

**PEMBENTUKAN KERAK MAGNESIUM KARBONAT  $\text{MgCO}_3$  PADA LAJU  
ALIR 30 ml/menit DENGAN KONSENTRASI  $\text{Mg}^{2+}$   
2000 ppm DAN 3000 ppm**



**JURNAL  
TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar  
Sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Semarang**

**Disusun oleh:**

**Rangga Radia Putra**

**NIM: C2A214017**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG  
2017**

**PEMBENTUKAN KERAK MAGNESIUM KARBONAT ( $\text{MgCO}_3$ ) PADA LAJU ALIR 30 ml/menit DENGAN KONSENTRASI  $\text{Mg}^{2+}$  2000 ppm DAN 3000 ppm**

**RANGGA RADIA PUTRA**

Teknik Mesin-Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kasipah No. 12 Semarang 50254

E-mail : poleslespo@gmail.com

*Scaling in piping systems in industry and households raises many technical and economical problems. This is because the scale may cover or clog the water flowing in the pipe and simultaneously inhibit the process of heat transfer equipment heat exchangers. The purpose of this study is to develop tools Scale Closed Circuit Simulator, understanding the mechanism of formation of scale  $\text{MgCO}_3$  with 30 mL / min in the pipeline with the fluid flow and assess the results of morphology and composition of the scale. The results obtained during testing by reacting  $\text{MgCl}_2$  and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  using a solution of  $\text{Mg}^{2+}$  concentration 2000 ppm and 3000 ppm with a flow rate of 30 mL / min by measuring the induction time. The results showed the concentration of 3000 ppm obtained  $\text{MgCO}_3$  scale mass of 28.2 mg whereas at 2000 ppm concentration mass produce 17.6 grams of  $\text{MgCO}_3$  scale. The induction time for a 2000 ppm concentration is 36 minutes by conductivity 8637  $\mu\text{S} / \text{cm}$ , while the concentration of 3000 ppm had a 28 minute induction time with conductivity of 8625  $\mu\text{S} / \text{cm}$ . From the results of the SEM without addition and with addition of visible morphological forms a cube with monoclinic crystal structure.*

**Keyword :**  $\text{MgCO}_3$ , Concentration, Time induction, SEM-EDS.

## 1. Pendahuluan

Kerak magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ) adalah tumpukan keras dari bahan anorganik dalam bentuk ion  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{CO}_3^{2-}$  terutama pada permukaan perpindahan panas yang disebabkan oleh pengendapan partikel mineral dalam air. Seperti air menguap dalam menara pendingin, uap yang murni hilang dan konsentrasi padatan terlarut dalam air yang tersisa. Jika konsentrasi siklus ini dibiarkan berlanjut, berbagai kelarutan padat akhirnya akan terlampaui. Padatan kemudian akan menetap di dalam pipa atau pada permukaan pertukaran panas, di mana ia sering membeku menjadi kerak (Fauziah and Suprpto, 2013).

Potensi kerak yang disebabkan oleh kerak  $\text{MgCO}_3$  (Magnesium karbonat) dimiliki hampir semua jenis sumber air di dunia seperti air tanah, air payau, air laut serta air limbah. Magnesium karbonat membentuk padatan atau deposit yang sangat kuat menempel pada permukaan material. Sejauh ini  $\text{MgCO}_3$  merupakan salah satu penyebab kerak pada beberapa sistem seperti instalasi *cooling water* (Tzotzi dkk, 2007). Penyebab terjadi kerak di dalam pipa akan mengurangi diameter serta menghambat aliran fluida pada sistem pipa tersebut, sehingga menimbulkan masalah terhambatnya aliran fluida. Terganggunya aliran fluida tersebut menyebabkan tekanan semakin tinggi, sehingga pipa mengalami kerusakan (Asnawati, 2001). Pembentukan kerak dapat dicegah dengan cara pelunakan dan pembebasan mineral air, akan tetapi penggunaan air bebas mineral dalam industri-industri besar membutuhkan biaya yang lebih tinggi (Sousa dan Bertran, 2014).

