

**PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF 5 PPM ION Cu^{2+}
TERHADAP PERTUMBUHAN KERAK Mg PADA PIPA LAMINER
DENGAN LAJU 30 ML/MENIT**

Vicky Aditya¹

ABSTRACT

Current industries, both large and small are still using boiler as generator power. In boilers having complex problems in their operations, what usually happens is that the air supply quality kettles that are less qualified is taken from well, river, sea air that have salts that will become crust in the heat transfer process and the process that goes on in the industry. The purpose of this research was to develop a crust-forming simulator, to understand the mechanism of MgCO_3 crust control with the addition of Cu^{2+} 5 ppm ions in the pipe and to assess crustal morphology. The results obtained during the test by reacting MgCl_2 and Na_2CO_3 using a 300 ppm Mg^{2+} concentrate solution with the exchange of induction time. The results of this study obtained the induction time without the addition of 24 minutes with a conductivity value of 8522 μS whereas with the addition of Cu^{2+} 5 ppm the conductivity value was 8636 μS for 30 minutes. The SEM results show that the morphological form of MgCO_3 crust which was originally a tomb is an irregular and smaller size.

Keywords: MgCO_3 Crust, ION Cu^{2+} , SEM-EDX, Induction Time, Crust Morphology

PENDAHULUAN

Kerak merupakan suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang mengendap serta membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substansi. Kerak terbentuk karena tercapainya keadaan larutan lewat jenuh, dalam keadaan larutan lewat jenuh beberapa molekul akan bergabung membentuk inti kristal. Inti kristal ini akan terlarut kembali jika ukurannya lebih kecil dari ukuran partikel kritis sementara itu kristal-kristal akan berkembang bila ukurannya lebih besar dari partikel kritis. Apabila ukuran inti kristal menjadi lebih besar dari inti kritis, maka akan mulailah pertumbuhan kristal, dari kristal kecil membentuk kristal dengan ukuran yang lebih besar (penebalan lapisan kerak). Kristal-kristal yang terbentuk mempunyai

¹ Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang, Indonesia

*Corresponding Author:

vickyadityanugraha@gmail.com

muatan ion lebih rendah dan cenderung untuk menggumpal sehingga terbentuklah kerak (Suharso, 2012).

Bentuk kerak yang paling dikenal adalah kalsium karbonat (CaCO_3). Senyawa lainnya sebagai pembentuk kerak adalah magnesium karbonat (MgCO_3), kalsium sulfat (CaSO_4) dan magnesium klorida (MgCl_2). Model aliran ada dua macam yaitu laminar dan turbulen. Peneliti membatasi masalah untuk meneliti model laminar. Aditif yang digunakan untuk menghambat kerak adalah ion Cu^{2+} . Pemilihan aditif ini berdasarkan bahwa ion Cu^{2+} (tembaga) merupakan jenis ion yang lazim dijumpai sebagai impuritas dalam air terbuka. Kecepatan aliran yang dipilih 30 mL per menit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembentukan kerak magnesium (Mg) pada pipa dengan parameter laju alir 30 mL/menit dan aditif 5 ppm ion Cu^{2+} .

Pembentukan kerak

Mekanisme pembentukan endapan kerak berhubungan dengan komposisi air di dalam formasi. Secara umum, air mengandung ion-ion terlarut, baik itu berupa kation (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} dan Fe^{3+}), maupun anion (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} dan CO_3^{2-}). Kation dan anion yang terlarut dalam air akan membentuk senyawa yang mengakibatkan terjadinya proses kelarutan. Kelarutan sebagai batas suatu zat yang dapat dilarutkan dalam zat pelarut pada kondisi fisik tertentu. Proses terlarutnya ion-ion dalam air formasi merupakan fungsi dari tekanan, temperatur dan waktu kontak antara air dengan media pembentukan (Aghisna Putri Zulullhuda, 2016).

