi hanya menunjukkan terjadi perunan kadar kapur dalam air atau tidak.

Batu kapur merupakan bagian dari batuan sedimen, non-klastik yang terbentuk dari proses kimia atau proses biologi. Batuan ini banyak mengandung kalsium karbonat, mempunyai warna kuning, abu-abu kuning tua, abu-abu kebiruan, jingga dan hitam disebut juga batu gamping (*limestone*). Kalsium karbonat akan membentuk tiga macam kristal dalam media air, yaitu kalsit, vaterit dan aragonite dengan struktur kristal berturut-turut rhombohedral, orthorombic, dan hexagonal. Terbentuknya macam-macam bentuk kristal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu temperatur, pH larutan [3], derajat saturasi [4], kecepatan aliran  $\text{CO}_2$  bila menggunakan metode karbonasi, serta adanya bahan aditif.

Air sadah merupakan air yang terkontaminasi ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ . Ion-ion tersebut dikelilingi oleh molekul air atau yang disebut dengan *hydration shell* seperti terlihat pada Gambar 1. *Hydration shell* adalah sebuah lapisan yang mena-

\*E-MAIL: tris@physics.its.ac.id

†E-MAIL: endarko@physics.its.ac.id



Gambar 1: Orientasi molekul air terhadap ion  $Ca^{2+}$  dan  $CO_3^{2-}$ , [http://bioap.wikispaces.com]

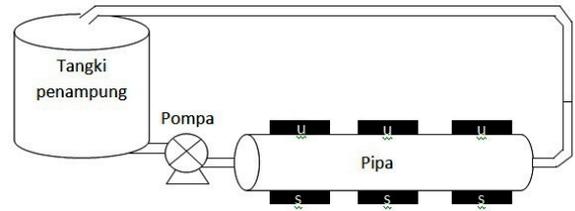
han ion-ion untuk membentuk sebuah molekul seperti  $CaCO_3$ . Ikatan antara molekul air dengan ion relatif lebih kuat jika dibandingkan dengan ikatan hidrogen antar molekul air sehingga ion  $Ca^{2+}$  sukar melepaskan diri dari lapisan tersebut. Tetapi ikatan antara molekul air dengan ion bisa terlepas jika diberikan beberapa perlakuan antara lain agitasi mekanik, temperatur, medan magnet. Perlakuan tersebut dapat mengganggu hidrat ion sehingga akan terjadi tumbukan antar ion  $Ca^{2+}$  dan ion  $CO_3^{2-}$  membentuk  $CaCO_3$  [5].

Adanya ikatan antara ion dalam larutan dengan molekul air sangat berpengaruh pada proses presipitasi  $CaCO_3$ . Semakin kuat ikatan tersebut maka semakin susah untuk terjadi presipitasi. Pemberian perlakuan medan magnet pada air sampel akan mengganggu ikatan tersebut. Akan terjadi gaya Lorentz jika sebuah ion ( $Ca^{2+}$  atau  $CO_3^{2-}$ ) dialirkan melewati sebuah medan magnet dengan arah kaidah tangan kanan dengan besar  $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$ . Efek gaya Lorentz ini diteliti oleh Gabrielli [6] pada tahun 2001 dengan melakukan percobaan magnetisasi larutan  $CaCO_3$  dengan aliran sirkulasi. Setelah diamati konsentrasi ion  $Ca^{2+}$  sebelum dan sesudah magnetisasi, hasilnya menunjukkan bahwa terjadi pengurangan kadar ion Ca dalam larutan. Efek dari gaya Lorentz berfungsi untuk memecah ikatan antara molekul air dengan ion sehingga memudahkan ion-ion berikatan. Sebuah simulasi dilakukan oleh Kozic [7] tentang efek gaya Lorentz. Hasil simulasi menunjukkan terjadi pergeseran ion sebesar 0,2-10 nm dan pergeseran partikel 0,2 nm - 2  $\mu m$ . Besarnya pergeseran tersebut yang bisa menyebabkan terganggunya *hydration shell* sehingga ion  $Ca^{2+}$  dan  $CO_3^{2-}$  dapat bertumbukan dan berikatan membentuk  $CaCO_3$ .

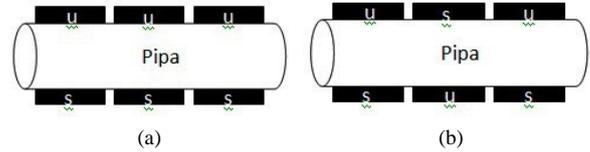
Pada artikel ini dilaporkan pengaruh variasi penempatan kutub medan magnet terhadap jumlah prosentase pengurangan kadar  $CaCO_3$  dalam air. Selain itu, perubahan pH dan konduktivitas dalam air juga dilihat untuk mengetahui kualitas air hasil olahan.

