

PENGARUH PENGADUKAN DAN KONSENTRASI ZnCl_2 PADA PEMBENTUKAN KRISTAL BARIUM SULFAT DENGAN METODE BATCH KRISTALISASI

S. Susilowati^{1,2*}, Ubaidillah Aqil², H. Giritama Wibowo², Novel Karaman^{1,2}

¹Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Jalan Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya, 60249

²Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Jalan Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya, 60249

*Email: susilowati.tk@upnjatim.ac.id

Abstrak

Keberadaan kristal barium sulfat merupakan kasus yang sangat umum terjadi di dalam industri minyak dan gas bumi. Adanya kristal ini mempengaruhi produksi minyak dan gas bumi yang dapat menimbulkan masalah teknis yaitu menyebabkan terhambatnya laju alir pada perpipaan, sehingga tekanan pada pipa akan semakin tinggi dan menyebabkan pipa akan pecah dan rusak. Munculnya kristal barium sulfat pada perpipaan industri minyak dan gas mendorong peneliti untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan zat aditif yang bertujuan untuk mengurangi massa kristal barium sulfat (BaSO_4). Adapun zat aditif yang digunakan dalam penelitian ini adalah seng klorida (ZnCl_2). Penelitian dijalankan pada suhu operasi 30°C dengan memvariasikan variabel konsentrasi zat aditif seng klorida (ZnCl_2) dan kecepatan pengadukan. Konsentrasi seng klorida (ZnCl_2) yang digunakan antara lain 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm sementara kecepatan pengadukan yang dijalankan antara lain 0 rpm, 120 rpm, 240 rpm, 360 rpm, dan 480 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putaran pengadukan dapat mempercepat terjadinya reaksi sehingga pembentukan kristal menjadi lebih banyak. Hal ini sejalan dengan semakin tinggi konsentrasi zat aditif seng klorida (ZnCl_2) yang ditambahkan maka semakin banyak kristal barium sulfat (BaSO_4) yang terbentuk. Analisa SEM menunjukkan bahwa morfologi kristal BaSO_4 berbentuk orthorombik yang mengindikasikan bahwa bentuk kristal ini merupakan ciri khas kristal barit. Sementara hasil analisis XRD memastikan bahwa kristal barium sulfat, ini membuktikan kristal yang terbentuk adalah kristal barit sebagai kristal padat.

Kata kunci: Pengadukan, konsentrasi ZnCl_2 , kristal barium sulfat, metode batch

1. PENDAHULUAN

Kerak merupakan salah satu masalah yang cukup merugikan pada kegiatan industri perminyakan, khususnya pada sistem perpipaan industri. Hal ini disebabkan karena pada industri air proses yang digunakan tentu bukan air murni, namun air dari alam yang masih tinggi kandungan mineralnya seperti air sungai, ataupun air laut. Ketika kerak terbentuk maka akan dapat menimbulkan penyempitan pada pipa, akibatnya menghambat laju alir dari fluida tersebut, kerak juga dapat timbul pada pipa di *water reservoir*, boiler, *heat exchanger*, kondensor yang mana apabila ini terjadi maka dapat menimbulkan terhambatnya perpindahan panas karena adanya hambatan dari kerak tersebut (Soediono, 2011).

Kerak merupakan suatu lapisan oksida yang terdeposit dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengendap pada permukaan pipa peralatan penukar panas yang disebabkan oleh pengkristalan ion mineral dalam air. Kristalisasi adalah peristiwa pembentukan partikel-partikel zat padat dalam suatu fase

homogen. Barium sulfat merupakan senyawa organik dengan rumus kimia BaSO_4 yang digunakan sebagai bahan utama dalam penelitian ini. Barium sulfat (BaSO_4) merupakan kristal yang terbentuk melalui reaksi antara barium klorit (BaCl_2) dengan natrium sulfat (Na_2SO_4). Barium sulfat merupakan kristal putih solid yang terkenal tidak larut dalam air. Aplikasi kristal barium sulfat dalam bidang kedokteran diketahui tidak akan membahayakan pasien karena sangat sulit larut dalam air. Barium sulfat juga dapat dengan mudah dikeluarkan dari tubuh (Soebiyakto, 2020).