Peningkatan konsentrasi  $\text{Mg}^{2+}$  akan memperpendek periode induksi karena meningkatkan jumlah pertumbuhan molekul dalam larutan. Tingkat pertumbuhan kristal ditentukan oleh kemampuan difusi zat terlarut ke permukaan kristal dan kemampuan pengendapan zat terlarut di permukaan. Kekuatan yang memudahkan difusi zat terlarut adalah perbedaan konsentrasi zat terlarut antara permukaan kristal dan larutan. Faktor yang perlu diperhatikan dalam laju difusi zat terlarut adalah laju alir. Laju aliran air dan pH-perlakuan pada perangkat magnet memiliki dampak penting pada jenis nukleasi dan jumlah magnesium karbonat yang diendapkan pada akhir uji pengerakan. Laju aliran dan pH-perlakuan sekaligus laju pengendapan yang semakin tinggi, memperbanyak nukleasi yang terjadi dalam larutan (Alimi dkk, 2007). Hisyam (2013) menyatakan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi  $\text{Mg}^{2+}$  menyebabkan waktu induksi lebih cepat. Hal tersebut karena selain membawa komponen kerak lebih banyak dalam fluida, semakin banyak konsentrasi  $\text{Mg}^{2+}$  menyebabkan jumlah ion  $\text{Mg}^{2+}$  yang bergerak lebih banyak yang berdampak semakin cepat pula reaksi yang terjadi antar ion.

Oleh karena itu, pada penelitian ini mempelajari tentang pengaruh jumlah konsentrasi larutan  $\text{Mg}^{2+}$  terhadap pembentukan kerak  $\text{MgCO}_3$ , sehingga pertumbuhan kerak magnesium karbonat yang terbentuk di dalam pipa-pipa industri dapat diketahui. Penelitian ini juga mempelajari perubahan morfologi kerak dan pertumbuhan massa kerak.

