

**ANALISA KERAK STRONSIUM KARBONAT PADA SUHU 30⁰C
DAN 50⁰C DALAM SISTEM HEAT EXCHANGER**



**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:

SUHADI WINARSO

C2A015059

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG
2019**

ANALISA KERAK STRONSIUM KARBONAT PADA SUHU 30° C DAN 50° C DALAM SISTEM HEAT EXCHANGER

Oleh :

Suhadi Winarso

C2A015059

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Semarang

Abstrak

Dunia industri yang menggunakan sistem pemanas (*Heat Exchanger*) sering mengalami permasalahan *scaling* sehingga menyebabkan berkurangnya diameter dalam pipa karena tinggi tekanan yang di timbulkan dan menyebabkan pipa pecah. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengembangkan alat *closed circuit scale simulator* memakai mekanisme pembentukan kerak SrCO_3 dengan kecepatan alir 30ml/menit, dan mengkaji hasil morfologi kristalografi serta komposisi kerak, Hasil yang didapatkan selama pengujian dengan mereaksikan SrCl_2 dan Na_2CO_3 menggunakan larutan Sr^{2+} berkonsentrasi 3000 ppm pada suhu 30°C dan 50°C dengan pengukuran waktu induksi. Hasil penelitian semakin tinggi suhu, maka kerak yang terbentuk akan semakin banyak. Pada suhu 30°C menghasilkan massa kerak 42,12 mg sedangkan pada suhu 50°C menghasilkan massa kerak 164,25 mg. Semakin tinggi suhu, waktu induksi akan semakin cepat. Waktu induksi untuk suhu 30°C adalah 52 menit sedangkan pada suhu 50°C adalah 26 menit. Dari hasil SEM semakin besar suhu maka semakin banyak fasa Kristal SrCO_3 yang terbentuk. Hal ini ditunjukkan pada gambar hasil SEM-EDX perbedaan morfologi antara suhu 30°C dan 50°C adalah morfologi bentuk Kristal semakin teratur dan besar.

Kata Kunci : SrCO_3 , Suhu, Waktu Induksi, SEM-EDX

Abstract

Scale formation appears to be problem that commonly occurs in industries that employ heat exchanger system, causing decreases in the size of pipe diameter due to high pressure that often breaks the pipe apart. This research was conducted to develop a tool namely closed circuit scale simulator, employing SrCO_3 crystallization mechanism at 30ml/minute flow rate. This research also analyzed the outcome of crystallographic morphology and scale composition. The test was conducted by reacting the SrCl_2 and Na_2CO_3 using Sr^{2+} with a concentration of 3000 ppm and at temperatures of 30°C and 50°C where induction time was measured. The results of the analysis showed that higher temperature formed more scale. A total of 42.12 mg scale was formed at 30°C , which amount increased to 164.25 mg at 50°C . Higher temperature also led to shorter induction time. The induction process at 30°C took 52 minutes, while the induction at 50°C only lasted for 26 minutes. The results of SEM analysis showed that higher temperature formed more SrCO_3 scale. This phenomena is shown in SEM-EDX Figure presenting the morphological differences between the use of 30°C and 50°C temperatures in which morphologically, the scale had regular shapes and bigger in size.

Key Words : SrCO_3 , Temperature, Induction Time, SEM-EDX

PENDAHULUAN

Dunia industri yang menggunakan sistem pemanas (*heat exchanger*) sering mengalami permasalahan kerak (*scaling/fouling*) sehingga menyebabkan berkurangnya diameter pipa, borosnya energy, besarnya biaya perawatan, tingginya tekanan yang ditimbulkan, dan pecahnya pipa tersebut. Untuk itu diperlukan usaha pengontrolan pembentukan / pertumbuhan kerak pada permukaan dalam pipa. Pengerakan Stronsiumkarbonat tidak hanya fenomena kristalisasi yang terbentuk dalam proses alami (*biomineralization*), tetapi merupakan masalah yang sering ditemui dalam berbagai kegiatan industri (Amer et al., 2008; Setta dan Neville 2014). Hal ini disebabkan karena terdapatnya unsur-unsur pembentuk kerak seperti alkali tanah, barium, klorida, fosfat dalam jumlah yang melebihi kelarutannya pada keadaan kesetimbangan. Kerak biasanya mengendap dan tumbuh pada peralatan industri seperti *cooling tower, heat exchangers, pipe, casing manifold, tank* dan peralatan industri lainnya. Kerak merupakan suatu deposit dari senyawa-senyawa anorganik yang terendapkan dan membentuk timbunan kristal pada permukaan suatu substansi (Anupama et al., 2016; Deborah et al., 2018; Kiaei dan Haghtalab, 2014).

