



## Preparation of Magnesium Oxide Nanoparticles from a Sea Water Bittern as an Antibacterial Agent Against *Escherichia coli*

Ananda Nurmalia Kusuma Ningrum, Jumaeri<sup>✉</sup>

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang Gedung D6 Lantai 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229, Indonesia.

### Info Artikel

Diterima November 2021

Disetujui Desember 2021

Dipublikasikan Mei 2022

#### Keywords:

MgO nanopartikel

Bittern

antibakteri

*E.coli*

### Abstrak

*Bittern* merupakan produk samping hasil pembuatan garam yang memiliki kandungan  $MgCl_2$  yang tinggi. *Bittern* dapat menghasilkan  $Mg(OH)_2$  yang merupakan salah satu prekursor penting dari  $MgO$ . Senyawa  $MgO$  dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri terhadap *E. coli* yang mengkontaminasi makanan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis  $MgO$  nanopartikel dari *bittern* serta melakukan pengujian antibakterinya terhadap *E. coli*. Sintesis dilakukan menggunakan metode presipitasi basah dengan reaksi *bittern* dan  $NaOH$  teknis dengan rasio volume 1:1 yang selanjutnya dikalsinasi pada temperatur  $500^\circ C$ ,  $600^\circ C$ , dan  $700^\circ C$ . Uji karakteristik menggunakan XRD, FT-IR dan SEM serta pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi cakram dengan konsentrasi 10 mg/mL, 20 mg/mL, dan 30 mg/mL. Daya hambat diukur berdasarkan besarnya diameter daerah hambatan pertumbuhan bakteri. Berdasarkan hasil uji XRD menunjukkan hasil  $MgO$  murni dengan ukuran kristalit yaitu 6,3 nm; 7,2 nm; dan 15,8 nm pada masing-masing temperatur kalsinasi, uji FT-IR menghasilkan adanya serapan pada gelombang  $<450\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus  $MgO$  serta uji SEM menghasilkan struktur nano yang hampir bulat, padat seperti rongga dalam biji-bijian. Hasil pengujian aktivitas antibakteri  $MgO$  nanopartikel menunjukkan aktivitas penghambatan dengan rentang diameter antara 5–8 mm yang diinterpretasikan dalam kategori sedang. Nilai penghambatan terbaik yaitu pada kalsinasi  $500^\circ C$  pada konsentrasi 30 mg/ml sebesar 7,87 mm.

### Abstract

Bittern is a by-product of the manufacture of salt which has a high  $MgCl_2$  content. Bittern can produce  $Mg(OH)_2$  which is one of the important precursors of  $MgO$ .  $MgO$  compounds can be used as an antibacterial against *E. coli* that contaminates food. This research aims to synthesize  $MgO$  nanoparticles as well as antibacterial testing against *E. coli*. Synthesis was performed using the wet precipitation method with bittern reaction and technical  $NaOH$  with volume ratio 1: 1 which was then calcined at  $500^\circ C$ ,  $600^\circ C$ , and  $700^\circ C$ . Characteristic tests using XRD, FT-IR, and SEM and antibacterial activity testing using disc diffusion method with concentrations of 10 mg/mL, 20 mg/mL, and 30 mg/mL. Inhibition is measured based on the size of the diameter of the bacterial growth inhibition area. Based on the results of the XRD test showed the result of pure  $MgO$  with a crystalline size of 6.3 nm; 7.2 nm; and 15.8 nm at each calcination temperature, the FT-IR test produced an absorption at a wave  $<450\text{ cm}^{-1}$  indicating the presence of  $MgO$  clusters and the SEM test produced a nano-structure that was almost round, dense as a cavity in the grains. The results of testing the antibacterial activity of  $MgO$  nanoparticles showed inhibitory activity with a diameter range between 5 mm - 8 mm which was interpreted in the medium category. The best inhibition value is 5000C calcination at a concentration of 30 mg/ml of 7.87 mm.

## Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan salah satu negara penghasil garam yang memanfaatkan air laut sebagai sumber bahan baku. Garam yang dihasilkan dari proses penguapan (evaporasi) dan kristalisasi air laut memiliki kandungan seperti NaCl, MgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>, dan KCl (Sumada *et al.*, 2016). Limbah hasil produksi garam atau yang biasa disebut *bittern* yang memiliki kandungan MgCl<sub>2</sub> lebih tinggi merupakan limbah buangan yang hanya dibuang begitu saja, padahal *bittern* memiliki manfaat yang belum diketahui banyak orang. *Bittern* yang dihasilkan dari produksi garam air laut telah dilaporkan dalam penelitian sebelumnya (Pilarska *et al.*, 2017) bahwa *bittern* dapat menghasilkan Mg(OH)<sub>2</sub> yang merupakan salah satu prekursor penting dari MgO.

Manfaat MgO sebagai antibakteri dalam aplikasi biomedis dalam perkembangannya digunakan dalam bahan aditif obat untuk mengobati penyakit diare yang disebabkan oleh makanan yang terkontaminasi bakteri *Escherichia coli* yang disebut DEC. Penyakit DEC atau *Diarrheagenic Escherichia coli* adalah penyakit diare karena bakteri *Escherichia coli* yang sering terjadi pada anak-anak dibawah 5 tahun (Zhou, *et al.*, 2018).

Beberapa penelitian tentang sintesis Magnesium Oksida nanopartikel sebagai antimikroba dari bahan dasar Magnesium Nitrat. Almontasser *et al.*, (2019) mensintesis Magnesium Oksida nanopartikel dari Magnesium nitrat dengan amonia lalu dikalsinasi pada suhu 500°C sebagai antibakteria. Palanisamy & Pazhanivel, (2017) melakukan sintesis hijau Magnesium Oksida nanopartikel dari ekstrak daun sirih sebagai antibakteri *B. subtilis* dan *P. Aureginosa* dihasilkan MgO nanopartikel memiliki efektivitas dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

Baru-baru ini, Magnesium Oksida nanopartikel telah menarik banyak minat untuk digunakan dalam aplikasi biomedis karena sifat antimikroba yang dimiliki. Dalam penelitian tersebut, dilaporkan bahwa Magnesium Oksida memiliki aktivitas antimikroba terhadap bakteri Gram-positif dan Gram-negatif, spora, dan virus yang dapat pula dibuat dari prekursor ekonomis (Noori & Fadil, 2019).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mensintesis Magnesium Oksida atau MgO dalam bentuk nanopartikel dengan metode presipitasi basah menggunakan bahan baku yang mudah didapat dan murah seperti limbah garam cair yang dihasilkan dari produksi garam air laut atau *bittern* dengan kekentalan 27 °Be sebagai antibakteri terhadap *E. coli*. Sejauh ini belum ditemukan sintesis MgO nanopartikel dari *bittern* dengan NaOH teknis pada variasi suhu 500°C, 600°C, dan 700°C sebagai antibakteri.

## Metode

Alat yang digunakan yaitu *beaker glass*, gelas ukur, lumpang, alu, pipet tetes, alat titrasi, pipet volum, cawan porselin, spatula, pH *stick*, Baumemeter, corong, *magnetic stirrer*, pembakar spirtus, pinset, jarum ose, neraca analitik, kertas saring *whatman* No.42, pompa vakum, oven, inkubator, mikropipet, *yellow tip*, *micro tube*, *L-Rod*, cawan petri, erlenmeyer, gelas arloji, *furnace*, *muffle furnace*, tabung reaksi, kapas, karet, *aluminium foil*, autoklaf, *Laminar Air Flow*, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier-Transform Infra Red Spectroscopy* (F-TIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) serta *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Sedangkan bahan yang digunakan yaitu *bittern* 27°Be dari PT. Tambak Garam Lasem, NaOH teknis, aquades, *E.coli*, *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA), *Nutrient Broth*, dan antibiotik *amoxicillin*.

Penelitian ini diawali dengan sintesis MgO nanopartikel dengan metode presipitasi basah (Jumaeri *et al.*, 2021). *Bittern* 27°Be dari PT. Tambak Garam Lasem direaksikan dengan NaOH teknis dengan rasio 1600mL:1700mL kemudian diendapkan hingga terbentuk endapan Mg(OH)<sub>2</sub> selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Setelah itu, dicuci menggunakan aquades dan sebagian lagi tidak di cuci. Produk MgO yang sudah di cuci dioven kembali pada suhu 110°C selama 2 jam kemudian dibagi menjadi 3 untuk di kalsinasi pada masing-masing temperatur 500°C, 600°C, dan 700°C selama 4 jam. Sedangkan MgO yang tidak di cuci dikalsinasi pada temperatur 500°C.