## 2. Perumusan Masalah

Pengerakan Magnesium karbonat sangat merugikan dalam industri atau proses produksi sehingga harus dilakukan usaha untuk menghambat



pembentukannya dengan cara mengatur parameter proses yang mempengaruhi pertumbuhannya, diantaranya adalah jumlah konsentrasi larutan dari ppm nya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana proses pembentukan kerak  $\text{MgCO}_3$  dalam pipa memvariasikan konsentrasi ( $\text{Mg}^{2+}$  2000 ppm dan 3000 ppm) pada suhu  $30^\circ\text{C}$ .

### 3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini peneliti membatasi permasalahan kerak yang dikaji yaitu kerak Magnesium karbonat. Pemilihan ini didasari pertimbangan bahwa kerak magnesium karbonate adalah jenis kerak yang paling sering dijumpai dalam lingkungan dalam industri (Hisyam, 2013). Pengerakan magnesium karbonat sangat merugikan dalam industri dan proses produksi sehingga harus dilakukan usaha untuk mengetahui pembentukannya dengan cara mengatur parameter proses yang mempengaruhi pertumbuhannya, diantaranya adalah jumlah konsentrasi  $\text{Mg}^{2+}$ . Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana proses pembentukan kerak magnesium karbonate dalam pipa pada variasi konsentrasi  $\text{Mg}^{2+}$  2000 ppm dan 3000 ppm.

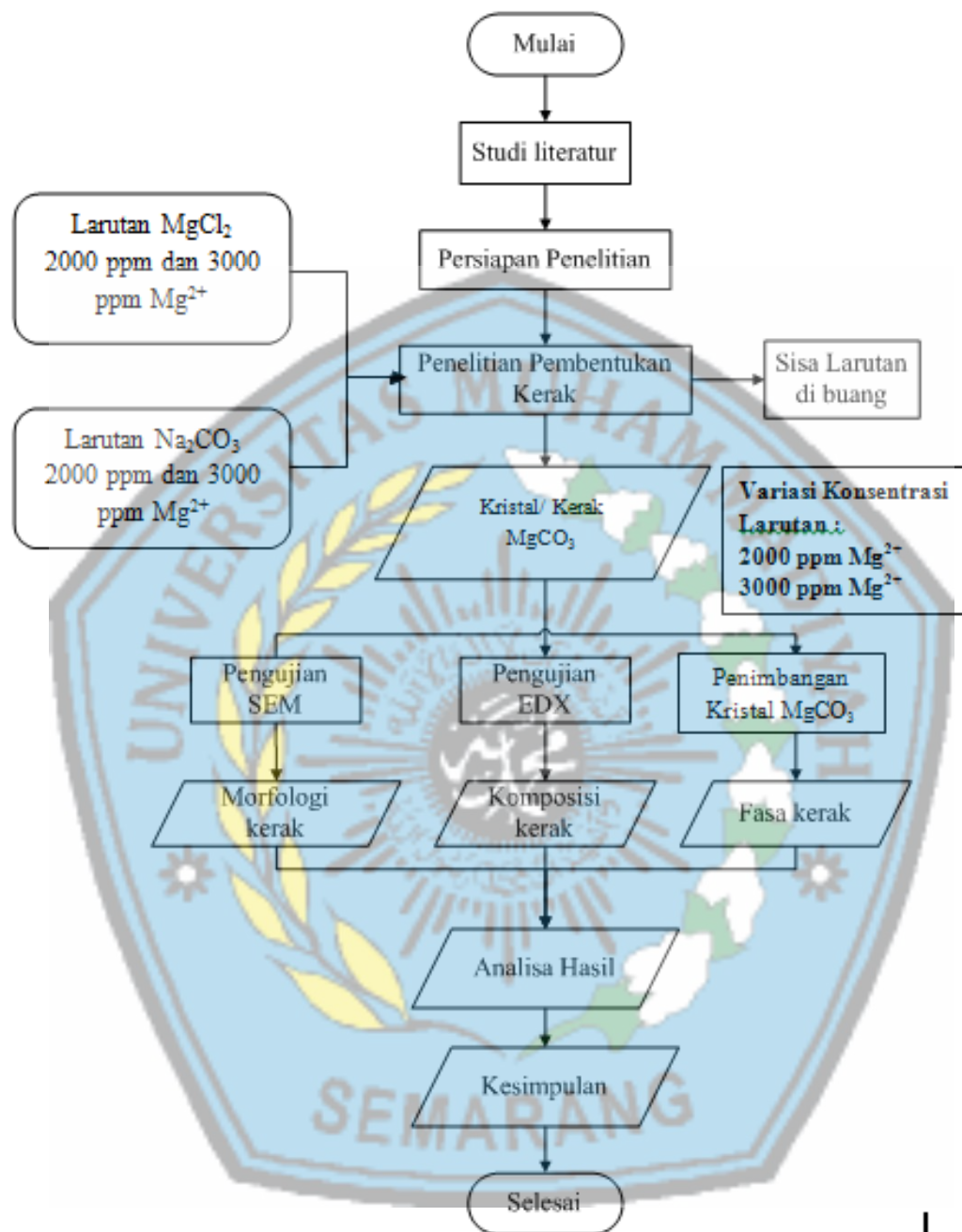
### 4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui proses pengerakan Magnesium karbonat  $\text{MgCO}_3$  di dalam pipa.
2. Mengetahui pengaruh larutan  $\text{Mg}^{2+}$  2000 ppm dan 3000 ppm terhadap pembentukan kerak  $\text{MgCO}_3$ .
3. Mengetahui morfologi kerak  $\text{MgCO}_3$ .