Sistem pemanas (*heat exchanger*) adalah alat penukar panas yang sangat dibutuhkan dalam dunia industri seperti industri pembangkit listrik, industri gas, kilang minyak, industri kayu lapis, industri makanan dan industri lain yang menggunakan boiler dalam proses produksinya (Ervan et al., 2018; Prisyazhniuk, 2009). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pipa yang dipakai dalam dunia industri tersebut mengalami hambatan akibat adanya endapan kerak yang memperkecil diameter pipa sehingga menghambat aliran fluida, air, minyak, gas, dll (Mehdi et al., 2018; Sinoet et al., 2010). Endapan kerak juga dapat terjadi pada sistem pendingin pada pembangkit listrik tenaga nuklir. Kerak akan menyumbat sebagian atau seluruh pipa, menambah peningkatan suhu dalam pipa, tingginya tekanan, lamanya waktu pengaliran yang dibutuhkan, tingginya biaya produksi, serta besarnya dana perawatan pipa (Asnawati, 2001; Hoang dkk, 2007; Tang dkk, 2008; Ketrane dkk, 2009; Al Mutairi dkk, 2009; Paakkonen dkk, 2012; dan Belarbi dkk, 2013). Salah satu contoh adalah perusahaan minyak Indonesia (Pertamina, Tbk) menghabiskan sekitar 6-7 juta dolar per sumur atau

setara dengan Rp 80-90 milyar untuk mengganti pipa geothermal setiap 10 tahun (Suharso dkk, 2010).

Potensi kerak yang disebabkan oleh garam SrCO_3 (stronsiumkarbonat) dimiliki hampir semua jenis sumber air di dunia seperti air tanah, air payau, air laut serta air limbah. Stronsiumkarbonat membentuk padatan atau deposit yang sangat kuat menempel pada permukaan material. Sejauh ini SrCO_3 merupakan penyebab kerak pada beberapa sistem seperti instalasi *cooling water* (Tzotzi dkk, 2007; Yasushi et al., 1971). 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 (Sreedhar et al., 2012; 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 (Sousadan Bertran, 2014).

Peningkatan laju aliran akan memperpendek waktu induksi karena meningkatkan frekuensi pertumbuhan molekul dalam larutan. Tingkat pertumbuhan kristal ditentukan oleh

pengaruh suhu dalam sistem aliran. Semakin tinggi suhu maka kecepatan pertumbuhan kristal akan semakin meningkat sehingga jumlah kerak yang terbentuk akan semakin besar. Rabizadeh (2014) menyatakan bahwa dengan meningkatnya temperature mempengaruhi kecepatan pertumbuhan kerak. Hal

ini dikarenakan semakin tinggi suhu maka semakin besar tumbukan antar ion yang berdampak semakin cepat reaksi pembentukan kerak.

Oleh karena itu, pada penelitian ini mempelajari pengaruh suhu terhadap pembentukan massa kerak SrCO_3 , diharapkan mampu menghambat laju pertumbuhan kerak Stronsium Karbonat yang terbentuk di dalam pipa-pipa industri. Penelitian ini juga mempelajari pengaruh suhu terhadap waktu induksi, mengetahui perubahan mikrostruktur kristal meliputi morfologi dan komposisi Kristal Stronsium karbonat.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui proses pengerakan stronsiumkarbonat (SrCO_3) di dalam pipaberaliran laminar.
2. MengetahuipengaruhsuhuterhadapmassakerakStronsiumKarbonat (SrCO_3).
3. MengetahuipengaruhsuhuterhadapwaktuinduksikerakStronsiumKarbonat (SrCO_3).
4. Mengetahuipengaruhsuhuterhadapmorfologidankomposisikristalstronsiumkarbonat (SrCO_3).

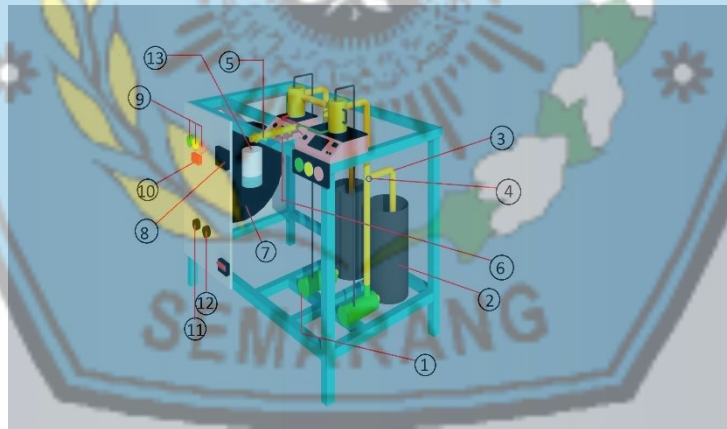
METODOLOGI

3.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakandalampenelitianinimeliputi:

- Larutan Na_2CO_3 dengan kosentrasi 3000 ppm dibuat dengan melarutkan kristal Na_2CO_3 (*Natrium Carbonat*) grade : analitik
- Larutan SrCl_2 dengan kosentrasi Sr^{2+} 3000 ppm dibuat dengan melarutkan kristal SrCl_2 (*Strontium Chloride*) grade : analitik
- Aquades

3.2. Alat Penelitian



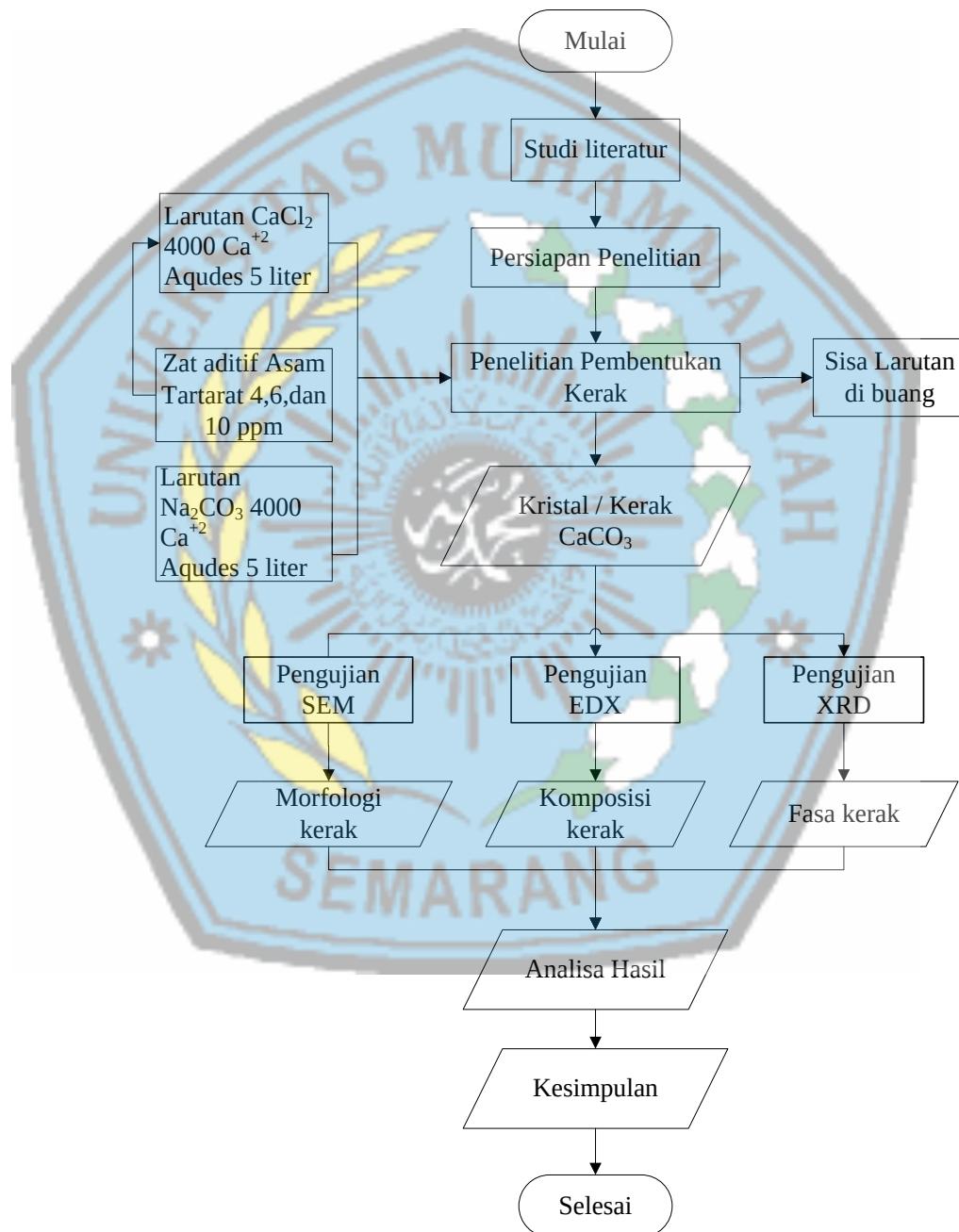
Gambar 3.1 Desain *prototype Closed Circuit Scale Simulator* (Samraharjo.2017)