Proses terlarutnya ion-ion dalam air formasi merupakan fungsi dari tekanan, temperatur dan waktu kontak (*contact time*) antara air dengan media pembentukan. Air mempunyai batas kemampuan dalam menjaga senyawa ion-ion tersebut tetap dalam larutan, kemudian pada kondisi tekanan dan temperatur tertentu, ketika harga kelarutan terlampaui, maka senyawa tersebut tidak akan terlarut lagi, melainkan terpisah dari pelarutnya dalam bentuk padatan (Ratna, 2011).

Dalam proses produksi, perubahan kelarutan terjadi seiring dengan penurunan tekanan dan perubahan temperatur selama produksi. Perubahan angka kelarutan pada tiap zat terlarut dalam air formasi akan menyebabkan terganggunya keseimbangan dalam air formasi, sehingga akan terjadi reaksi kimia antara ion positif (kation) dan ion negatif (anion) dengan membentuk senyawa endapan yang berupa kristal (Ratna, 2011).

Menurut **Siswoyo dan Erna (2005)** Proses pembentukan kristal CaSO_4 dapat dikategorikan dalam tiga tahapan pokok, yaitu :

Tahap Pembentukan Inti (nukleasi)

Ion-ion yang terkandung dalam suatu fluida akan mengalami reaksi kimia untuk membentuk inti kristal. Inti kristal yang terbentuk halus sehingga tidak akan mengendap dalam proses aliran.

Tahap Pertumbuhan Inti

Pertumbuhan inti kristal akan menarik molekul-molekul yang lain, sehingga inti akan tumbuh menjadi butiran yang lebih besar, dengan diameter 0,001 – 0,1 μ (ukuran koloid), kemudian tumbuh lagi sampai diameter 0,1 – 10 μ (kristal halus). Kristal akan mulai mengendap saat pertumbuhannya mencapai diameter > 10 μ (kristal kasar).

Tahap Pengendapan

Kecepatan pertumbuhan kristal dipengaruhi oleh ukuran dan berat jenis kristal yang membesar pada tahap sebelumnya. Proses pembentukan juga dipengaruhi oleh aliran fluida pembawa, ketika kristal akan mengendap apabila kecepatan pengendapan lebih besar dari kecepatan aliran fluida.

Klasifikasi kerak

Ion yang berbentuk padatan dan mempunyai kecenderungan untuk membentuk endapan kerak antara lain adalah kalsium karbonat (CaCO_3), gipsum atau kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), magnesium karbonat (MgCO_3) dan barium sulfat (BaSO_4). Endapan kerak yang lain adalah stronsium sulfat (SrSO_4) yang mempunyai intensitas pembentukan rendah dan Magnesium karbonat (MgCO_3), yang biasa terbentuk pada peralatan pemanas, yaitu *boilers* dan *heater traters*, serta kerak dengan komponen besi, seperti *iron carbonate* (FeCO_3), *iron sulfide* (FeS) dan *iron oxide* (Fe_2O_3), seperti yang terlihat pada Tabel 1 (**Ratna, 2011**).

Kerak dapat dikenali dengan mengklasifikasikannya berdasarkan komposisi yang membentuk kerak dan jenis pengendapannya. Berdasarkan komposisinya, cara umum kerak dibedakan menjadi kerak karbonat, kerak sulfat, serta campuran dari keduanya. Dari sekian banyak jenis kerak yang dapat terbentuk, hanya sebagian kecil yang seringkali dijumpai pada industri perminyakan. Tabel 2 menunjukkan jenis- jenis kerak yang umum terdapat dilapangan (**Farid D.P, 2016**).

Tabel 1. Jenis Komponen Endapan Kerak.