Selanjutnya di karakterisasi meliputi bahan dasar *bittern*, NaOH teknis, Magnesium Oksida dari hasil kalsinasi pada suhu 500°C, 600°C, dan 700°C serta uji aktivitas antibakteri *E.coli*. Karakterisasi bahan *bittern* menggunakan uji AAS, NaOH teknis diuji dengan titrasi asam-basa, serta hasil produk Magnesium Oksida nanopartikel diuji dengan XRD, FTIR dan SEM (Jumaeri, *et al.*, 2021).

Adapun uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi cakram dengan media spesifik yaitu Eosin Methylene Blue Agar (EMBA). Uji antibakteri dilakukan pada konsentrasi MgO nanopartikel masing-masing yaitu 10 mg/mL, 20 mg/mL, dan 30 mg/mL untuk masing-masing temperatur kalsinasi serta untuk mengetahui konsentrasi terbaik MgO nanopartikel yang efektif menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli*. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam untuk memungkinkan pertumbuhan bakteri *E. coli* sehingga nilai zona hambat dapat diukur (Almontasser, *et al.*, 2019).

### Hasil dan Pembahasan

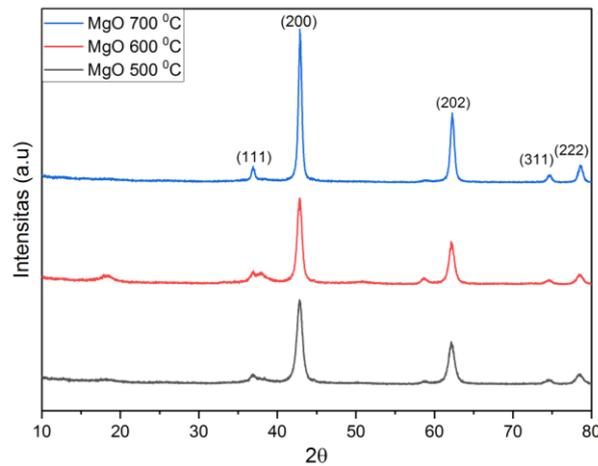
Sintesis MgO nanopartikel meliputi preparasi sampel, proses reaksi, pengendapan, pengadukan, pengeringan, pencucian dan kalsinasi. Magnesium Oksida nanopartikel dihasilkan sebanyak 400 gram dengan warna putih bersih serta pada temperatur yang lebih tinggi diamati MgO nanopartikel yang diperoleh memiliki ukuran partikel lebih halus dengan urutan  $700^{\circ}\text{C} < 600^{\circ}\text{C} < 500^{\circ}\text{C}$  (Jumaeri *et al.*, 2021).

Hasil uji MgO nanopartikel menggunakan XRD untuk mengetahui untuk mengidentifikasi fasa kristalin dan untuk mendapatkan ukuran partikel. uran Diperoleh ukuran kristal nano dengan ukuran yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Ukuran kristal nano hasil XRD

No	Variasi suhu	Ukuran kristal
1.	MgO 500°C	6,3 nm
2.	MgO 600°C	7,2 nm
3.	MgO 700°C	15,8 nm

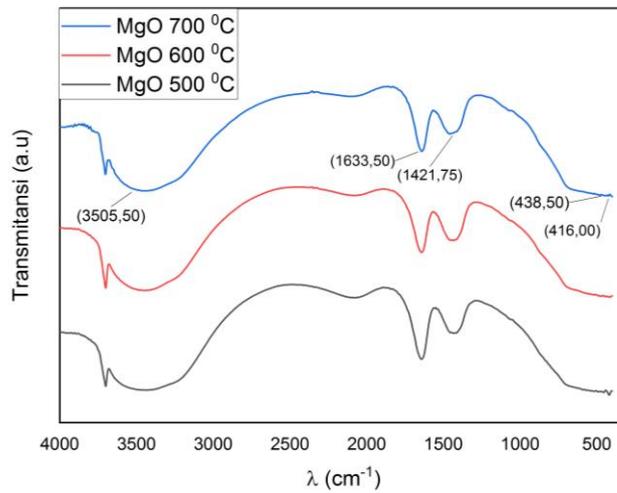
Ukuran kristal dihasilkan dari persamaan Debye Scherrer, selebihnya pola XRD dapat dilihat pada Gambar 1.