Kristalisasi adalah suatu pembentukan partikel padatan dalam sebuah fasa homogen. Pada kristalisasi, larutan pekat biasanya didinginkan sampai konsentrasinya menjadi lebih besar dari pelarutnya. Zat terlarut yang sudah tidak larut lagi atau lewat jenuh pada larutannya akan membentuk kristal disekitar zat terlarut murni. Kristalisasi dapat dilihat dalam kehidupan sehari-hari, seperti proses pembekuan air untuk menghasilkan es,

pembekuan salju dari uap, pembentukan partikel atau kristal padat dari suatu cairan leleh, dan masih banyak lagi. Karakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi aditif menekan pembentukan fasa kalsit yang merupakan jenis fasa *hard-scale*. Apabila kristal ini terbentuk dan mengendap di dalam pipa, maka akan menghasilkan kerak yang sulit untuk dibersihkan dari suatu sistem perpipaan. Sedangkan kedua jenis kristal lainnya, yaitu aragonit dan vaterite, merupakan jenis *softscale* yang lebih mudah dibersihkan apabila menempel pada dinding dalam pipa (Kardiman dkk, 2017).

Kerak barium sulfat atau biasa disebut dengan *barit* merupakan jenis kerak yang sering timbul pada ladang minyak di lepas pantai, kerak tersebut menempel pada dinding yang membuat pipa menjadi menyempit. Kerak barium sulfat tersebut dapat timbul akibat bertemunya air laut dan air formasi pada reservoir. Harga kelarutan barium sulfat yang kecil, serta perbedaan kelarutan kerak barium sulfat tersebut dengan kerak lainnya membuat kerak tersebut jauh lebih mudah mengendap apabila kedua ion pembentuknya (Ba^{2+} dan SO_4^{2-}) terkandung dalam air sehingga akan mudah terendapkan bila sudah melebihi batas kelarutannya (Sorbie, 2019).

Kerak mempengaruhi produksi minyak bumi, yang kemudian menimbulkan dampak ekonomi pada proses produksinya yang cukup ekstrim, kerak tersebut juga yang di klaim menjadi salah satu alasan produksi minyak dunia turun. Pada dewasa ini, penelitian mengenai kerak serta pengendaliannya menjadi isu atau topik yang sedang hangat karena dampaknya yang sangat penting pada industri minyak dan gas. Dampak dari timbulnya kerak tersebut cukup besar mengingat perusahaan menghabiskan jutaan dolar untuk pengendalian kerak tersebut, di taksir bahwa industri minyak dan gas menghabiskan sekitar 5 milyar USD hanya untuk mengendalikan atau menghambat timbulnya kerak tersebut (Dera, 2018).

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk menghambat pertumbuhan kerak adalah dengan cara menguji faktor – faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan kerak dan juga dengan penambahan zat aditif. Menurut penelitian Karaman (2017), menyebutkan bahwa salah satu cara yang efektif untuk mencegah terbentuknya kerak pada perpipaan industri minyak yaitu dengan menginjeksikan

bahan kimia pencegah kerak (*scale inhibitor*) kedalam air atau bisa disebut dengan zat aditif. (Karaman, 2017).

Untuk mengendalikan kerak, hal pertama yang harus di lakukan adalah mengetahui bagaimana kristal dari kerak tersebut dapat terbentuk, kondisi optimal serta faktor seperti pH, suhu, tekanan, getaran yang mempengaruhi terbentuknya kristal dari kerak harus di ketahui, hal ini dapat mencegah terjadinya nukleasi dan mengurangi terbentuknya kerak. Selain hal tersebut, faktor lain adalah penambahan zat aditif dapat menekan atau menurunkan laju reaksi sehingga massa kristal yang terbentuk semakin berkurang (Singh, 2007). Penggunaan beberapa zat aditif dengan konsentrasi rendah mampu mengurangi laju pertumbuhan kristal. Zat aditif mampu menghalangi pertumbuhan kristal menggunakan 2 metode, yaitu penggabungan struktur dalam bagian atas kristal dan melakukan penolakan bagi penambahan unit pertumbuhan. Dalam penghambatannya, zat aditif berperan memperbaiki ukuran dan bentuk serta dapat mengganti sifat kristal tersebut (Suharso, 2015).