Chemical name	Chemical formula	Mineral name
<i>Water soluble scale</i>		
Sodium chloride	NaCl	Halite
<i>Acid soluble scale</i>		
Calcium carbonate	CaCO ₃	Calcite
Iron carbonate	FeCO ₃	Siderite
Iron sulfide	FeS	Troilite
Iron oxide	Fe ₂ O ₃	Hematite
Iron oxide	Fe ₃ O ₄	Magnetite
Magnesium hydroxide	Mg(OH) ₂	Brucite
<i>Acid insoluble scale</i>		
Calcium sulfate	CaSO ₄	Anhydrite
Calcium sulfate	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Gypsum

Tabel 2. Endapan kerak yang umum terdapat di ladang minyak

Jenis kerak	Rumus kimia	Faktor yang berpengaruh
Kalsium karbonat (kalsit)	CaCO ₃	Penurunan tekanan Perubahan temperatur Kandungan garam terlarut Perubahan keasamaan (pH)
Barium sulfate	BaSO ₄	Perubahanm tekan dan temperatur
Strontium sulfate	SrSO ₄	Kandungan garam terlarut
Komponen besi	FeCO ₃	Korosi
Besi Sulfat	FeS	Kandungan gas terlarut
Sulfide besi	Fe(OH) ₂	Derajat keasamaan (pH)
Ferrous hydroxide	Fe(OH) ₂	
Ferric hydroxide	Fe ₂ O ₃	

METODOLOGI

Bahan

Larutan MgCl₂ 3000 ppm

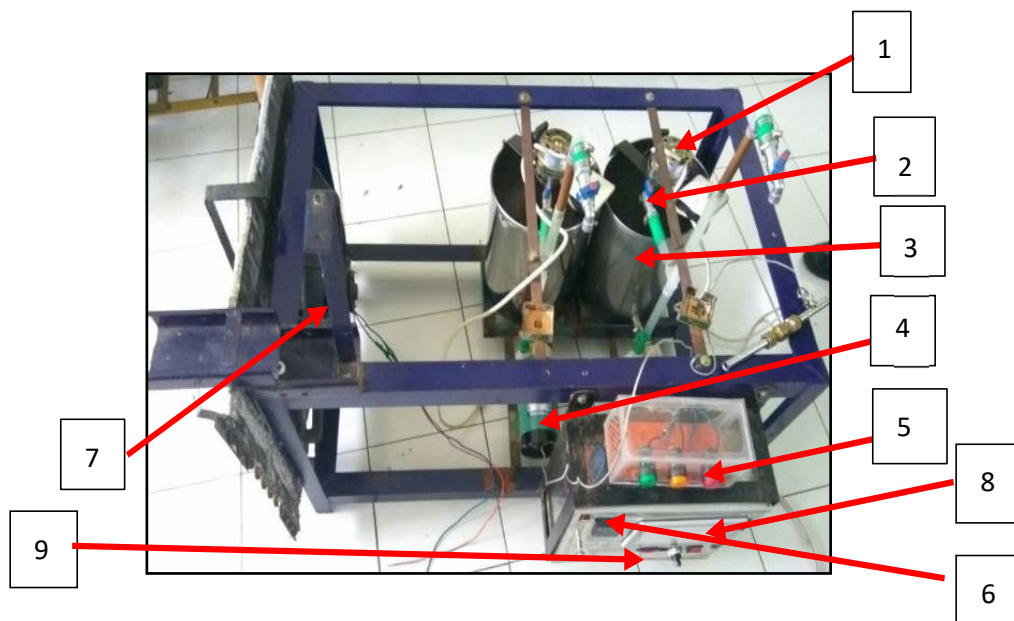
Larutan Na₂CO₃ 3000 ppm

Ion Cu²⁺ sebagai aditif dengan Konsentrasi 5 ppm

Aquades (H₂O)

Alat dan Bahan

1. *Closed Circuit Scale Simulator*



Gambar 1. *Scale Simulator*

Keterangan:

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. <i>Bypass</i> | 6. <i>Digital Temperature Controller</i> |
| 2. <i>Kran</i> | 7. <i>Kipas</i> |
| 3. <i>Bak penampung</i> | 8. <i>Monitor Grafik Panel</i> |
| 4. <i>Pompa iwaki magnetic</i> | 9. <i>Saklar Pompa</i> |
| 5. <i>Lampu Indikator</i> | |

- 2. *Gelas Ukur*
- 3. *Stop Watch*
- 4. *Timbangan*

5. Gelas Ukur

6. Rumah *Sample* Pengujian

Rumah *sample* pengujian ini berfungsi sebagai tempat untuk pengujian terbentuknya kerak pada kupon yang telah dimasukkan ke dalam rumah *sample*.



