

PENGARUH BESAR MEDAN MAGNET TERHADAP PENGURANGAN KADAR CaCO_3 DALAM AIR

Triswantoro Putro1* dan Endarko2#

*Politeknik Negeri Batam
Jurusan Teknik Elektro
Jl. Parkway, Batam Center, Batam 29461, Indonesia
triswantoro@physics.its.ac.id

#Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Jurusan Fisika FMIPA
Jl. Arif Rahman Hakim, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia
endarko@physics.its.ac.id

ABSTRAK

Penelitian mengenai pengaruh medan magnet terhadap pengurangan kadar CaCO_3 dalam air telah dilakukan. Air sadah merupakan air yang terkontaminasi ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} . Ion – ion tersebut dikelilingi oleh molekul air atau yang disebut dengan *hydration shell*. *Hydration shell* adalah sebuah lapisan yang menahan ion – ion tersebut untuk membentuk sebuah molekul seperti CaCO_3 . Medan magnet yang diberikan akan mempengaruhi *hydration shell*. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan besarnya medan magnet yaitu sebesar 0,05 dan 0,1 Tesla. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan medan magnet 0,05 Tesla pada larutan sampel dengan konsentrasi CaCO_3 dalam air 520 mg/L menghasilkan prosentase pengurangan maksimum sebesar 28,57 % selama 120 menit, sedangkan untuk medan magnet 0,1 T menghasilkan pengurangan maksimum sebesar 57,69 %.

Kata Kunci : Air Sadah, medan magnet, *hydration shell*.

ABSTRACT

The research on the influence of magnetic field over the CaCO_3 precipitation in water has been carried out. The hard water is water contaminated with Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} . Those ions are surrounded by water molecules which is also known as hydration shell. The hydration shell is a layer that holds ions to form a molecule such as a CaCO_3 . The given magnetic field will affect the hydration shell. The study was conducted by varying the magnitudes of the magnetic field which equal to 0.05 and 0.1 Tesla. The sample solution for this research is 520 mg/L CaCO_3 . The experiment has been accomplished within 120 minutes experiment resulted a maximum reduction percentage of 28.57% for the magnetic field value of 0.05 Tesla. While the magnetic field value of 0.1 Tesla obtained 57.69 % of the maximum reduction.

Key words : hard water, magnetic field, *hydration shell*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih dan air minum dapat dipenuhi dengan memanfaatkan beberapa sumber air. Antara lain, air hujan, air tanah, air laut, air sungai dan lain – lain. Prosentase terbanyak dari sumber air tersebut adalah berasal dari air tanah dan air sungai. Di beberapa daerah, air tanah dan air sungai memiliki beberapa kelemahan yaitu kandungan kadar kapur yang melebihi standar. Hal ini dikarenakan beberapa daerah di Indonesia memiliki batuan karst (kapur) yang dapat larut

dalam air berbentuk ion – ion dan membentuk air sadah. Kelebihan kadar kapur terlarut dalam air dapat mengganggu kesehatan jika diminum. Metode dengan menggunakan medan magnet adalah salah satu solusi untuk dapat mengurangi kadar kapur terlarut dalam air sehingga air dapat dikonsumsi [1].

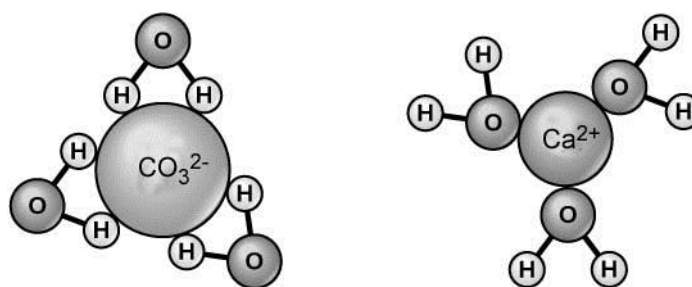
Salah satu kelebihan Medan magnet adalah tanpa menggunakan campuran bahan kimia dalam proses pengolahannya sehingga air hasil olahan tidak terkontaminasi dengan bahan-bahan lain pada