Dalam studi penelitian ini kristal barium sulfat (BaSO_4) didapatkan melalui reaksi antara barium klorit (BaCl_2) dengan natrium sulfat (Na_2SO_4). Kristal barium sulfat (BaSO_4) yang terbentuk kemudian ditambahkan zat aditif seng klorida (ZnCl_2) yang divariasikan konsentrasi dan kecepatan pengadukannya dengan proses batch. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh zat aditif seng klorida (ZnCl_2) dengan variasi konsentrasi zat aditif serta kecepatan pengadukan terhadap pembentukan kristal barium sulfat (BaSO_4) pada proses batch. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sebuah solusi khususnya bagi industri perminyakan dan gas bumi untuk meminimalisir terjadinya pembentukan kerak pada sistem perpipaan.

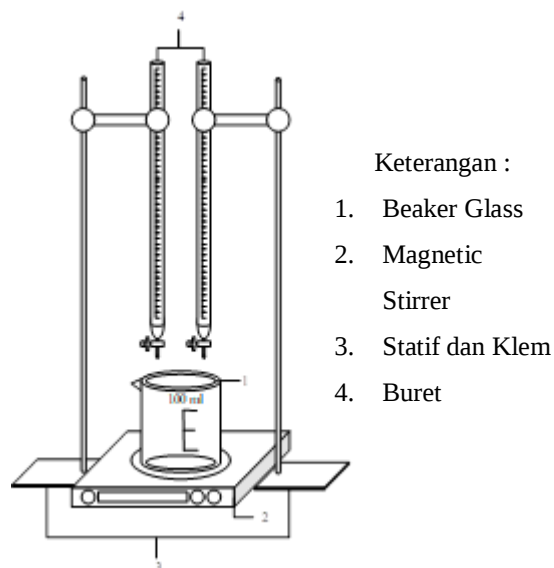
2. METODOLOGI

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi BaCl_2 (Barium Klorida), Na_2SO_4 (Natrium Sulfat), Aquadest sebagai bahan pembuatan larutan induk serta ZnCl_2 (Seng Klorida) sebagai inhibitor/zat aditif.

2.2 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu satu rangkaian alat batch kristalisasi menggunakan *magnetic stirrer* yang ditunjukkan **Gambar 1**.



Gambar 1. Alat Batch Kristalisasi Menggunakan Magnetic Stirrer

2.3 Prosedur

Membuat larutan barium klorit dan natrium sulfat, dengan melakukan perhitungan yang mengacu kepada kon-sentrasi barium yang direncanakan yaitu 3500 ppm dan volume larutan yang dikehendaki. Langkah selanjutnya, memasukan 2 bahan antara barium klorit dan natrium sulfat pada masing-masing buret sebanyak 100 ml. Kemudian semua variabel seperti suhu, dan kecepatan pengadukan diatur sesuai yang telah ditetapkan.

Selanjutnya, membuka kedua buret untuk dialirkan ke beaker glass dan menambah zat aditif sesuai dengan variabel konsentrasi, proses dilakukan selama 120 menit setelah itu disaring dan endapannya dikeringkan terlebih dahulu dalam oven sampai didapatkan berat konstan kemudian ditimbang. Selanjutnya proses dilakukan kembali dengan variabel yang berbeda. Setelah pengeringan sampel maka dilakukan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan uji *X-Ray Diffraction* (XRD) guna untuk mengamati morfologi dan karakteristik kristal barium sulfat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Berat Kerak Barium Sulfat (BaSO_4)

Zat aditif seng klorida (ZnCl_2) ditambahkan dalam proses pembentukan kristal dilakukan dengan tujuan untuk menghambat pertumbuhan kristal barium sulfat (BaSO_4). Zat aditif yang ditambahkan dalam penelitian ini adalah seng klorida dengan konsentrasi 0 ppm,

5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, dan 20 ppm dan kecepatan putaran pengadukan 0 rpm, 120 rpm, 240 rpm, 360 rpm, dan 480 rpm. Seng klorida dipilih sebagai zat aditif untuk menghambat pertumbuhan kristal karena seng klorida merupakan logam berat yang memiliki daya hambat terhadap pembentukan kristal (Isopecus dkk., 2010). Penelitian dilakukan dengan membandingkan tanpa penambahan zat aditif, penambahan zat aditif, dan kecepatan putaran pengadukan.