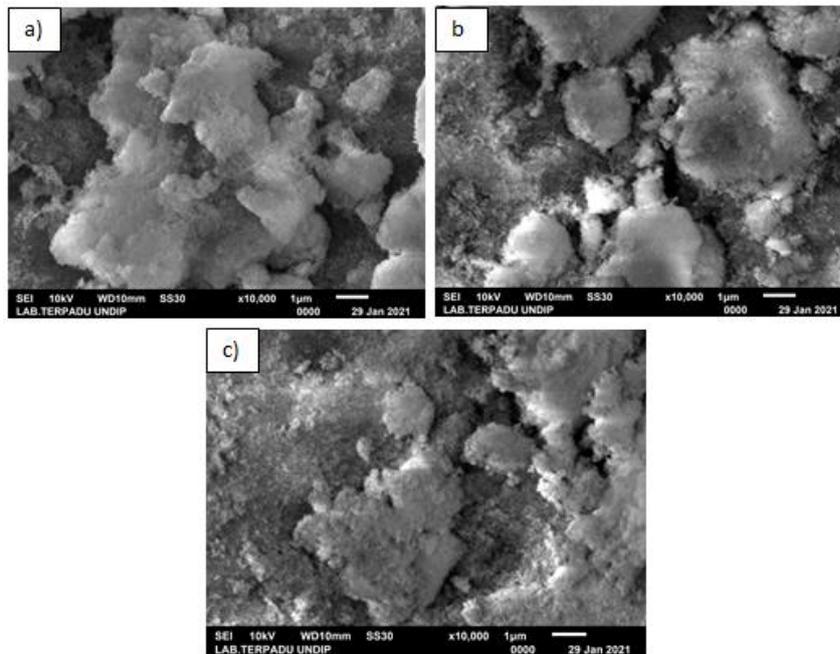
**Gambar 1.** Hasil uji XRD

Gambar 1 menunjukkan puncak difraksi sudut  $2\theta$  sebesar  $36,82; 42,85; 62,18; 74,66; \text{ dan } 78,77$  yang diindekskan ke  $(1\ 1\ 1)$ ,  $(2\ 0\ 0)$ ,  $(2\ 0\ 2)$ ,  $(3\ 1\ 1)$ , dan  $(2\ 2\ 2)$  bidang difraksi. Semua puncak difraksi siap diindeks ke fase kubik murni Magnesium Oksida cocok dengan puncak referensi dalam kartu JCPDS No. 89-7746 dengan  $a=b=c=4,2104\ \text{\AA}$ . Pada Gambar 1 diamati dari ketiga grafik terdapat puncak kecil yang dikaitkan dengan  $\text{CaCO}_3$  dari semua sampel. Puncak kecil tersebut berada pada sudut  $2\theta$  diantara  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  yaitu aragonit yang merupakan polimorf dari  $\text{CaCO}_3$  yang memiliki puncak  $(1\ 1\ 1)$ . Puncak  $(2\ 0\ 0)$  menunjukkan MgO dengan puncak yang tinggi dan tajam. Peningkatan suhu kalsinasi dari  $500^{\circ}\text{C}$ - $700^{\circ}\text{C}$  secara bertahap aragonit berubah menjadi kalsit yang juga merupakan polimorf dari  $\text{CaCO}_3$ , kalsit terbentuk pada sudut  $2\theta$  diantara  $60^{\circ}$ - $80^{\circ}$  puncak  $(2\ 0\ 2)$ ,  $(3\ 1\ 1)$ , dan  $(2\ 2\ 2)$ . Ketiga grafik dapat diamati pula semakin tinggi suhu kalsinasi puncak MgO pada indeks  $(2\ 0\ 0)$  semakin tajam dan lebarnya menyempit. Lebar puncak dan tajam puncak mengindikasikan ukuran kristal nanometrik dan kristalinitas suatu material (Pratapa, *et al.*, 2009). Pada Gambar 1 diketahui bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi maka ukuran kristal semakin besar dan laju pembentukan kristal akan semakin tinggi pula.