saat proses pengendapan air berkapur. Penelitian yang dilakukan Alimi Fathi dkk menunjukkan bahwa proses presipitasi CaCO_3 dipengaruhi oleh adanya medan magnet [1]. Hasil penelitian menunjukkan terjadi perbedaan antara kandungan kadar kapur dalam air sebelum dan sesudah perlakuan medan magnet. Terjadi pengendapan sebesar 7 – 22 % dengan aliran air sebesar 0.54 L/menit dibandingkan dengan tanpa perlakuan medan magnet. Pengaruh pH juga diteliti oleh Fathi dengan menggunakan pengontrol pH sebagai salah satu variabel. pH yang digunakan adalah 6, 7 dan 7.5 [1]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Banejad dkk pada tahun 2009 juga meneliti tentang pengaruh medan magnet terhadap presipitasi CaCO_3 [2]. Banejad dkk meneliti tentang variasi besarnya aliran air dan besarnya medan magnet yang digunakan dalam proses presipitasi kapur. Tetapi dalam paper yang ditulis tidak menunjukkan berapa prosentase penurunan kadar kapur dalam air hanya menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar kapur dalam air atau tidak [2].

Makalah penelitian ini adalah fokus terhadap pengaruh variasi besar medan magnet terhadap jumlah prosentase pengurangan kadar CaCO_3 dalam air.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Batu kapur didefinisikan sebagai batuan yang banyak mengandung kalsium karbonat. Dalam keadaan murni mempunyai bentuk kristal kalsit,



Gambar 1. Orientasi molekul air terhadap ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-}

Sumber : <http://cnx.org/>

Ikatan antara ion dan molekul air yang membentuk lapisan *hydration shell* mempengaruhi terbentuknya presipitasi CaCO_3 . Semakin kuat ikatan tersebut maka akan semakin sukar terbentuk presipitasi. Salah satu metode untuk memecah ikatan tersebut adalah dengan menggunakan medan magnet. Gaya Lorentz terjadi ketika ion (Ca^{2+} atau CO_3^{2-}) bergerak melewati sebuah medan magnet.

yang terdiri dari CaCO_3 dan memiliki berat jenis 2.6 – 2.8 gr/cm^3 . Kalsium karbonat dalam media air akan membentuk tiga macam Kristal, yaitu kalsit yang berstruktur Kristal rhombohedral, vaterit berstruktur orthorombic dan aragonite berstruktur hexagonal. Terbentuknya macam-macam bentuk Kristal ini dipengaruhi oleh beberapa factor yaitu temperatur [3], pH larutan [3], derajat saturasi [4], kecepatan aliran CO_2 bila menggunakan metode karbonasi, serta adanya bahan aditif .

Air tanah banyak mengandung mineral – mineral terlarut seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} , bikarbonat (HCO_3^-) dan gas CO_2 yang menyebabkan kesadahan dalam air. Ion – ion penyebab kesadahan tersebut dikelilingi oleh molekul air dan membentuk suatu lapisan yang disebut *hydration shell* seperti terlihat pada Gambar 1. *Hydration shell* ini akan menahan ion – ion tersebut untuk membentuk sebuah molekul seperti CaCO_3 . Ikatan antara molekul air dengan ion relatif lebih kuat jika dibandingkan dengan ikatan hydrogen 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, suhu, medan magnet, dan lain-lain. Perlakuan tersebut dapat mengganggu hidrat ion sehingga akan terjadi tumbukan antar ion Ca^{2+} dan ion CO_3^{2-} membentuk CaCO_3 [5].