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1) Pompa waki magnetic | 8) Grafik Panel |
| 2) Bak penampung | 9) Lampu Indikator |
| 3) Bypass | 10) Temperatur Kontrol |
| 4) Kran | 11) Saklar Heater dan Kipas |

- 5) Pipa
- 6) Heater
- 7) Kipas

- 12) Saklarpompa
- 13) GelasUkur

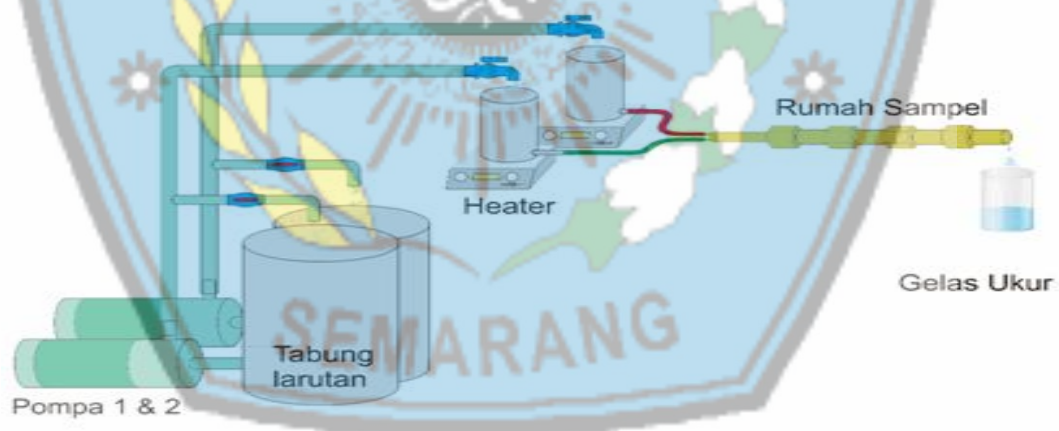
3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar3.2. Diagram alir penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat yang dikembangkan dari peneliti terdahulu. Alat tersebut terdiri dari empat buah bejana yaitu dua bejana dibawah (1,2) dengan kapasitas 6 liter dan dua bejana diatas (3, 4) dengan kapasitas 0,8 liter. Kegunaan bejana tersebut adalah untuk menampung larutan SrCl_2 pada bejana 1 dan 3 dan larutan Na_2CO_3 pada bejana 2 dan 4. Pada alat tersebut dipasang dua buah pompa yang digunakan untuk memompa larutan SrCl_2 dari bejana 1 ke bejana 3 dan larutan Na_2CO_3 dari bejana 2 ke bejana 4. Permukaan larutan pada bejana 3 dan 4 dijaga agar keduanya mempunyai ketinggian yang sama dan dapat diatur naik atau turun guna mendapatkan perbedaan ketinggian permukaan dengan pengeluaran akhir dari rumah kupon sehingga dapat digunakan untuk mengatur laju aliran.

Larutan yang berada didalam bejana 3 dan 4 kemudian secara bersamaan dialirkan menuju kupon, selanjutnya larutan tersebut mengalir dan masuk kedalam bejana penampungan yang kemudian dibuang sebagai limbah. Didalam kupon-kupon larutan SrCl_2 dan Na_2CO_3 bereaksi sehingga membentuk kerak. Kerak tersebut mengendap pada dinding-dinding kupon yang disebut sebagai kerak SrCO_3 .