**II. EKSPERIMEN**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan magnet sebesar 0,1 T yang dihasilkan dari solenoid yang dialiri arus. Besarnya medan magnet diukur dengan alat pengukur medan magnet tipe U11300 merk 3B Net log, Jerman. Banyaknya lilitan solenoid yang digunakan adalah 1000 dengan tegangan dan arus yang dikonsumsi sebe-



Gambar 2: Set-up eksperimen untuk pengujian air sampel.



Gambar 3: Variasi penempatan medan magnet (a) kutub magnet seri (b) kutub magnet paralel.

sar 12 V dan 1,8 A. Gambar 2 menunjukkan skematik peralatan yang digunakan dalam pengujian air sampel.

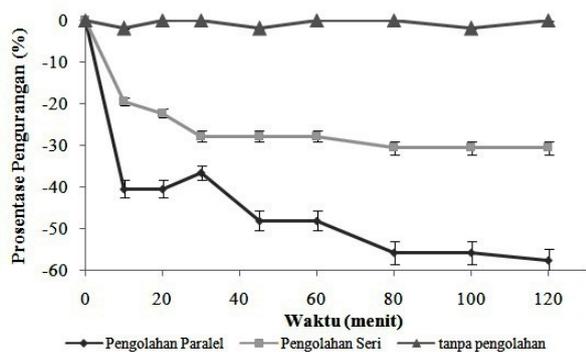
Proses perlakuan dilakukan dengan memasukkan sampel larutan  $CaCO_3$  (1040 gr/L) kedalam tangki penampungan kemudian di pompa melewati medan magnet dengan kecepatan aliran 375 mL/menit. Sirkulasi air sampel dilakukan selama 2 jam dan pada waktu 10, 20, 30, 45, 60, 80, 100 dan 120 menit dilakukan pengambilan sampel untuk dilakukan pengujian kadar kapurnya. Temperatur larutan dianggap sama antara 28-29 °C. Pengujian dilakukan dengan metode titrasi kompleksimetri EDTA untuk mengetahui banyaknya pengendapan yang terjadi. Pengukuran pH dan konduktivitas larutan sampel juga dilakukan dengan menggunakan alat ukur Benchtop pH/ORP/Conductivity/TDS/Salinity Meter 86505.

Dilakukan variasi penempatan kutub medan magnet yang mengenai sampel, seperti terlihat pada Gambar 3.

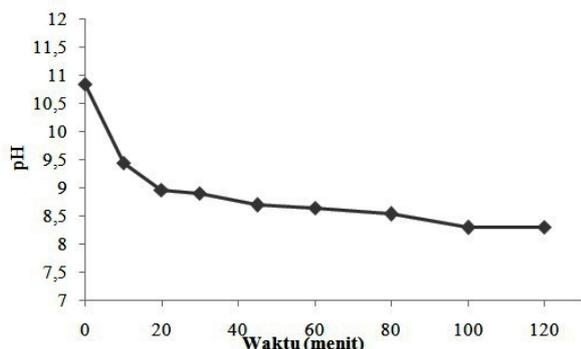
**III. HASIL DAN DISKUSI**

Gambar 4 menunjukkan pengaruh variasi kutub medan magnet terhadap prosentase presipitasi  $CaCO_3$ . Maksimum presipitasi yang terjadi setelah perlakuan kutub magnet seri (Gambar 3(a)) adalah sebesar 30,55%, sedangkan untuk perlakuan kutub magnet paralel (Gambar 3(b)) adalah sebesar 57,69%. Besarnya presipitasi  $CaCO_3$  sangat dipengaruhi oleh ikatan ion dengan molekul air. Pemberian medan magnet pada sampel akan mengganggu ikatan tersebut. Jika sebuah ion ( $Ca^{2+}$  atau  $CO_3^{2-}$ ) melewati sebuah medan magnet maka akan terjadi gaya Lorentz. Efek dari gaya Lorentz inilah yang akan memecah ikatan antara molekul air dengan ion sehingga memudahkan ion-ion berikatan.