Uji FTIR juga dilakukan ditunjukkan pada grafik Gambar 2. Spektrum FT-IR pada Gambar 2 menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang  $3505,50\ \text{cm}^{-1}$ ;  $1633,50\ \text{cm}^{-1}$ ;  $1421,75\ \text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus OH yaitu ikatan hidrogen dari molekul air yang semakin melebar. Pada bilangan gelombang  $< 450\ \text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus MgO yaitu bilangan gelombang  $438,50\ \text{cm}^{-1}$  dan  $416,00\ \text{cm}^{-1}$ . Spektrum yang dihasilkan pada uji FT-IR pada sampel Magnesium Oksida nanopartikel sudah cocok dengan literatur (Vergheese & Vishal, 2018) karena teridentifikasi adanya serapan pada bilangan gelombang  $< 450\ \text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus MgO. Morfologi permukaan MgO nanopartikel di uji menggunakan SEM dengan hasil pada Gambar 3.



**Gambar 2.** Hasil uji FTIR



**Gambar 3.** Hasil karakterisasi SEM analisis a) MgO nanopartikel suhu 500°C, b) MgO nanopartikel suhu 600°C dan c) MgO nanopartikel suhu 700°C perbesaran 10000X

Berdasarkan hasil uji SEM analisis dari Magnesium Oksida nanopartikel pada Gambar 3 bahwa peningkatan suhu kalsinasi dari 500°C menjadi 700°C memiliki pengaruh yang besar pada ukuran morfologi MgO dan ukuran kristal disertai dengan penurunan porositas. Lamanya kalsinasi dan tingginya suhu kalsinasi menyebabkan pertumbuhan ukuran butir MgO. Perubahan morfologi butir MgO dengan jelas menyebabkan berkurangnya luas permukaan dengan peningkatan suhu dan lamanya kalsinasi. Semakin tingginya kalsinasi juga dapat menyebabkan penurunan reaktivitas MgO nanopartikel. Pada Gambar 3 diamati bahwa MgO nanopartikel memiliki struktur berpori yang hampir bulat (Essien, *et al.*, 2020).

Uji antibakteri menggunakan metode difusi cakram didapatkan diameter zona hambat rata-rata tiap variasi konsentrasi yang berbeda. Hasil ditunjukkan pada Tabel 2 bahwa pada suhu kalsinasi 500 °C memiliki aktivitas antibakteri dengan diameter zona hambat terbaik yaitu sebesar 7,87 mm pada konsentrasi tertinggi 30 mg/mL. Hal ini dikarenakan sifat antibakteri dari MgO menurun dengan meningkatnya suhu kalsinasi sehingga suhu kalsinasi pada 500 °C lebih efektif menghambat pertumbuhan bakteri dibandingkan dengan suhu kalsinasi 600°C dan 700°C. Zona bening dari efek penghambatan MgO nanopartikel terjadi dengan menghambat pertumbuhan bakteri dengan merusak dinding sel bakteri. Ketika dinding sel dirusak dan

ditembus maka metabolit akan mengalami kebocoran dan fungsi sel lain dalam bakteri akan terhenti sehingga mencegah bakteri untuk bereproduksi (Sundrarajan, *et al.*, 2012). Jadi, zat antibakteri yang telah berhasil melewati membran sel bakteri ketika konsentrasi rendah berperan sebagai bakteriostatik sedangkan pada konsentrasi tinggi berperan sebagai antimikroba dengan cara mengkoagulasi protoplasma bakteri sehingga terbentuk ikatan stabil dengan protein bakteri yang akan mendenaturasi protein bakteri yang menyebabkan kerusakan dinding sel bakteri (Irsyaadyah, 2019). Hasil masing – masing diameter zona hambat variasi suhu dan konsentrasi diinterpretasikan dalam kategori zona hambat bakteri sehingga termasuk kategori sedang. Berikut paparan Tabel 2 hasil uji aktivitas antibakteri.