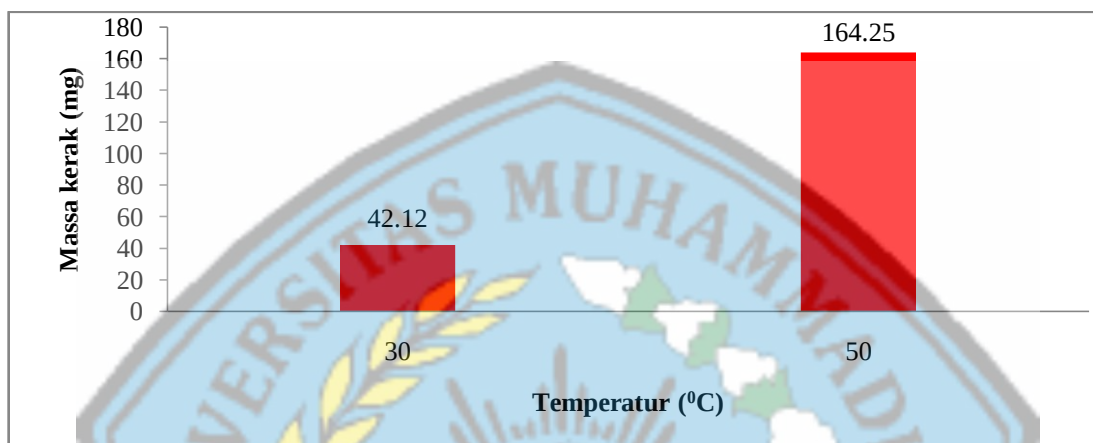


Gambar3.3. Skema Closed Circuit Scale Simulator (samraharjo, 2017)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Suhu Terhadap Massa Kerak

Penelitian mengenai pengaruh suhu terhadap massa kerak stronsium karbonat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh suhu terhadap pembentukan massa kerak stronsium karbonat. Laju alir yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30 mL/menit dengan konsentrasi Sr^{2+} 3000 ppm. Pengaruh suhu terhadap massa kerak stronsium karbonat ditunjukkan pada Gambar 4.1



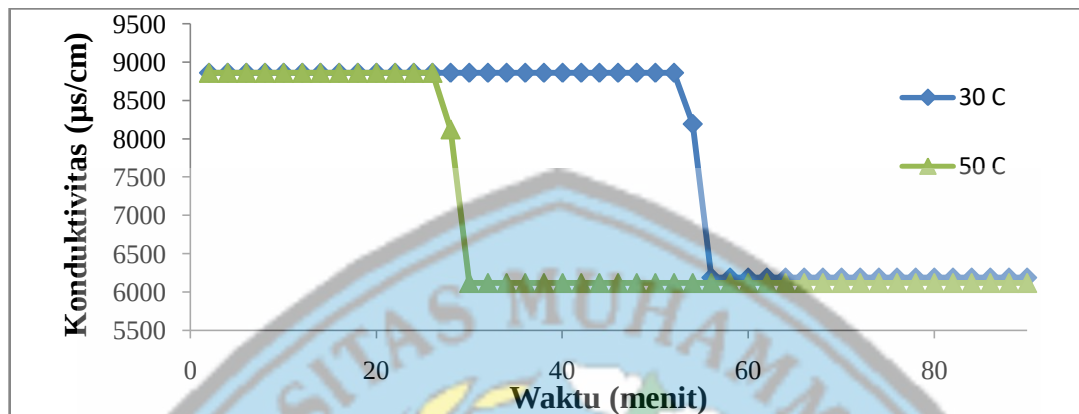
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara Suhu dengan Massa Kerak (mg)

Pada Gambar 3. menunjukkan bahwa pada laju alir stabil 30 mL/menit dan konsentrasi Sr^{2+} 3000 ppm menunjukkan semakin tinggi suhu semakin besar massa kerak stronsium karbonat yang terbentuk. Pada suhu 30°C menghasilkan massa kerak 42.12 mg, sedangkan pada suhu 50°C menghasilkan massa kerak 164.25 mg. Suhu yang semakin besar menyebabkan jumlah tumbukan ion Sr^{2+} dan CO_3^{2-} dalam larutan semakin banyak. Banyaknya tumbukan ion tersebut mengakibatkan jumlah laju reaksi akan meningkat sehingga kerak Stronsium Karbonat yang terbentuk semakin banyak.

Analisa Waktu Induksi

Analisa yang dilakukan yaitu tentang waktu yang dibutuhkan oleh kristal Stronsium Karbonat untuk membentuk kristal pertama kali. Waktu induksi ditandai dengan menurunnya nilai konduktivitas larutan secara tajam yang menandakan bahwa ion Stronsium telah bereaksi dengan ion karbonat dan mengendap membentuk kerak. Waktu induksi untuk suhu 30°C dan 50°C masing-

masing menunjukkan nilai yang berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 4.2. grafik hubungan antar konduktivitas dengan waktu