### 5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini merupakan kajian eksperimental yang hasilnya berupa data tentang fenomena pembentukan kerak magnesium karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ) dan proses pencegahan atau mengontrol terbetuknya kerak dengan jumlah larutan. Maka dari itu diharapkan akan memberikan manfaat pada umumnya bagi pengkajian dan pengembangan ilmu tentang kerak pada aspek proses pembentukan dan pencegahannya baik kerak dilingkungan sehari-hari maupun kerak yang muncul dalam industri, khususnya bagi para operator industri yang terkait dengan bidang kerak (seperti *boiler*, *cooling tower* dan *heat exchanger*) bisa mendapatkan tambahan sumber informasi dalam menjalankan tugasnya.

## 6. Metode Penelitian

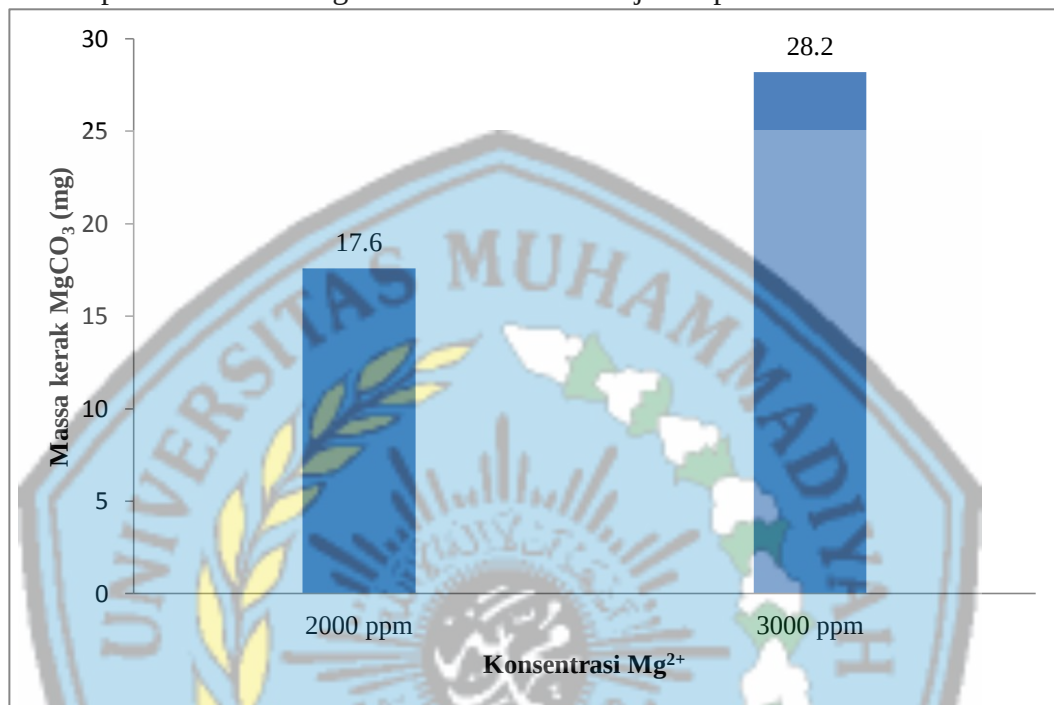


Gambar 3.13. Diagram Alir Penelitian

## 7. Analisa dan Pembahasan

### 8. Pengaruh Konsentrasi $\text{Mg}^{2+}$ Terhadap Massa Kerak $\text{MgCO}_3$

Penelitian mengenai pengaruh konsentrasi  $\text{Mg}^{2+}$  terhadap massa kerak magnesium karbonat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh konsentrasi terhadap pembentukan massa kerak magnesium karbonat. Laju alir yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30 mL/menit. Pengaruh konsentrasi terhadap massa kerak Magnesium karbonat ditunjukkan pada Gambar 4.1.

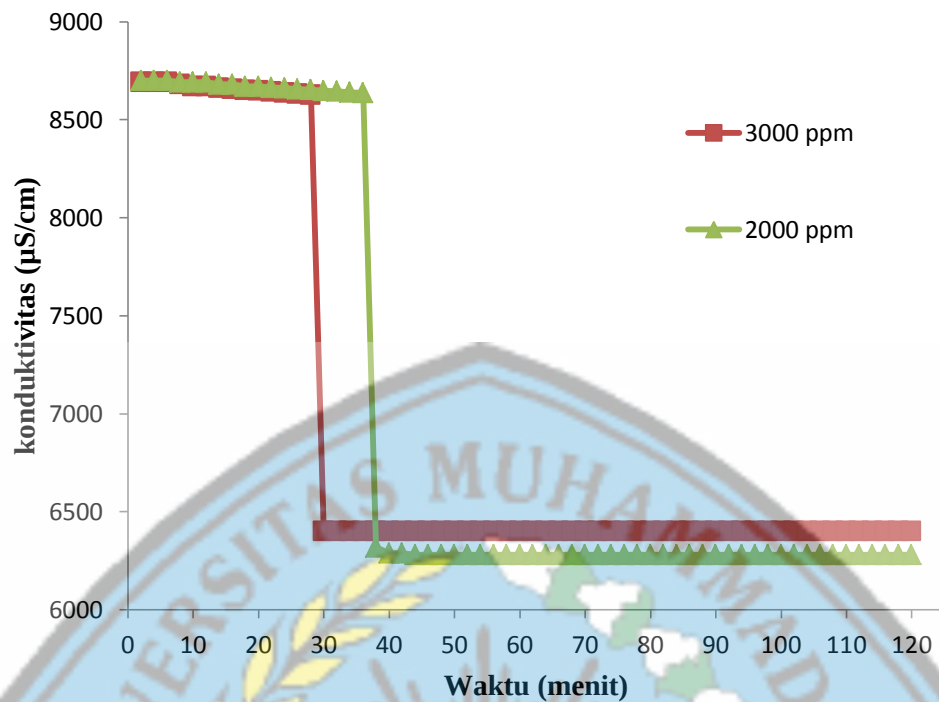


**Gambar 4.1.** Grafik hubungan antara konsentrasi  $\text{Mg}^{2+}$  larutan pada laju alir 30 mL/menit dengan massa kerak magnesium karbonat.

Pada Gambar 4.1, menunjukkan bahwa pada laju alir stabil 30 mL/menit pada konsentrasi larutan 3000 ppm  $\text{Mg}^{2+}$ , massa kerak Magnesium karbonat yang terbentuk lebih banyak dibandingkan dengan pada konsentrasi larutan 2000 ppm  $\text{Mg}^{2+}$ . Ini menunjukkan pada konsentrasi 3000 ppm, reaksi antara reaktan  $\text{MgCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  berjalan lebih cepat dibanding pada konsentrasi 2000 ppm. Konsentrasi  $\text{Mg}^{2+}$  yang semakin besar menyebabkan jumlah ion dalam larutan semakin banyak. Banyaknya ion tersebut mengakibatkan jumlah tumbukan yang semakin besar sehingga laju reaksi akan meningkat dan kerak magnesium karbonat yang terbentuk semakin banyak.