Gambar 2. Rumah Sampel Pengujian

Langkah-langkah Pengujian

1. Mengisi bak penampung dengan larutan $MgCl_2$ dan Na_2CO_3 yang sudah dilarutkan dengan masing-masing 5 liter aquades.
2. memasang sampel kerumah panel.
3. Menghidupkan stop kontak alat penguji ke sumber tegangan.
4. Menekan saklar pompa ke posisi ON.
5. mengatut kran dengan laju alir yang sudah kita tentukan.
6. menyiapkan gelas ukur dibawah sampel pipa.
7. Pengambilan data dengan mengukur konduktivitas larutan.

Pembuatan Larutan $MgCl_2$, Na_2CO_3

Pembentukan kerak $MgCO_3$ pada penelitian ini dapat dilihat pada reaksi kimia larutan $MgCl_2$ dengan Na_2CO_3 adalah: $MgCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3 + 2 NaCl$. Untuk membuat larutan $MgCl_2$ dengan Na_2CO_3 pertama-tama dilakukan perhitungan konsentrasi kalsium yang direncanakan yaitu 3000 ppm Mg^{2+} dengan laju alir sebesar 30 ml/menit. Perhitungan pembuatan larutan diambil konsentrasi larutan 3000 ppm Mg^{2+} . Cara menghitung kebutuhan zat dan larutan untuk percobaan dengan laju alir 30 ml/menit adalah waktu percobaan = 2 jam dan laju alir larutan = 30 ml/menit. Volume larutan yang dibutuhkan $(4 \times 60 \times 25 \text{ml}) = 6000 \text{ ml}$

Volume larutan MgCl_2 3000 ppm Mg^{2+} = 3000 ml Volume larutan Na_2CO_3 3000 ppm Mg^{2+} = 3000 ml.

Setiap percobaan ada sisa larutan masing - masing ditabung atas sebanyak 800 ml maka untuk memudahkan pembuatan larutan, kedua jenis larutan tersebut masing-masing disiapkan sebanyak 4000 ml sehingga jumlah larutan yang dibutuhkan adalah: volume larutan MgCl_2 yang disiapkan = 4000 ml dan volume larutan Na_2CO_3 yang disiapkan = 4000 ml. Kedua larutan dibuat secara terpisah dengan cara melarutkan *aquades* dengan kristal MgCl_2 dan Na_2CO_3 .

Perhitungan kebutuhan larutan untuk laju alir 30 ml/menit berat molekul (BM) MgCl_2 = 95 g/mol. Berat Atom (BA) Mg = 24. Berat molekul (BM) Na_2CO_3 = 105,99 g/mol. 3000 ppm Mg^{2+} = 3000 mg/ liter. Untuk volume 4000 ml atau 4 liter, kebutuhan Mg^{2+} adalah 3000 mg/liter x 4 lt = 12.000 mg = 12 gram. Sehingga MgCl_2 yang dibutuhkan adalah $(95 / 24) \times 12$ gram = 47,5 gram. Mol MgCl_2 : $47,5 / 95 = 0,5$ mol. Karena equimolar maka kristal Na_2CO_3 yang dibutuhkan adalah $0,5 \times 105,99 = 52,995$ gram.