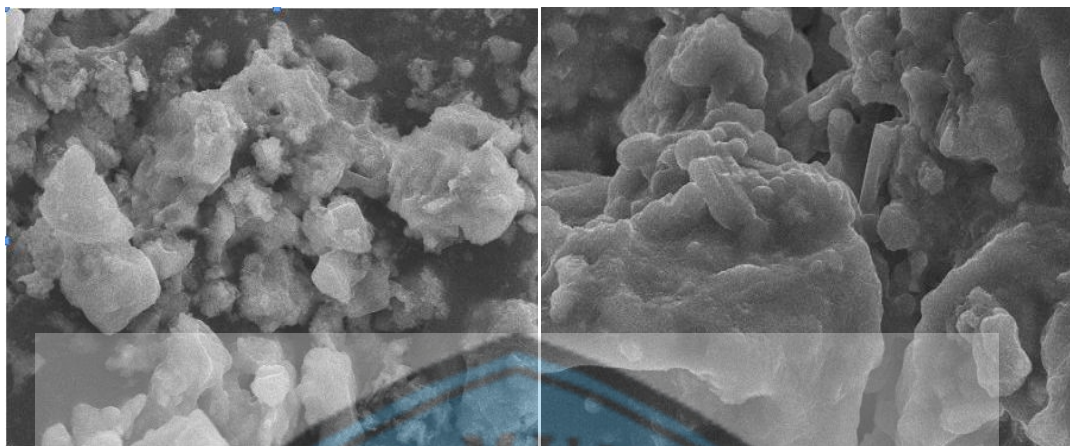


Gambar 4.2. Grafik hubungan konduktivitas dengan waktu

Gambar 4. merupakan grafik hubungan antar konduktivitas larutan dengan waktu penelitian variasi suhu 30°C dan 50°C. Pada waktu tertentu terjadi penurunan secara signifikan. Titik penurunan tersebut merupakan waktu induksi. Waktu induksi untuk suhu 30°C adalah 52 menit dengan nilai konduktivitas 8860 μS/cm. Pada suhu 50°C menghasilkan waktu induksi 26 menit dengan nilai konduktivitas 8856 μS/cm. Hal ini menunjukkan semakin besar suhu, semakin cepat pula waktu induksi yang terjadi. Semakin kecil

Pengujian SEM

Pengujian SEM dan pengujian *microanalyser* bisa dilakukan pada suatu instrumen yaitu dengan menggunakan perangkat SEM/EDX. Pengujian SEM dilakukan untuk mengkaji morfologi kristal sedangkan pengujian *microanalyser* bertujuan untuk mengetahui komposisi Stronsium karbonat. Kajian morfologi adalah kajian yang meliputi tekstur kristal, ukuran kristal, bentuk kristal, proses pengintian serta fenomena pembentukan kristal. Hasil pengujian SEM pada suhu 30°C dapat dilihat pada Gambar 4.3.



(a)

(b)

Gambar 4.3. Morfologi kerak stronsium karbonat hasil percobaan (a) 30°C, (b) 50°C

Setelah melakukan pengamatan terhadap hasil SEM yang di cantumkan pada Gambar 5 dengan pembesaran 3000 kali. Proses pembentukan Kristal yang dilakukan melalui percobaan di mana dengan menggunakan konsentrasi larutan SrCO_3 3000 ppm dan laju alir 30 ml/menit dengan variasi suhu 30°C dan 50°C. Perbedaan morfologi antara suhu tersebut adalah semakin tinggi suhu, semakin besar ukuran dan teratur morfologi kristal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil SEM dan EDX dengan variasi suhu 30°C dan 50°C terlihat perbedaan morfologi yaitu bentuk berubah menjadi semakin jelas, hal ini karena peningkatan suhu dapat membuat bentuk kristal Stronsium Karbonat (SrCO_3) menjadi terbentuk sepenuhnya.
2. Semakin tinggi suhu membuat kerak Stronsium Karbonat yang terbentuk semakin banyak. Pada suhu 30°C menghasilkan massa kerak 42.12 mg, sedangkan pada suhu 50°C menghasilkan massa kerak 164.25 mg.
3. Semakin tinggi suhu membuat waktu induksi semakin cepat. Waktu induksi untuk kerak stronsium karbonat adalah suhu 30°C adalah 52 menit dengan nilai konduktivitas 8860 $\mu\text{S/cm}$. Pada suhu 50°C menghasilkan waktu induksi 26 menit dengan nilai konduktivitas 8856 $\mu\text{S/cm}$.

4. Dari hasil SEM antarpembedaan morfologi antara suhu 30°C, dan 50°C adalah morfologi bentuk kristal *Monoklin*. Hal ini disebabkan pada kondisi suhu yang semakin tinggi kristal yang terbentuk semakin ke arah hard scale.