### 9. Analisa Waktu Induksi

Analisa yang dilakukan yaitu tentang waktu yang dibutuhkan oleh senyawa Magnesium karbonat untuk membentuk inti kristal pertama kali. Waktu induksi ditandai dengan menurunnya nilai konduktivitas larutan secara tajam yang menandakan bahwa ion Magnesium telah bereaksi dengan ion karbonat dan mengendap membentuk kerak. Waktu induksi untuk konsentrasi 2000 ppm dan 3000 ppm masing-masing menunjukkan nilai yang berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 4.2. grafik hubungan antara konduktivitas dengan waktu.



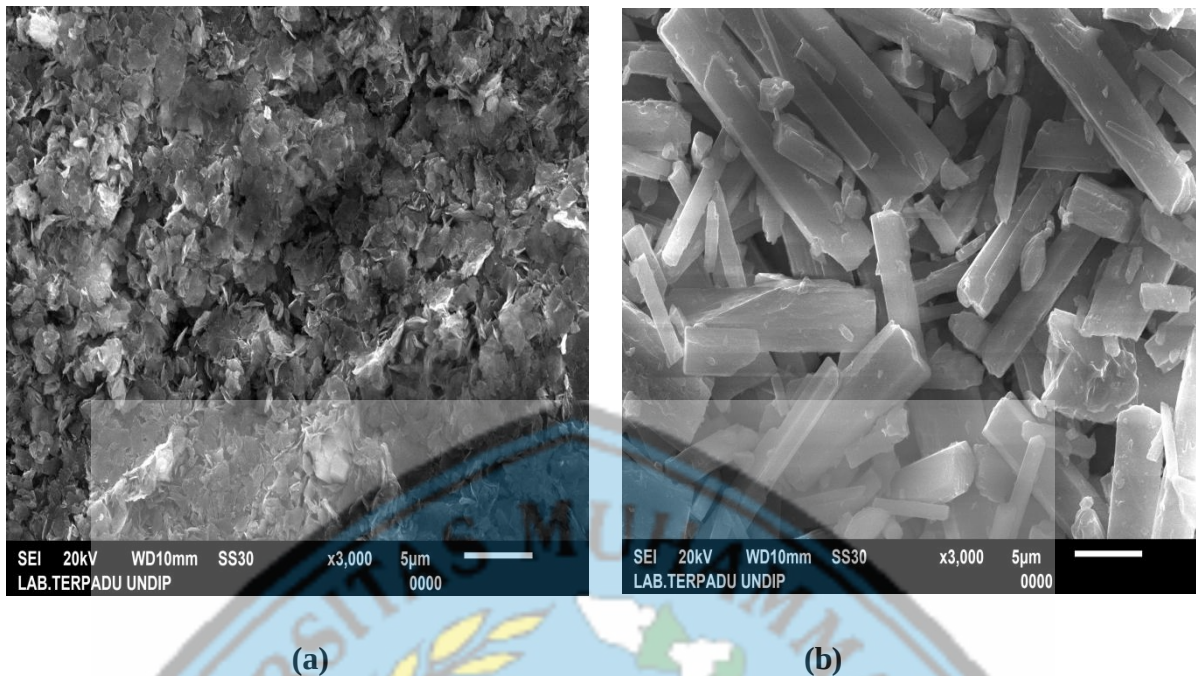
**Gambar 4.2** Grafik hubungan konduktivitas dengan waktu

Gambar 4.2 merupakan grafik hubungan antara konduktivitas larutan dengan waktu penelitian variasi konsentrasi  $Mg^{2+}$  2000 ppm dan 3000 ppm. Pada waktu tertentu terjadi penurunan secara signifikan. Titik penurunan tersebut merupakan waktu induksi. Waktu induksi untuk konsentrasi larutan 2000 ppm adalah 36 menit dengan nilai konduktivitas 8637  $\mu S/cm$  sedangkan pada konsentrasi larutan 3000 ppm memiliki waktu induksi 28 menit dengan nilai konduktivitas sebesar 8625  $\mu S/cm$ . Nilai waktu induksi pada konsentrasi larutan 2000 ppm lebih tinggi dari pada konsentrasi larutan 3000 ppm. Hal ini menunjukkan proses pembentukan inti pada 3000 ppm cepat dibandingkan pada larutan 2000 ppm. Semakin besar konsentrasi  $Mg^{2+}$ , semakin cepat pula waktu induksi yang terjadi. Semakin kecil waktu induksi berarti semakin cepat inti kristal  $MgCO_3$  terbentuk (Muryanto dkk, 2014).

## 10. Pengujian SEM

Pengujian SEM dan pengujian *microanalyser* bisa dilakukan pada suatu instrumen yaitu dengan menggunakan perangkat SEM-EDS. Pengujian SEM dilakukan untuk mengkaji morfologi kristal sedangkan pengujian *microanalyser* bertujuan untuk mengetahui komposisi Magnesium karbonat ( $MgCO_3$ ). Kajian morfologi adalah kajian yang meliputi kekasaran kristal, ukuran kristal, bentuk kristal, proses pengintian serta fenomena pembentukan kristal. Hasil pengujian SEM dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.