Arah gaya Lorentz mengikuti kaidah tangan kanan dengan besar $F = q(v \times B)$. Gabrielli pada tahun 2001 meneliti tentang efek dari gaya Lorentz terhadap presipitasi CaCO_3 dengan memagnetisasi larutan CaCO_3 yang disirkulasi. Hasil pengamatan terhadap ion Ca^{2+} sebelum dan sesudah magnetisasi menunjukkan adanya pengurangan kadar ion tersebut dalam larutan [6]. Pergeseran ion

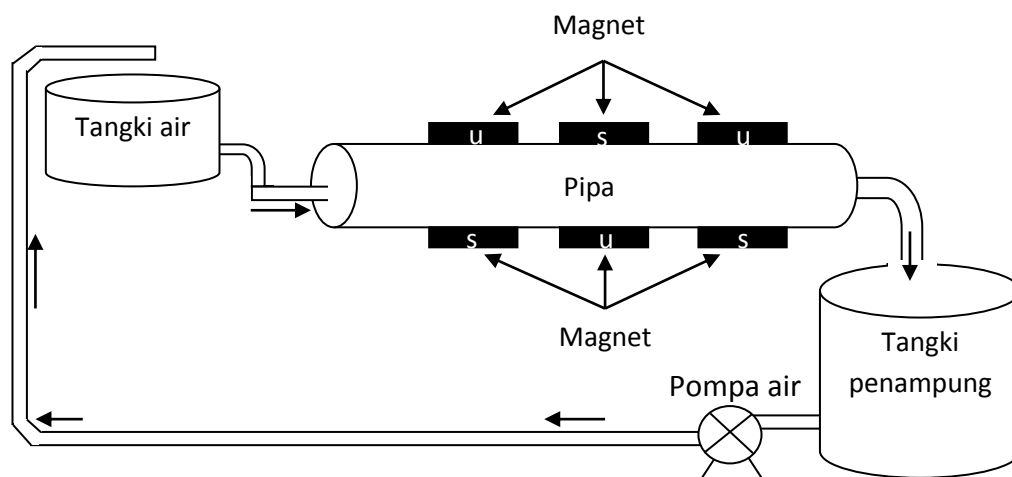
dari lintasan gerakanya yang diakibatkan oleh adanya gaya Lorentz memberikan efek pemutusan ikatan antara molekul air dan ion. Efek gaya lorentz terhadap pergeseran ion telah dipelajari oleh Kozic pada tahun 2003. Hasil simulasi menunjukkan terjadi persegeran ion sebesar 0,2 – 10 nm dan pergeseran partikel 0,2 nm – 2 μm [7]. Besarnya pergeseran tersebut yang bisa menyebabkan terganggunya *hydration shell* sehingga ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} dapat bertumbukan dan berikatan membentuk CaCO_3 .

3. METODOLOGI

Medan magnet dibangkitkan dari gulungan kawat yang berbentuk solenoid dengan jumlah

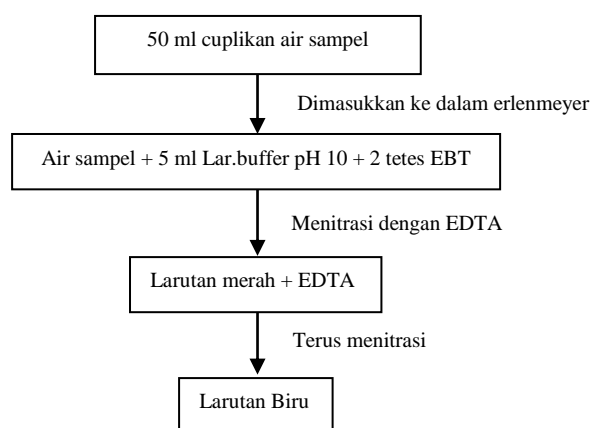
lilitan 1000. Solenoid yang dibuat berjumlah 3 pasang. Karena power suplay yang digunakan adalah sumber tegangan (v) maka besarnya arus yang dikonsumsi bergantung pada hambatan lilitan kawat. Semakin besar hambatan lilitan maka semakin kecil arus yang dibutuhkan. Hal ini berdasarkan hukum ohm. $i = \frac{v}{R}$. Arus (i) berbanding terbalik dengan hambatan (R). Medan magnet yang dihasilkan oleh solenoid diukur dengan menggunakan alat ukur medan magnet tipe U11300 merk 3B Net log produksi Jerman.