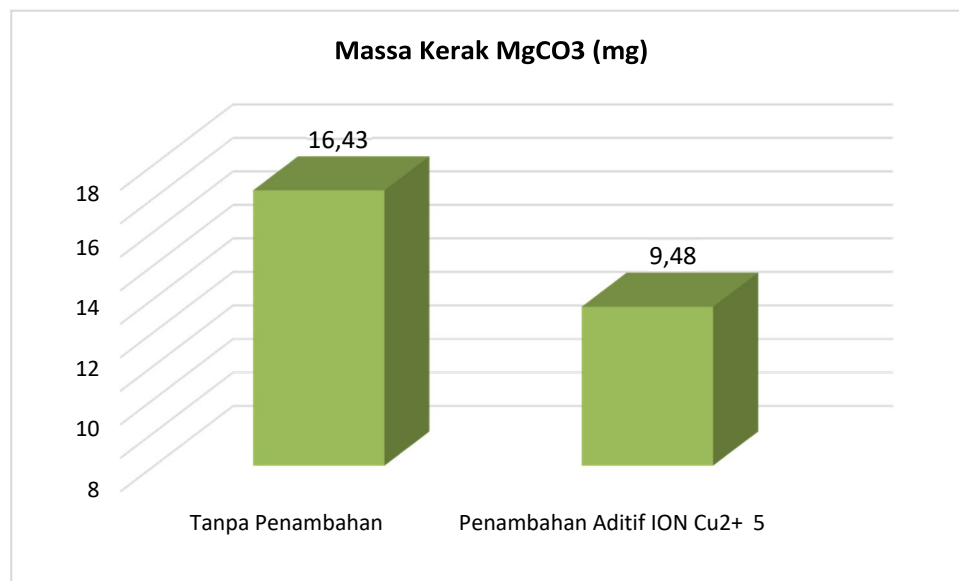
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Aditif ION Cu^{2+} 5 ppm Terhadap Massa Kerak MgCO_3

ION Cu^{2+} yang ditambahkan dalam proses pembentukan kerak bertujuan untuk mengurangi pertumbuhan kerak. ION Cu^{2+} yang ditambahkan dalam penelitian ini adalah 5 ppm. ION Cu^{2+} dipilih sebagai aditif untuk menghambat pertumbuhan kerak karena ION Cu^{2+} merupakan zat aditif yang memiliki pengaruh baik dalam menghambat pertumbuhan kerak Wiji Mangestiyono (2011). Kerak MgCO_3 tanpa penambahan dan kerak MgCO_3 dengan penambahan 5 ppm ION Cu^{2+} ditunjukkan pada Gambar 3. Penelitian dilakukan dengan membandingkan penambahan zat aditif ION Cu^{2+} 5 ppm. Pengaruh penambahan ION Cu^{2+} terhadap massa kerak magnesium karbonat ditunjukkan pada Gambar 2.



(a) Kerak MgCO_3 (b) Kerak MgCO_3 dengan penambahan aditif ION Cu^{2+} 5 ppm
Gambar 3. Kerak MgCO_3 tanpa dan dengan penambahan aditif ION Cu^{2+} 5 ppm



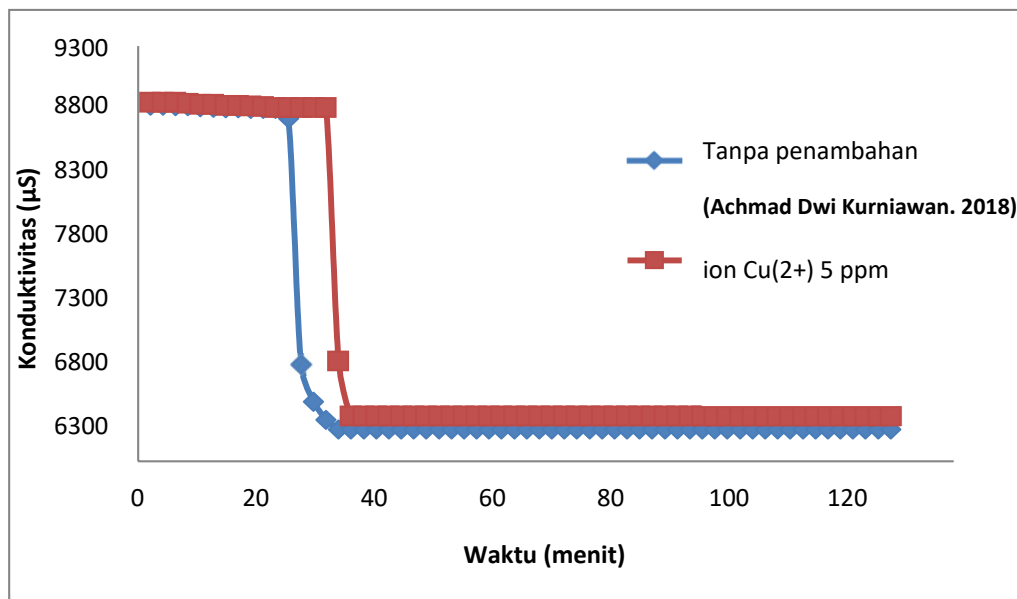
Gambar 2. Grafik pengaruh ION Cu²⁺ 5 ppm terhadap massa kerak MgCO₃