**Gambar 4.3.** Morfologi kerak Magnesium karbonat hasil percobaan dengan variasi konsentrasi larutan (a) 2000 ppm (b) 3000 ppm.

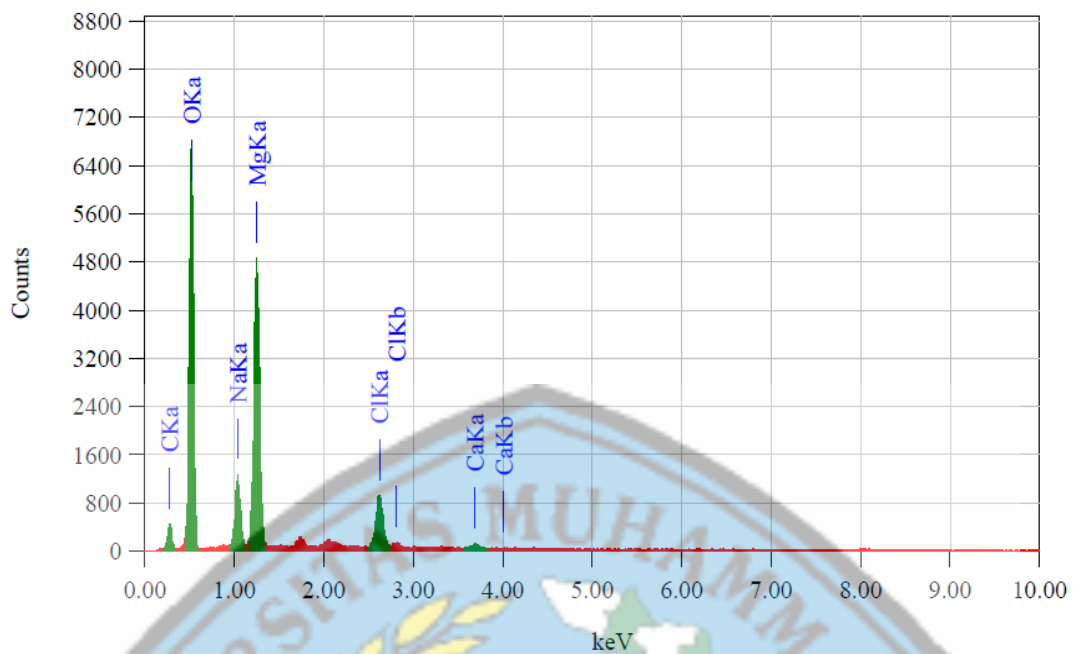
Setelah melakukan pengamatan terhadap hasil SEM yang di cantumkan pada Gambar 4.3 dengan perbesaran 3.000 kali. Proses pembentukan kristal yang dilakukan melalui percobaan dimana dengan menggunakan konsentrasi larutan  $\text{MgCO}_3$  2000 ppm dan 3000 ppm dengan laju alir 30 mL/menit. Gambar (a) merupakan bentuk morfologi kerak hasil uji kristalisasi dengan konsentrasi larutan 2000 ppm sedangkan Gambar (b) merupakan hasil uji kristalisasi pada konsentrasi larutan 3000 ppm. Perbedaan morfologi antara 2000 ppm dan 3000 ppm adalah bentuk kristal konsentrasi larutan 3000 ppm lebih besar dan banyak dibandingkan dengan pada konsentrasi larutan 2000 ppm. Fase magnesite kerak Magnesium karbonat dengan konsentrasi larutan 2000 ppm membentuk struktur Kristal atmorphoos sedangkan untuk knsentrasi larutan 3000ppm terlihat bentuk morfologi kubus dengan struktur Kristal monoklin.

Dari kedua hasil uji SEM tersebut menandakan bahwa konsentrasi yang lebih besar mampu meningkatkan pembentukan fasa magnesit yang merupakan jenis fasa *hardscale*. Apabila kristal ini terbentuk dan mengendap di dalam pipa maka akan menghasilkan kerak yang sulit untuk dibersihkan dari suatu sistem perpipaan. Jenis kristal lainnya magnesium karbonat yaitu *barringtonite*, *nesquehonite* dan *nesquehonite* merupakan jenis *softscale* yang lebih mudah dibersihkan apabila menempel pada dinding dalam pipa (Holysz dkk, 2007).