Gambar 2 merupakan skematik peralatan yang digunakan dalam proses pengolahan air kapur dengan menggunakan medan magnet.



Gambar 2. *Set-up* rangkaian percobaan untuk pengujian air sampel.

Proses pengolahan dilakukan dengan memasukkan sampel larutan CaCO_3 dengan kandungan kapur 1040 gr/L kedalam tangki air kemudian air sampel akan dialirkan melewati 3 pasang medan magnet dengan kecepatan aliran 375 mL/menit. Sirkulasi air sampel dilakukan selama 2 jam dan untuk setiap 10, 20, 30, 45, 60, 80, 100 dan 120 menit dilakukan pengambilan sampel untuk dilakukan pengujian kadar kapurnya. Suhu larutan dianggap sama antara 28 – 29 °C. Air hasil pengolahan kemudia dilakukan Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode titrasi kompleksimetri EDTA untuk mengetahui banyaknya pengendapan yang terjadi (Gambar 3).



Gambar 3. Diagram alur pengujian kadar kapur dengan metode titrasi kompleksimetri EDTA [8]

4. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian pengaruh medan magnet terhadap presipitasi CaCO_3 telah dilakukan. Medan magnet dibuat dengan memanfaatkan solenoid dengan jumlah lilitan sebanyak 1000. Lilitan di beri variasi tegangan 5 dan 12 Volt. Besar medan magnet yang dihasilkan diukur dengan alat pengukur medan magnet U11300. Hasil pengukuran medan magnet dengan variasi tegangan dalam penelitian ini dirangkum dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran medan magnet

	Tegangan (volt)	Arus (A)	Medan magnet (mT)
Magnet I	12	2.30	105
	5	0.87	46
Magnet II	12	2.45	119
	5	0.94	50
Magnet III	12	2.47	123
	5	0.88	49

Perbedaan medan magnet hasil pengukuran disebabkan jumlah lilitan dari solenoid yang tidak sama persis 1000. Jumlah lilitan tersebut mempengaruhi hambatan dari solenoid, sehingga arus yang dikonsumsi oleh lilitan pun berbeda – beda. Medan magnet berbanding lurus dengan arus yang dikonsumsi solenoid. Semakin kecil arus yang dikonsumsi maka semakin kecil juga medan magnet yang dihasilkan.

Gambar 4 menunjukkan pengaruh variasi besar medan magnet terhadap prosentase presipitasi CaCO_3 . Grafik tersebut menunjukkan bahwa pengolahan dengan menggunakan magnet 0,1 tesla menghasilkan pengurangan kadar kapur dalam air lebih banyak dari pada dengan medan magnet 0,05 tesla. Tanda negatif pada grafik tersebut menunjukkan terjadinya pengurangan kadar kapur dalam persen.

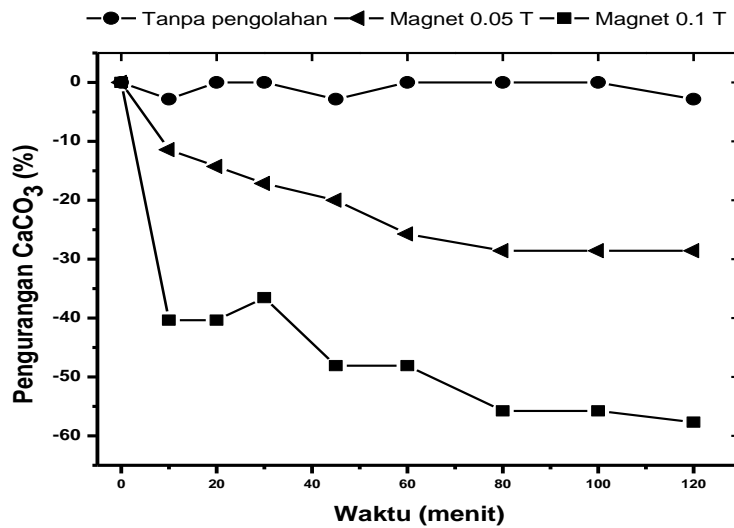
Pengolahan dengan medan magnet 0,05 tesla terjadi pengurangan kadar kapur seiring lama nya waktu yang pengolahan. Semakin lama pengolahan, pengurangan kadar kapur semakin banyak berkurang. Sampai pada keadaan saturasi pada menit ke 80. Setelah menit ke-80 tidak terjadi pengurangan kadar kapur. Hal ini dikarenakan pengaruh medan magnet sudah tidak ada lagi terhadap ion – ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} . Sedangkan untuk pengolahan medan magnet 0,1 tesla, memberikan pengaruh yang lebih besar dengan waktu pengolahan yang sama.