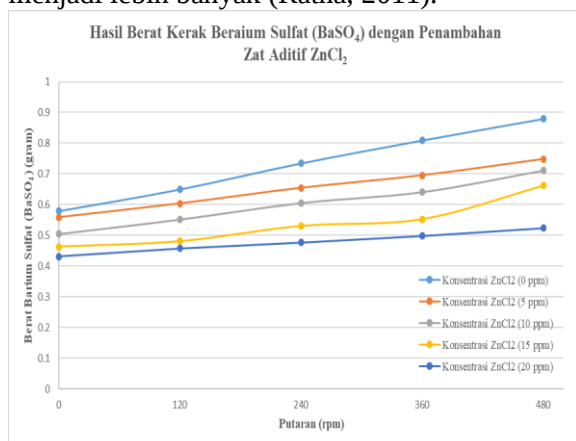
Adapun dari penelitian ini, pem-bentukan kristal barium sulfat (BaSO_4) dengan penambahan zat aditif seng klorida (ZnCl_2) didapatkan hasil berat (w) dari penelitian yang tertera pada **Tabel 1** dimana untuk konsentrasi aditif seng klorida 0 ppm dengan kecepatan putaran pengadukan 240 dan 480 rpm memiliki berat barium sulfat sebanyak 0.7345 dan 0.8792 gram. Sedangkan pada konsentrasi aditif seng klorida 10 ppm dengan kecepatan putaran pengadukan 240 dan 480 rpm memiliki berat barium sulfat sebanyak 0.6054 dan 0.7109 gram. Lalu untuk konsentrasi seng klorida 20 ppm dengan kecepatan putaran pengadukan 240 dan 480 rpm memiliki berat barium sulfat sebanyak 0.4768 dan 0.5234 gram.

Tabel 1. Hasil Berat Kerak Barium Sulfat (BaSO_4) dengan Penambahan Zat Aditif ZnCl_2

Konsentrasi ZnCl_2 (ppm)	Putaran (Rpm)	Berat Barium Sulfat (gram)
0	0	0.5794
	120	0.6499
	240	0.7345
	360	0.8090
	480	0.8792
5	0	0.5584
	120	0.6035
	240	0.6542
	360	0.6951
	480	0.7481
10	0	0.5046
	120	0.5517
	240	0.6054
	360	0.6409
	480	0.7109
15	0	0.4633
	120	0.4811
	240	0.5310

Konsentrasi ZnCl ₂ (ppm)	Putaran (Rpm)	Berat Barium Sulfat (gram)
20	360	0.5530
	480	0.6620
	0	0.4315
	120	0.4583
	240	0.4768
	360	0.4980
	480	0.5234

Gambar 2. menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran pengadukan semakin tinggi, massa kristal barium sulfat yang terbentuk lebih banyak dibandingkan kecepatan putaran pengadukan yang lebih rendah. Semakin tinggi kecepatan putaran pengadukan maka jumlah massa kristal yang terbentuk akan semakin banyak. Hal ini disebabkan karena kecepatan putaran pengadukan dapat mempercepat terjadinya reaksi sehingga pembentukan kristal menjadi lebih banyak (Ratna, 2011).