## 11. Pengujian EDS

Pada prinsipnya mikroskop elektron dapat mengamati morfologi, struktur mikro, komposisi, dan distribusi unsur. Untuk menentukan komposisi unsur secara kualitatif dan kuantitatif perlu dirangkaikan satu perangkat alat EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectrometer*). Hasil Pengujian EDS hasil percobaan pada laju alir 30 mL/menit pada konsentrasi 2000 ppm dapat dilihat pada Gambar 4.4.



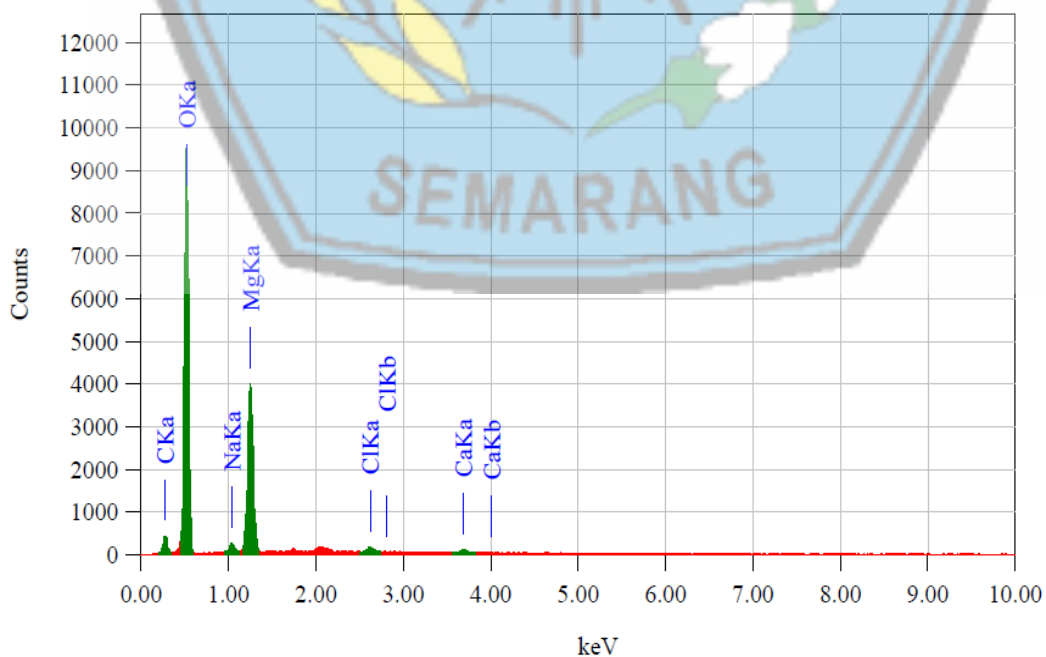


**Gambar 4.4.** Gambar Hasil Analisis EDS konsentrasi larutan 2000 ppm

**Tabel 4.1.** Hasil analisa mikro kristal magnesium karbonat laju alir 30 mL/menit dengan konsentrasi 2000 ppm.

| Element     | Wt %  |
|-------------|-------|
| <i>C K</i>  | 40,78 |
| <i>O K</i>  | 19,69 |
| <i>Mg K</i> | 25,68 |

Sedangkan untuk Hasil Pengujian EDS hasil percobaan pada laju alir 30 mL/menit pada konsentrasi larutan 3000 ppm dapat dilihat pada Gambar 4.5



**Gambar 4.5.** Gambar Hasil Analisis EDS konsentrasi larutan 3000 ppm

**.Tabel 4.2.** Hasil analisa mikro kristal magnesium karbonat laju alir 30 mL/menit dengan konsentrasi 3000 ppm.

| Element | Wt %  |
|---------|-------|
| C K     | 29,05 |
| O K     | 47,22 |
| Mg K    | 29,63 |

Perbedaan hasil analisa mikro ini di akibatkan oleh beberapa sebab yaitu :

1. Adanya konsentrasi larutan dengan variabel 2000 ppm dengan 300 ppm sehingga proporsi  $\text{MgCO}_3$  mengalami perubahan.
2. Adanya kandungan natrium dan klorid dalam kristal sehingga berpengaruh komposisi kristal.