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa penambahan, massa kerak magnesium karbonat yang terbentuk lebih banyak dibandingkan dengan penambahan ION Cu²⁺ 5 ppm. Ini menunjukkan pada kondisi penambahan ION Cu²⁺ 5 ppm, reaksi antara reaktan MgCl₂ dan Na₂CO₃ berjalan lebih lambat dibanding dengan tanpa penambahan (Basim et al. 2012). Hal ini disebabkan ION Cu²⁺ merupakan aditif yang dapat menghambat pembentukan kerak magnesium karbonat dengan cara bereaksi dengan salah satu reaktan atau kedua reaktan (MgCl₂ dan Na₂CO₃). Karena pada penelitian sebelumnya (Kurniawan A.D, 2018) menambahkan Aditif Ion Cu²⁺ 20 ppm menunjukkan kerak MgCO₃ sebesar 3,16 mg, dapat disimpulkan bahwa dengan semakin banyak kadar aditif Ion Cu²⁺

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 (Rustono, 2006).

Pada penelitian yang dilakukan hubungan antara laju alir dengan massa kerak untuk percobaan tanpa aditif, dan dengan aditif ION Cu²⁺ 5 ppm 24 menunjukkan nilai yang berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 2.

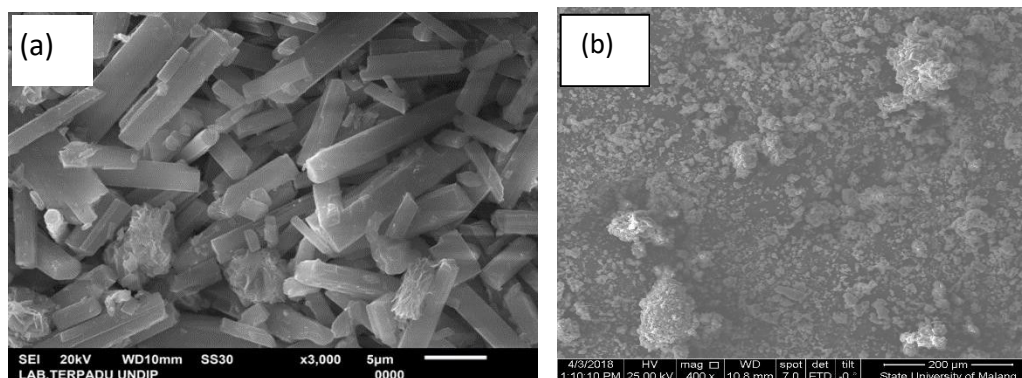


Gambar 3. Grafik Hubungan Konduktivitas-Waktu

Gambar 3 merupakan grafik hubungan antara konduktivitas larutan dengan waktu penelitian pada penambahan ION Cu^{2+} 5 ppm dan tanpa penambah dengan konsentrasi larutan Mg^{2+} 3000 ppm. Waktu induksi tanpa penambahan adalah 24 menit dengan nilai konduktivitas 8522 μS sedangkan penambahan ION Cu^{2+} 5 ppm memiliki waktu induksi 30 menit dengan nilai konduktivitas sebesar 8636 μS . Waktu tersebut merupakan waktu induksi dikarenakan ion larutan mulai bereaksi untuk membentuk inti kristal (Bayu S.M, 2017).