**Tabel 2.** Hasil Uji Antibakteri

Jenis sampel	Konsentrasi (mg/mL)	Rata-rata Diameter Zona Hambat (mm) ± SD
MgO 500°C	10	6,7 ± 0,17
	20	7,47 ± 0,16
	30	7,87 ± 0,21
MgO 600°C	10	6,33 ± 0,25
	20	6,73 ± 0,58
	30	7,07 ± 0,40
MgO 700°C	10	5,3 ± 0,26
	20	5,57 ± 0,06
	30	6,93 ± 0,55
Kontrol MgO 500°C tanpa cuci	30	9,2 ± 0,61
Kontrol Negatif Aquades	0	0
Kontrol Positif <i>Amoxicillin</i>	30	16,3 ± 0,40

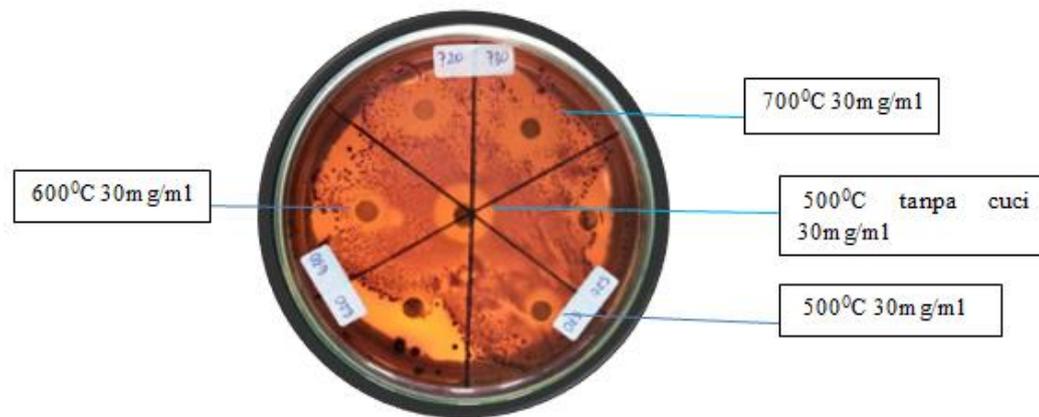
Gambar 4 menyajikan hasil uji perbandingan aktivitas antibakteri. Uji perbandingan aktivitas antibakteri MgO nano hasil pencucian dengan tanpa pencucian dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa zona hambat lebih efektif pada perlakuan MgO nanopartikel tanpa pencucian dalam konsentrasi 30 mg/mL dengan suhu kalsinasi 500°C ditandai dengan zona bening sekitar kertas cakram yang lebih luas dibanding MgO nanopartikel dengan pencucian pada suhu 500°C, 600°C, dan 700°C konsentrasi 30mg/mL. Gambar 4 ditunjukkan hasil rata-rata diameter zona hambat masing–masing diketahui bahwa MgO nanopartikel tanpa pencucian zona hambatnya lebih besar dibanding dengan MgO dengan pencucian aquades yaitu sebesar 9,2 mm masih termasuk kategori sedang dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Surjowardojo, *et al.*, 2015).

Hal ini karena memungkinkan masih adanya kandungan NaCl yang terdapat dalam sampel MgO nanopartikel tersebut sehingga menambah sifat antibakteri yang lebih kuat dibanding MgO nanopartikel murni. Natrium Klorida mampu membunuh bakteri gram-positif dan gram-negatif (Rimbiyastuti, *et al.*, 2016). Semakin tinggi konsentrasi NaCl yang terdapat dalam sampel maka semakin tinggi pula daya hambat antimikroba (Plczar & Chan, 2008).

## Simpulan

Proses sintesis Magnesium Oksida nanopartikel dari *bittern* menggunakan metode presipitasi basah yang merupakan metode pengendapan dengan pengadukan dan hasil samping sintesisnya berupa air sehingga kemungkinan kontaminasi selama proses sintesis sangat rendah. Karakteristik MgO nanopartikel dari *bittern* air laut dari uji XRD dihasilkan ukuran kristal pada 500°C; 600°C; dan 700°C yaitu 6,3 nm; 7,2 nm; dan 15,8 nm. Uji FT-IR dihasilkan spektrum yang menunjukkan adanya gugus MgO pada bilangan gelombang <450 cm<sup>-1</sup>. Uji SEM menghasilkan bentuk morfologi permukaan MgO dengan struktur berpori yang hampir bulat.