Saran

1. Penelitian kerak Stronsiumkarbonat dapat dilakukan kembali dengan alat penelitian yang sama dengan mengubah parameternya seperti material kupon (baja tahan karat, kuningan, dll), dengan jenis aliran turbulen, dll.
2. Penelitian untuk jenis kerak yang lain (seperti kerak barium karbonat, kalsiumkarbonat dan mineral fosfat yang lain) dapat dilakukan menggunakan simulator yang dikembangkan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Mutairi, N.N., F.A., Al-Ahmad, M.I., 2009, 'Effect of antiscalants for inhibition of calcium sulfate depositon in thermal desalination systems', *Desalination and Water Treatment*, Vol 10, pp: 39-46.
- Alice Antony, Jor How Low, Stephen Gray, Amy E. Childress, Pierre Le-Clech, Greg Leslie., 2011, 'Scale formation and control in high pressure membrane water treatment systems', *Journal Elsevier Journal of Membrane Science*, Vol 383, pp: 1-16.
- Amer B. M. And Abu Azam Mohd Yassin, 2008. Calcium And Strontium Sulfate Scale Formation Due To Incompatible Water. Proceedings Of The International Graduate On Engineering And Science (IGCES'08)
- Amor, M. B., Zgolli, D., Tlili, M. M., Manzola, A. S., 2004, 'Influence of water hardness, substrate nature and temperature on heterogeneous calcium carbonate nucleation', *Desalination*, Vol 166, pp: 79-84.
- Anupama M., Ashok Kumar K. And Naveena Lavanya Latha J., 2016. Role Of Strontium In Biological Systems. *EJPMR*, 2016,3(12), 177-184
- Asnawati, 2001, 'Pengaruh temperatur terhadap reaksi fosfonat dalam inhibitor kerak pada sumur minyak', *Jurnal ILMU DASAR*, Vol.2 (1).
- Azimi G, and Papangelakis V.G., 2010, 'Thermodynamic modeling and experimental measurement of calcium sulfate in complex aqueous solutions', *Journal Fluid Phase Equilibria*, Vol 290, pp: 88-94.

- Basim O. Hasan, Graham J. Nathan, Peter J. Ashman, Richard A. C., 2012, 'The Effects of temperature and Hydrodynamics on The Crystallization Fouling Under Cross Flow Conditions, *Journal applied Thermal Engineering*, Vol 36, pp: 210-218.
- Belarbi,Z., J. Gamby, L. Makhloufi, B. Tribollet., 2013, 'Nucleation-growth process of calcium carbonate on rotating disk electrode in mineral potable water', *Electrochim. Acta*, Vol 109, pp: 623-629.
- Deborah C. De Andrade, Náira S. De A. Manicoba, Rony O. Sant'ana, Fedra A.V. Ferreira, Camila S. Figueiredo, Jailton F. Nascimento, Leonardo S. Pereira And Osvaldo Chiavone-Filho., 2018. Strontium Carbonate Solubility Data In Aqueous Mixtures Of Monoethyleneglycol Under A Carbon Dioxide Atmosphere. *Brazilian Journal Of Chemical Engineering*. Vol. 35, No. 02, Pp. 395 - 402, 2018
- Erfan A., Saeed Sheibani, Abolghasem Ataie, 2018. Preparation Of Nano-Structured Strontium Carbonate From Dasht-E Kavir Celestite Ore Via Mechanochemical Method. *Journal Of Ultrafine Grained And Nanostructured Materials*. Vol. 51, No.2, 2018, Pp. 147-152
- Gourdon, 2011 'The Effects of Flow Velocity on Crystallization Fouling in Falling FilmBlack Liquor Evaporators', *Proceeding of International Conference on Heat Exchanger Fouling and Cleaning*, Vol 4, pp: 23-30.
- Hoang. Tung A., 2007, 'Effect Temperature On Scaling Of Calcium Sulfate In Pipe', *Powder Technology*, Vol 179, pp: 31-37.
- Holysz, L., Szczes, A., Chibowski, E., 2007, 'Effects of a static magnetic field on water and electrolyte solutions', *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol 316 (2), pp: 996-1002.
- Isopescu, R., Mateescu, C., Mihai, M., and Dabija, G., 2010, 'The Effects of organic additives on induction time and characteristics of precipitated calcium carbonate', *Chemical Engineering Research and Design*, Vol 88 (11), pp: 1450-1454.
- Ketrane, R., Saidani, B., Gil, O., Leleyter, L., and Baraud, F., 2009, 'Efficiency of five scale inhibitors on calcium carbonate precipitation from hard water: Effects of temperature and concentration', *Desalination*, Vol 249, pp: 1397-1404.
- Mehdi Ranjba, Hojjat Ghasempour, 2015. Synthesis And Characterization Of Strontium Carbonate Nanostructures Via Simple And Fast Microwave Approach. *NSNTAIJ*, 9(4) 2015
- Mullin J.W., 2004, *Crystallization*. Butterworth Heinemann : Boston, MA. Vol 280, pp:185-198.
- Mullin, J.W. and Raven, K. D., 1961, 'b. Influence of Mechanical agitation on the nucleation of some aqueous salt solutions', *Nature*, Vol 195, pp: 35-38.