Pengujian SEM

Pengujian morphology bisa dilakukan pada suatu instrumen yaitu dengan menggunakan perangkat SEM. Pengujian SEM dilakukan untuk mengkaji morfologi kristal untuk membuktikan bahwa ada perubahan morphology kerak akibat penambahan ION Cu^{2+} 5 ppm. Kajian morfologi adalah kajian yang meliputi kekasaran kristal, ukuran kristal, bentuk kristal, proses penguapan serta fenomena pembentukan kristal. Hasil pengujian SEM dapat dilihat pada Gambar 4.



(a) Tanpa zat aditif (Kurniawan. 2018) (b) Dengan aditif ION Cu^{2+} 5 ppm

Gambar 4. Morfologi kerak Magnesium Karbonat hasil percobaan

Gambar 4.4 menunjukkan hasil uji SEM (a) tanpa penambahan dan (b) dengan penambahan ION Cu^{2+} 5 ppm. Hasil SEM menunjukkan perubahan bentuk kristal dari plate rombohedral (tanpa penambahan) menjadi bentuk yang tidak beraturan dan memiliki ukuran lebih kecil. Hal ini disebabkan ION Cu^{2+} dapat menghambat pembentukan kerak magnesium karbonat secara mekanik dan kimiawi (Wiji Mangestiyono. 2011).

KESIMPULAN

1. Penambahan zat aditif Ion Cu^{2+} 5 ppm mampu menurunkan pembentukan massa kerak MgCO_3 . Penelitian ini menghasilkan massa kerak magnesium karbonat setelah penambahan Ion Cu^{2+} 5 ppm adalah 9,48 mg sedangkan tanpa penambahan adalah 16.42 mg.
2. Hasil pengujian waktu induksi yaitu 24 menit (tanpa penambahan) dan 30 menit (dengan penambahan aditif Ion Cu^{2+} 5 ppm), dan memiliki nilai konduktivitas larutan 8522 μS tanpa penambahan sedangkan dengan penambahan Ion Cu^{2+} 5 ppm memiliki nilai konduktivitas 8636 μS .
3. Hasil SEM menunjukkan morfologi kerak Magnesium Karbonat (MgCO_3) sangatlah berbeda, dengan penambahan aditif Ion Cu^{2+} memiliki bentuk yang tidak beraturan semakin kecil sedangkan tanpa penambahan memiliki bentuk kubus berukuran besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Kurniawan A.D, 2018, Eksperimen Pembentukan Kerak Magnesium (Mg) Pada Pipa Beraliran Laminer dengan Parameter Laju Alir 30 ml/menit dan Penambahan Aditif Ion Cu^{2+} 20 ppm, Prodi Teknik Mesin UNIMUS.
- Bayu S.M, 2017, Pembentukan Kerak Magnesium Karbonat MgCO_3 Pada Laju Alir 30ml/menit dengan Konsentrasi Mg^{2+} 3000 ppm dan 4000 ppm.
- Farid D.P. 2016. Pengaruh Temperatur dan Zat Adatif Asam Sitrat 20 ppm pada Pembentukan Kristal CaSO_4 (Kalsium Sulfat).
- Ratna P.S, 2011, Studi Penanggulangan Problem *Scale* dari Near- Wellbore Hingga Flowline di Lapangan Minyak Limau.
- Rusnoto, 2006. Pencegahan Kerak Dan Korosi Pada Air Isian Ketel Uap. Sediono, dkk. 2011. Eksperimen Pembentukan Kerak Gypsum dengan Konsentrasi Ca^{2+} 3500 ppm dan Aditif Fe^{2+} .
- Siswoyo dan Erna K. 2005, Identifikasi Pembentukan Scale, Jurusan Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Mineral, UPN Veteran Yogyakarta.
- Suharso dan Buhani, 2012, Penanggulangan Kerak. Graha Ilmu, Edisi 2. Hal 1-2. Sigh NB, Middendorf. 2007. Calcium sulfate hemihydrate hydration leading to
- Wiji M, 2011, Pengaruh Aditif Ion Cu Terhadap Morfologi Kerak Gypsum Pada Pipa Beraliran Laminer Dengan Parameter Laju Alir.