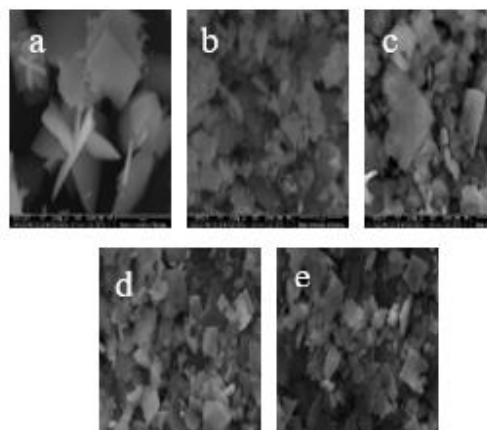
Gambar 2. Grafik hubungan putaran (rpm) terhadap berat BaSO₄ (gram) pada berbagai konsentrasi ZnCl₂

Terlihat di **Gambar 2**, penambahan ZnCl₂ 20 ppm maka berat BaSO₄ yang terbentuk mengalami penurunan dan juga adanya pengadukan. Ini mengidentifikasi bahwa semakin banyak konsentrasi ZnCl₂ yang ditambahkan, maka pertumbuhan kerak barium sulfat (BaSO₄) dapat dihambat atau ditekan. Serta dengan adanya pengadukan akan mempercepat tumbukan antar partikel, sehingga terbentuk kristal barium sulfat. Demikian juga pada waktu operasi dilakukan selama 120 menit, yang menyebabkan semakin sempurna pula singgungan antar partikel dan pelarut,

sehingga cepat terbentuk kristal (Othmer Kirk, 1993).

3.2. Hasil Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pembentukan kristal yang dilakukan pada konsentrasi larutan BaSO₄ 3500 ppm dan suhu 30°C dengan variasi konsentrasi zat aditif dan kecepatan putaran pengadukan terlihat pada **Gambar 3**, Serta menunjukkan bahwa kristal yang terbentuk memiliki perbedaan dalam ukurannya, namun morfologi kristal yang terbentuk tanpa aditif dengan kecepatan putaran pengadukan 0 rpm memiliki ukuran yang lebih tebal. Bahkan, kristal tanpa menggunakan zat aditif dengan kecepatan putaran pengadukan 0 rpm memiliki permukaan yang lebih kasar daripada morfologi kristal yang menggunakan zat aditif dengan kecepatan putaran pengadukan 240 rpm dan 480 rpm.



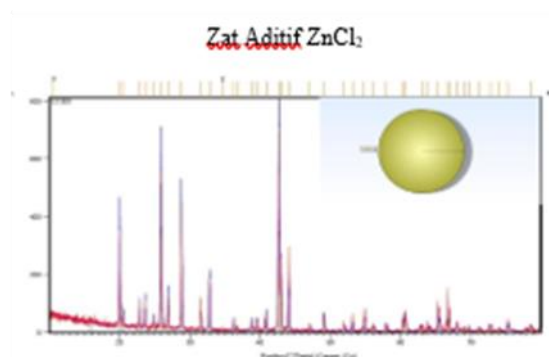
Gambar 3. Morfologi kerak barium sulfat dengan menggunakan zat aditif ZnCl₂ (a) tanpa penambahan zat aditif dengan kecepatan pengadukan 0 rpm, (b) penambahan zat aditif 10 ppm dengan kecepatan pengadukan 240 rpm, (c) penambahan zat aditif 10 ppm dengan kecepatan pengadukan 480 rpm, (d) penambahan zat aditif 20 ppm dengan kecepatan pengadukan 240 rpm, dan (e) penambahan zat aditif 20 ppm dengan kecepatan pengadukan 480 rpm.

Morfologi kristal barit lebih lanjut dengan adanya zat aditif dapat terlihat pada analisa SEM. **Gambar 3(a)** merupakan hasil analisa tanpa menggunakan zat aditif dimana terlihat kristal barit relatif lebih tebal dan besar. **Gambar 3(b)** dan **Gambar 3(d)** merupakan morfologi kristal yang terbentuk dengan zat aditif ZnCl₂ dimana konsentrasi zat aditif yang digunakan 10 dan 20 ppm dan kecepatan pengadukan sama di 240 rpm, kristal barit yang terbentuk pada zat aditif dengan konsentrasi lebih tinggi relatif lebih tipis dan lebih sedikit

yang ditunjukkan pada **Gambar 3(d)**. Dalam hal ini dapat disimpulkan dimana semakin besar konsentrasi zat aditif yang digunakan sebagai inhibitor maka kristal yang terbentuk semakin sedikit dan relatif lebih tipis. Sedangkan pada **Gambar 3(b)** dan **Gambar 3(c)** dimana konsentrasi zat aditif yang digunakan sama yaitu 10 ppm, namun kecepatan pengadukan berbeda yaitu 240 rpm dan 480 rpm, kristal barit yang terbentuk pada kecepatan putaran lebih tinggi lebih banyak dan relatif lebih tebal yang tersaji dalam **Gambar 3(c)**, dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa kecepatan pengadukan dapat mempengaruhi banyaknya kristal yang terbentuk.