Maksimum presipitasi yang terjadi setelah diberi perlakuan medan magnet sebesar 0,05 Tesla adalah 28,57 % sedangkan untuk perlakuan dengan medan magnet 0,1 tesla terjadi pengendapan sebesar 57,69 %. Ikatan antara ion dan molekul air yang terbentuk (*hydration shell*) mengalami pelemahan setelah diberi perlakuan medan magnet. Pelemahan ikatan ini akan memudahkan ion – ion pembentuk CaCO_3 berikatan. Pelemahan ikatan antara molekul air dan ion dikarenakan terjadinya pergeseran ion dari lintasannya yang diakibatkan oleh adanya gaya Lorentz. Gaya Lorentz terjadi ketika ion (Ca^{2+} atau CO_3^{2-}) bergerak melewati sebuah medan magnet. Arah gaya Lorentz mengikuti kaidah tangan kanan dengan besar $F = q(v \times B)$. Efek gaya Lorentz terhadap pergeseran ion telah dipelajari oleh Kozic pada tahun 2003. Hasil simulasi menunjukkan terjadi pergeseran ion sebesar 0,2 – 10 nm dan pergeseran partikel 0,2 nm – 2 μm [7]. Dengan pergeseran tersebut, *hydration shell* akan terganggu sehingga ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} akan terlepas dari ikatannya dengan molekul air dan dapat berikatan membentuk CaCO_3 .

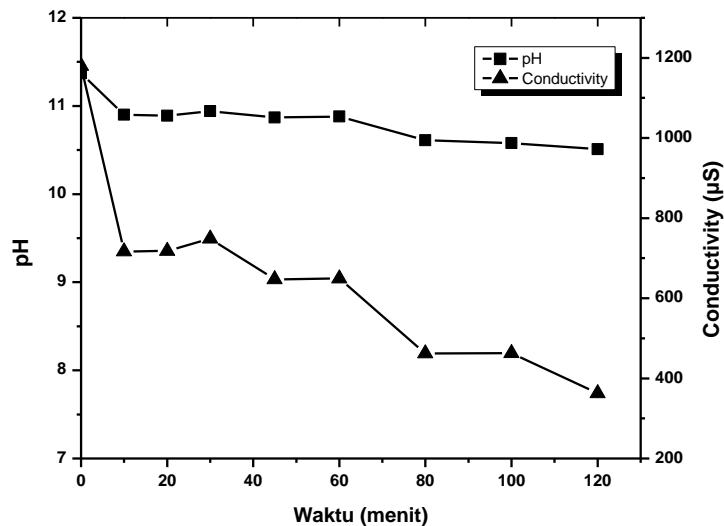
Semakin besar penggunaan medan magnet untuk mengolah maka semakin besar gaya Lorentz yang dihasilkan. Semakin besar gaya Lorentz yang dihasilkan maka ikatan antar molekul air dengan ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} mudah terlepas. Terlepasnya ion – ion tersebut akan memudahkan untuk saling berikatan dan membentuk kapur.

Peletakan kutub medan magnet juga berpengaruh pada proses pengendapan kadar kapur. Penggunaan medan magnet yang disusun paralel dapat meningkatkan efisiensi medan magnet yang digunakan. Penelitian yang dilakukan menggunakan medan magnet yang disusun paralel. Hal ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang menghasilkan pengurangan kadar kapur lebih banyak 27,14% daripada magnet yang disusun seri[9].