Aktivitas antibakteri pada MgO nanopartikel menunjukkan aktivitas penghambatan ditandai dengan adanya zona bening yang terbentuk disekitar cakram. Efektivitas antibakteri dari Magnesium Oksida nanopartikel dari *bittern* terbaik yaitu pada konsentrasi tertinggi 30 mg/mL masing- masing 7,87 mm pada 500°C; 7,07 mm pada 600°C; dan 6,93 mm pada 700°C yang diinterpretasikan dalam kategori zona hambat sedang.



**Gambar 4.** Hasil uji perbandingan aktivitas antibakteri *E.coli* pada konsentrasi tertinggi 30mg/ml pada masing-masing suhu kalsinasi

#### Daftar Referensi

- Almontasser, A., Parveen, A., & Azam, A. 2019. Synthesis, Characterization and antibacterial activity of Magnesium Oxide (MgO) nanoparticles. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 577 012051. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/577/1/012051>
- Essien, E. R., Atasi, V.N., Oyebanji, T.O., & Nwude, D.O. 2020. Biomimetic synthesis of magnesium oxide nanoparticles using *Chromolaena odorata* (L.) leaf extract. *Chemical Papers.* <https://doi.org/10.1007/s11696-020-01056-x>
- Irsyaadyah, J.S. 2019. Aktivitas Antibakteri Plum (*Prunus domestica* L.). *JIKSHI*, 10(2): 365-367
- Jumaeri, Mahatmanti, F. W., Rahayu, E. F., Qoyyima, D., Ningrum, A.N. K. 2021. Recovery of High Purity Sodium Chloride from Seawater Bittern by Precipitation-Evaporation Method. *J. Phy.: Conf. Ser.* 1918032023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/3/032023>
- Noori, A. J. & Fadil, A. K. 2019. The effect of magnesium oxide nanoparticles on the antibacterial and antibiofilm properties of glass-ionomer cement. *Heliyon*, 5: 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02568>
- Palanisamy, G. & Pazhanivel, T. 2017. Green synthesis of MgO nanoparticles for antibacterial activity. *IRJET*, 04: 137-138
- Pilarska, A.A., Klapiszewski, L., & Jesionowski, T. 2017. Recent Development in the Synthesis, Modification and Application of Mg(OH)<sub>2</sub> and MgO. A Review. *Powder Technol.* 319: 373-407. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.07.009>
- Pelczar, M.J & Chan, E.S.C. 2008. Dasar-dasar Mikrobiologi, Terjemahan Ratna S.H, Teja I., S. Sutarmidan Sri I. A, Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta.
- Pratapa, S. 2009. Bahan Kuliah Difraksi Sinar-X. Jurusan Fisika. Surabaya.
- Rimbiyastuti, H., Suwarsono & Julianto, A.Y. 2016. Pengaruh Konsentrasi Larutan Garam Beryodium (NaCl) terhadap Daya Hambat Bakteri *Streptococcus mutans*. *J. Kesehatan Gigi*, 3(1): 30-32
- Sumada, K., Retno, D., & Suprihatin. 2016. Garam Industri Berbahan Baku Garam Krosok Dengan Metode Pencucian dan Evaporasi. *J. Teknik Kimia*, 11(1): 2-3.
- Sundrarajan, M., Suresh, J., & Gandhi, R.R. 2012. A comparative Study on Antibacterial Properties of MgO Nanoparticles Prepared Under Different Calcination Temperature. *Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 7(3): 983-989
- Surjowardojo, P., Susilorini, T.E., & Sirait, G.R.B. 2015. Daya Hambat Dekok Kulit Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas* sp. Penyebab Mastitis pada Sapi Perah. *J.Ternak Tropika*, 16(2): 40-48

- Vergheese. M., & Vishal S.K. 2018. Green synthesis of magnesium oxide nanoparticles using *Trigonella foenum-graecum* leaf extract and its antibacterial activity. *J Pharmacogn Phytochem*, 7: 1193-1200
- Zhou, Y., Zhu, X., Hou, H., Lu, Y., Yu, J., Mao, L., & Sun, Z. 2018. Characteristics of diarrheagenic *Escherichia coli* among children under 5 years of age with acute diarrhea: a hospital based study. *BMC Infectious Diseases*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12879-017-2936-1>