## 12. Daftar Pustaka

- Alimi, F., Tlili, M., Amor, M.B., Gabrielli, C., Maurin, G. (2007), *Influence of magnetic field on calcium carbonate precipitation*, Desalination, 206, 163-168.
- Andritsos dan Karabelas, 1992. A conductance probe for measuring liquid fraction in pipes and packed beds. *International Journal of Multiphase Flow* 18 (5), 653-667
- Antony, A., Low, J. H., Gray, S., Childress, A. E., Le-Clech, P., Leslie, G. (2011). *Scale formation and control in high pressure membrane water treatment systems: A review*. *Journal of Membrane Science*, 383, 1-16.
- Asnawati., (2001). *Pengaruh temperatur terhadap reaksi fosfonat dalam inhibitor kerak pada sumur minyak*. *Jurnal Ilmu Dasar*, Vol.2. No.1, Hal.20-26.
- Bansal, B., H. Muller S., D. Chen. (1997). Effect of suspended particles on crystalization fouling in plate heat exchangers. *ASME* 119 : 568 - 574
- Barbara, B. Luc Thomas, Andrea C. (1999). Nonexponential Dynamic Scaling of the Magnetization Relaxation in  $\text{Mn}_{12}$  Acetate. *Phys. Rev. Lett.* 83, 2398
- Bhatia, A. (2003), "cooling water problems and solutions", Continuing Education and Development, Inc. 9 Greyridge Farm Court Stony Point, NY 10980. Course No : 05-009.
- Bott, T.R., (1995), *Fouling of Heat Exchangers*, Elsevier, Amsterdam and New York.
- Crabtree, M., Eslinger, D., Fletcher, P., Miller, M., Johnson, A., King, G. (1999). *Fighting scale removal and prevention*. *Oilfield Review*, 11(3), pp.30-45.
- Dewi dan Ali, 2003. Kinetic Study Of Electrocrystalization On Calcium Carbonate On Metallic Substrates, *Journal Of Crystal Growth*, 291 :428-435.
- Fathi, A., Mohamed, T., Claude, G., Maurin, G., Mohamed, B. A. (2006). Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate. *Water Research*, 40(10), 1941-1950.

- Fauziyah Rakhmawati, Suprpto, 2013. Pengendapan Magnesium Hidroksida Pada Elektrolisis Larutan Garam Industri. Jurnal Sains Dan Seni Pomits Vol. 2, No. 1, (2013) 1-4
- Garcia, C., Courbin, G., Ropital, F., Fiaud, C. (2001), *Study of the scale inhibition by HEDP in a channel flow cell using a quartz crystal microbalance*, Electrochimica Acta, 46, pp: 973-985.
- Hisyam (2013). *Pembentukan kerak kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) di dalam pipa beraliran laminar pada laju alir 30 ml/menit hingga 50 ml/menit dan penambahan aditif*. In Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik (Vol. 1, No. 1).
- Holysz, L., Szczes, A., Chibowski, E. (2007). *Effects of a static magnetic field on water and electrolyte solutions*. Journal of Colloid and Interface Science, 316(2), 996-1002.
- Isopescu, R., Mateescu, C., Mihai, M., Dabija, G. (2010). *The effects of organic additives on induction time and characteristics of precipitated calcium carbonate*. Chemical Engineering Research and Design, 88, 1450-1454.
- Lestari, 2008. "Identifikasi dan Karakterisasi Batu Kapur Tuban untuk Pengembangan Produk  $\text{CaCO}_3$ " Jurusan Fisika FMIPA ITS. Surabaya.
- Ma'mun, H., Bayuseno, A. P., Muryanto, S. (2013). *Pembentukan kerak kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) di dalam pipa beraliran laminar pada laju alir 30 ml/menit hingga 50 ml/menit dan penambahan aditif asam malat*. In Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik (Vol. 1, No. 1).
- Muryanto, S., Bayuseno, A. P., Ma'mun, H., Usamah, M. (2014). *Calcium carbonate scale formation in pipes: effect of flow rates, temperature, and malic acid as additives on the mass and morphology of the scale*. Procedia Chemistry, 9, 69-76.
- Siswoyo, Erna, K. (2005), *Identifikasi Pembentukan Scale*, Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta.
- Sousa, M.F., Bertran, C.A. (2014). *New methodology based on static light scattering measurements for evaluation of inhibitors for in bulk crystallization*. Journal of Colloid and Interface Science. Pp.57-64.
- Tzotzi, C., Pahiadaki, T., Yiantsios, S.G., Karabelas, A.J., Andritsos, N. (2007). *A study of  $\text{CaCO}_3$  scale formation and inhibition in RO and NF membrane processes*. Journal of Membrane Science, 296(1), pp.171-184.
- Raharjo et al., 2016. Coulding  $\text{CaCO}_3$  Scale depotion on the pump system lamunaif art low audition of citive acids..
- Ratna, P., S. (2011), *Studi Penanggulangan Problem Scale Dari Near-Wellbore Hingga Flowline di Lapangan Minyak Limau*, Fakultas Teknik UI, Depok.
- Sediono, W., Bayuseno, A. P., Muryanto, S. (2011). *Eksperimen Pembentukan Kerak Gypsum Dengan Konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$ : 3500 Ppm Dan Aditif  $\text{Fe}^{2+}$* . Momentum, 7(2).
- Quddus dan Allam (2000). Hydrodinamically deposited  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaSO}_4$  scales, Science Direct, Desalination 246: 526 – 533.