Penggunaan medan magnet yang disusun paralel dapat meningkatkan efisiensi medan magnet yang digunakan. Penelitian tersebut menunjukkan terjadi pengurangan jumlah ion  $Ca^{2+}$  dalam larutan 23% jika dibandingkan dengan magnet yang disusun seri [6]. Perbedaan prosentase pengurangan



Gambar 4: Prosentase pengurangan kadar kapur dalam air dengan variasi penempatan kutub medan magnet.

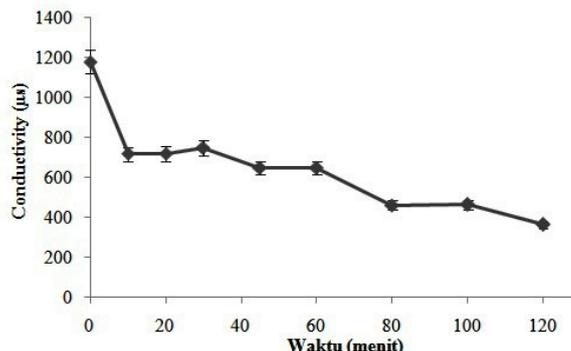


Gambar 5: pH air sampel setelah pengolahan.

ketika diberi perlakuan medan magnet seri dan paralel adalah karena penempatan medan magnet tersebut berpengaruh pada orientasi ion-ion terhadap kutub magnet. Perubahan orientasi arah medan magnet menyebabkan pergerakan ion beresilasi mengikuti kutub magnet yang di berikan sehingga akan memberikan pengaruh lebih besar untuk memperlemah interaksi hidrat ion, memudahkan ion-ion keluar dari ikatan molekul air dan saling bertumbukan antar ion dan dapat membentuk persipitasi CaCO<sub>3</sub>.

Hasil pengukuran (Gambar 5) menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan pH untuk sampel setelah diolah dengan medan magnet sebesar 23,43% untuk waktu pengolahan 120 menit. Penurunan pH ini diakibatkan berkurangnya ion-ion Ca<sup>2+</sup> dan CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> dalam larutan yang membentuk presipitasi CaCO<sub>3</sub>.

Selain pH, dilakukan juga pengukuran terhadap konduktivitas air sampel yang telah diolah. Hasil pengukuran (Gambar 6) menunjukkan bahwa terjadi penurunan konduktivitas larutan setelah diolah selama 120 menit dengan medan magnet sebesar 69,23%. Menurut Holysz [8], penurunan konduktivitas larutan disebabkan adanya pelemahan interaksi hidrat ion. Jika interaksi hidrat ion melemah maka terjadinya nukleasi CaCO<sub>3</sub> akan lebih mudah.



Gambar 6: Konduktivitas air sampel setelah pengolahan.

#### IV. SIMPULAN

Kutub magnet pada proses pengolahan air kapur berpengaruh terhadap terbentuknya presipitasi CaCO<sub>3</sub> dengan prosentase pengurangan maksimum sebesar 30,55% untuk medan magnet disusun seri dengan waktu pengolahan 80 menit sedangkan untuk perlakuan kutub magnet paralel menghasilkan pengendapan maksimum adalah sebesar 57,69% dalam waktu 120 menit. pH dan konduktivitas larutan juga mengalami penurunan sebesar 69,23% untuk konduktivitas dan 23,43% untuk pH dengan waktu pengolahan 120 menit.

[1] A. Fathi, *et al.*, Water Research, **40**(10), 1941-1950 (2006).  
 [2] H. Banejad, and E. Abdosalehi, *The Effect of Magnetic Field on Water Hardness Reducing*, Thirteenth International Water Technology Conference, IWTC 13 2009, Hurghada, Egypt, 2009.  
 [3] P.C. Chen, C.Y. Tai, and K.C. Lee, Chemical Engineering Science, **2** (21-22), 4171-4177 (1997).  
 [4] G.H. Fairchild, and R.L. Thatcher, *Acicular Calcite and Aragonite Calcium Carbonate*, US Patent 6, 022, 517 (2000).  
 [5] N. Saksono, A. Wijaya, dan T. Budikania, *Pengaruh Medan*

*Elektromagnet Terhadap Presipitasi CaCO<sub>3</sub>*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan", G03-1 - G03-6, 2010.  
 [6] C. Gabrielli, *et al.*, Water Research, **35**(13), 3249-3259 (2001)  
 [7] V. Kozic, and L.C. Lipus, J. Chemical Information and Computer Sciences, **43**(6), 1815-1819 (2003) (doi:10.1021/ci0102719).  
 [8] L. Holysz, A. Szczes, and E. Chibowski, J. Colloid and Interface Science, **316**(2), 996-1002 (2007) (doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2007.08.026).