- Muryanto S., Bayuseno A.P., Sediono W., Mangestiyono W and Sutrisno, 2014, 'Development of a versatile laboratory project for scale formation and control', *Education for Chemical Engineers*, Vol 7, pp: 78-84.
- Muryanto, S., Bayuseno, AP., Ma'mun, H., Usamah, M., Jotho, 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*, Vol 9, pp: 69-76
- Paakkonen, T.M., M.Riihimaki., C.J.Simonson., E.Muurinen, R.Lkeiski, 2012, 'Crystallisation of CaCO_3 -Analysis of Experimental Thermal Resistance and its uncertainty', *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol 55, pp: 6927-6937.
- Rabizadeh, T., Caroline.,Reacock, Liane G. B., 2014, 'Carboxylic acid : Effective for Calcium Sulfate Precipitation', *Mineralogical Magazine*, Vol 78 (6), pp: 1465-1472.
- Raharjo S. Muryanto S., J. Jamari, A.P Bayuseno, 2016, 'Modeling and optimization of CaCO_3 precipitated from laminar-flow water in the presence of citric acid at an elevated temperature', *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol 11 (15), pp: 8533-8539.
- Raharjo S., A.P. Bayuseno, , J. Jamarib, M. Muryanto, S., 2016, 'Calcium carbonate scale formation in copper pipes on laminar flow', *Matec web of conferences*, 58, 01029.
- Raharjo S.,Muryanto, S., J. Jamari, A.P Bayuseno, 2019, 'Controlling of calcium Carbounate Scale Deposition on the piping System with lamina Flow and in The Presence of Citric Acids, *Journal of Physics: Counference Series*, Vol 1150 (1), PP: 1742-6596.
- Shanmukhaprasad Gopi, K Palanisamy and V. K Subramanian, 2013, 'Aragonite-calcite-vaterite: A temperature influenced sequential polymorphic transformation of CaCO_3 in the presence of DTPA', *Materials Research Bulletin*, Vol 48, pp: 1906–1912.
- Simões, F. Moura, T.B. Onofre, M.A. Ramirez, J.A. Varela, E. Longo, 2010. Microwave-Hydrothermal Synthesis Of Barium Strontium Titanate Nanoparticles. *Journal Of Alloys And Compounds* 508 (2010) 620–624
- Sreedhar, Ch. Satya Vani², D. Keerthi Devi¹, V. Sreeram, M. V. Basaveswara Rao, 2012. Nucleation Controlled In The Aggregative Growth Of Strontium Carbonate Microcrystals. *American Journal Of Materials Science* 2012, 2(5): 142-146

- Suharso, B. S. Bahri and T. Endaryanto, 2010, 'The Use of Gambier Extracts from West Sumatra as a Green Inhibitor of Calcium Sulfate (CaSO_4) Scale Formation', *Asian Journal Research Chemistry*, Vol 1 (3), pp: 183-187.
- Tang, H., Kambris, Z., Lemaitre, B., Hashimoto, C., 2008, *A serpin that regulates immune melanization in the respiratory system of Drosophila*.
- Tzotzi, C., Pahiadaki, T., Yiantsios, S.G., Karabelas, A.J., Andritsos, N., 2007, 'A study of CaCO_3 skala formation and inhibition in RO and NF membrane processes', *Journal of Membrane Science*, Vol 296 (1), pp: 171-184.
- Yasushi K, Nobuko Kanamori And Tamotsu Oomori, 1971. Measurements Of Distribution Coefficients Of Strontium And Barium Between Carbonate Precipitate And Solution -Abnormally High Values Of Distribution Coefficients Measured At Early Stages Of Carbonate Formation. *Geochemical Journal*, Vol. 4, Pp. 183 To 206, 1971
- Zhang Y., 2002, 'Nucleation and Growth Kinetics in Synthesizing nanometer calcite', *Journal of Crystal Growth*, Vol 245, pp: 309-320.
- Zhen Wu, Jane H D, Lorraine F. 2010. Effect of water chemistry on Calcium Carbonate deposition on metal and polymer surfaces, *J. Colloid and interfacescience*. 2010; 343 : 17-187