3.3. Analisa X-Ray Diffraction (XRD)

Analisa kristal barium sulfat dilakukan untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk apakah benar-benar kristal barium sulfat (BaSO_4) atau bukan dengan cara dilakukan pengujian XRD.



Gambar 5. Grafik Hasil Analisa XRD Zat Aditif ZnCl_2

Data hasil pengukuran XRD ini kemudian disesuaikan dengan data Pusat Difraksi Internasional untuk data difraksi (JCPDS-ICDD). Menunjukkan bahwa intensitas puncak difraksi yang sesuai dengan bilangan PDF 98-018-0337 dan PDF 98-003-1894, memperlihatkan bahwa kristal yang dihasilkan berupa kristal barit dengan struktur orthorombik.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, zat aditif ZnCl_2 mampu menghambat terbentuknya kerak barium sulfat, dimana semakin tinggi konsentrasi zat aditif ZnCl_2 yang digunakan maka massa kristal yang terbentuk semakin sedikit. Putaran pengadukan membuat

kerak sukar untuk mengendap sehingga sulit untuk menempel, namun pengadukan juga mempercepat terjadinya reaksi sehingga kerak yang timbul semakin banyak. Data hasil pengukuran XRD menunjukkan bahwa hasil yang didapat adalah 100% barium sulfat dan dari Analisa SEM serta Analisa data difraksi XRD memperlihatkan struktur kristal barit adalah orthorombik.

DAFTAR PUSTAKA

- Dera, S. (2018). Pengaruh pH Larutan Terhadap Nukleasi dan Pertumbuhan Kristal Barium Sulfat Didalam Pipa Beraliran Laminar: Pengamatan Kristal Menggunakan SEM-EDX dan XRD. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 1(2), pp. 37. doi: 10.32662/gojise.v1i2.490.
- Isopescus, 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
- Kardiman et al. (2017). Analisis pertumbuhan fasa kerak kalsium karbonat (CaCO_3) akibat penambahan asam tartrat ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$) sebagai aditif. *Barometer Jurnal Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 2(1), pp. 8–11.
- N. Karaman, J. Jamari, A P Bayuseno and S Muryanto. (2017). Scale Formation Of Barium Sulfate In The Piping Flow System : Mineralogy And Morphology Evaluation. *J. Teknik Kimia Universitas pembangunan nasional "Veteran" Jawa Timur*, 23.
- Othmer, Kirk. (1993). Encyclopedia of Chemical Technology, Mc Graw Hill, Second Edition Vol. 14, New York.
- Ratna, P. S. (2012). *Studi Penanggulangan Problem Scale Dari Near-Wellbore Hingga Flowline di Lapangan Minyak Limau*, Fakultas Teknik UI, Depok.
- S. Sorbie and E. J. Mackay. (2019). Barium Sulfate Scaling and Control during Polymer, Surfactant, and Surfactant/Polymer Flooding, Vol. 19, pp. 1-17
- Singh, N.B., Middendorf, B. (2007). Calcium sulphate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials Journal*, vol 53, pp: 57-77
- Soebiyakto. (2012), Pengaruh Jenis Kanvas Rem Dan Pembebanan Pedal Terhadap Putaran Output Roda Dan Laju Keausan Kanvas Rem Pada Sepeda Motor, *J. Universitas Widyagama*, Vol 3, No 2
- Soediono. (2011). Eksperimen pembentukan kerak gypsum dengan konsentrasi Ca^{2+} 3500 ppm

dan aditif Fe^{2+} . *Jurnal Momentum*, vol. 7, pp. 41-44

Suharso. (2015). *Penanggulan Kerak*, Bandar Lampung : Graha Ilmu.