Perbedaan prosentase pengurangan 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 berorientasi mengikuti kutub magnet yang di berikan sehingga akan memberikan pengaruh lebih besar untuk memperlemah interaksi hidrat ion. Sehingga memudahkan ion – ion keluar dari ikatan molekul air dan saling bertumbukan antar ion dan dapat membentuk persipitasi CaCO_3 [9].



Gambar 4. Prosentase pengurangan kadar kapur dalam air dengan variasi besar medan magnet (0,05 dan 0,1 Tesla)



Gambar 5. pH dan konduktivitas air sampel setelah pengolahan dengan menggunakan medan magnet

Gambar 5 menunjukkan pengukuran pH air sampel diukur dengan menggunakan alat AZ 86505. Dari hasil pengukuran (Gambar 5) didapatkan bahwa terjadi penurunan pH untuk sampel setelah diolah dengan medan magnet dari 11,37 ke 10,51 untuk waktu pengolahan 120 menit. Penurunan pH ini diakibatkan berkurangnya ion-ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} dalam larutan yang membentuk presipitasi CaCO_3 .

Selain pH, dilakukan juga pengukuran terhadap konduktivitas air sampel yang telah

diolah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa terjadi penurunan konduktivitas larutan setelah diolah selama 120 menit dengan medan magnet sebesar 30,76 % dari 1180 ke 363. Menurut Holysz tahun 2007 menyatakan penurunan konduktivitas larutan disebabkan adanya pelemahan interaksi hidrat ion. Jika interaksi hidrat ion melemah maka terjadinya nukleasi CaCO_3 akan lebih mudah[10].

5. SIMPULAN

Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa pengolahan air kapur dengan besar medan

magnet yang berbeda menghasilkan presipitasi CaCO_3 berbeda juga. Prosentase pengurangan maksimum sebesar 28,57 % untuk medan magnet 0,05 tesla dengan waktu pengolahan 120 menit sedangkan untuk besar medan magnet 0,1 tesla menghasilkan pengendapan maksimum adalah sebesar 57,69 %.

6. DAFTAR ACUAN

- [1] A. Fathi, T. Mohamed, G. Claude, G. Maurin, and B. A. Mohamed, "Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate," *Water Research*, vol. 40, pp. 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, "Morphology and Growth Rate of Calcium Carbonate Crystals in a Gas-Liquid-Solid Reactive Crystallizer," *Chemical Engineering Science*, vol. 2, No. 21-22, pp. 4171-4177, 1997.
- [4] G. H. Fairchild and R. L. Thatcher, "Acicular Calcite and Aragonite Calcium Carbonate," *US Patent* vol. 6, 022, p. 517, 2000.
- [5] N. Saksono, A. Wijaya, and T. Budikania, "Pengaruh Medan Elektromagnet Terhadap Presipitasi CaCO_3 ," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"* pp. G03-1 - G03-6, 26 Januari 2010 2010.
- [6] C. Gabrielli, R. Jaouhari, G. Maurin, and M. Keddad, "Magnetic water treatment for scale prevention," *Water Research*, vol. 35, pp. 3249-3259, 2001.
- [7] V. Kozic and L. C. Lipus, "Magnetic Water Treatment for a Less Tenacious Scale," *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, vol. 43, pp. 1815-1819, 2013/05/30 2003.
- [8] K. F. ITS, "Modul Praktikum Kimia Analitik I," 2004.
- [9] T. Putro and Endarko, "Pengaruh Variasi Penempatan Kutub Medan Magnet pada Pengurangan Kadar CaCO_3 dalam Air," *JURNAL FISIKA DAN APLIKASINYA*, vol. 9 Nomor 3, pp. 125-127, 2013.
- [10] L. Holysz, A. Szczes, and E. Chibowski, "Effects of a static magnetic field on water and electrolyte solutions," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 316, pp. 996-1002, 2007.