

**LAPORAN HASIL PENELITIAN**  
**“PEMBENTUKKAN KRISTAL BARIUM SULFAT ( $BaSO_4$ ) dengan**  
**METODE BATCH KRISTALIZER ”**



**OLEH :**

**Reffi Allifyanto**

**18031010142**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”**  
**JAWA TIMUR**  
**2022**



**LAPORAN HASIL PENELITIAN**  
**Pembentukam kristal Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) Dengan metode batch kristalizer**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LAPORAN HASIL PENELITIAN**

**“PEMBENTUKAN KRISTAL BARIUM SULFAT ( $\text{BaSO}_4$ ) DENGAN**  
**METODE BATCH KRISTALIZER”**

**DISUSUN OLEH :**

**REFFI ALLIFYANTO**


**18031010142**

**Penelitian ini telah diperiksa dan disetujui**  
**Pada Tanggal 13 Desember 2021**

**Tim Penguji**


**Dosen Pembimbing**

1.


  
**(Prof. Dr. Ir. Soemargono, SU)**  
**NIP. 19510822 197701 1 006**

  
**(Dr. Ir. Novel Karaman, MT)**  
**NIP. 19580801 198703 1 001**

2.

  
**(Ir. Sufiybno, MT)**  
**NIP. 19600713 198703 1 001**

**Mengetahui,**  
**Dekan Fakultas Teknik**  
**Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur**

  
**Dr. Dra. Jariyah, MP**  
**NIP. 19650403 199103 2 001**

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Reffi Allifyanto Rizki Dharmawan

NIM : 18031010142

Fakultas /Program Studi : Teknik / Teknik Kimia

Judul Skripsi/~~Tugas Akhir~~/Tesis/Desertasi :

PEMBENTUKKAN KRISTAL BARIUM SULFAT ( $BaSO_4$ ) dengan METODE BATCH KRISTALIZER

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan di setujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun , sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 15 November 2022

Yang Menyatakan



Reffi Allifyanto Rizki Dharmawan  
NPM. 18031010142



## LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pembentukam kristal Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) Dengan metode batch kristalizer

---

### KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, dengan segala rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “Pembentukan Kristal Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) Metode Batch Kristalizer”.

Penyusunan laporan penelitian ini tidak lepas dalam bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Dra. Jariyah, MP selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
  2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, M.T Selaku Koordinator Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
  3. Dr. Ir. Novel Karaman, MT selaku dosen pembimbing yang memberikan bimbingan, saran, ide dan masukan kepada penulis.
  4. Prof. Dr. Ir. Sumargono, SU selaku dosen penguji.
  5. Ir. Sutiyono, MT selaku dosen penguji.
  6. Kedua orang tua kami yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat baik moril maupun materil.
  7. Segenap pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan penelitian
- Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih banyak kekurangan. Oleh sebab itu, saran dan kritik yang membangun kami butuhkan untuk memperbaiki laporan penelitian ini.

Akhir kata semoga laporan penelitian ini dapat memberi manfaat semua pihak yang berkepentingan dan Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan kepada semua pihak yang telah memberi bantuan dalam menyusun hasil penelitian ini.

Surabaya, 13 Desember 2021

Penyusun





## **INTISARI**

Kerak barium sulfat yang tumbuh pada peralatan minyak industri membuat kerusakan baik di sumur injeksi maupun produksi. Serangkaian percobaan dilakukan untuk memperkirakan laju pengendapan barium sulfat dalam peralatan laboratorium dari air asin yang mengandung konsentrasi ion barium (3500 ppm) dan berbagai konsentrasi ion kalsium dan magnesium (10 dan 20 ppm). Selain itu, kecepatan pengadukan (240 dan 480 rpm) yang mempengaruhi kristalisasi kerak barium sulfat juga dipelajari melalui analisis kinetik. Pada kecepatan pengadukan tertentu, pengendapan kerak barium sulfat menurun karena kelarutannya meningkat dengan meningkatnya konsentrasi kation Ca dan Mg, yang ditunjukkan dengan perubahan nilai konstanta laju. Semua kristal padat yang diperoleh dari percobaan terutama mengandung barit murni yang divalidasi dengan metode X-Ray Diffraction (XRD). Mikrograf SEM untuk morfologi barit menunjukkan partikel dengan kristal berbentuk prisma dan tabular pada orde partikel 2 sampai 5 m. Hasil kinetik memberikan persamaan laju reaksi umum yang dapat digunakan untuk memprediksi deposisi barium sulfat di reservoir untuk air garam tertentu, jenuh, dan durasi waktu pencampuran.

Kata kunci: Barium Sulfat, kation Ca dan Mg, kecepatan pengadukan, SEM, XRD



**ABSTRACT**

Barium sulfate scale grew on industrial oil equipment make damaged either in injection or producing wells. A series of experiments were performed for estimating the precipitation rate of barium sulfate in laboratory equipment from brines containing the concentration of barium ions (3500 ppm) and varying concentrations of calcium and magnesium ions (10 and 20 ppm). Additionally, stirring speeds (240 and 480 rpm) affecting the crystallization of barium sulfate scales were also studied through kinetic analysis. At a certain stirring speed, the precipitation of the barium sulfate scale decreased since its solubility increased with increasing concentrations of Ca and Mg-cations, as indicated by changes in rate constant values. All solid crystals obtained from experiments contained mainly pure barite as validated by X-Ray Diffraction (XRD) method. The SEM micrograph for the morphology of barite showed particles with prismatic and tabular-shaped crystals on the order of 2 to 5  $\mu\text{m}$  particles. The kinetic results provided a general reaction rate equation that can be used to predict barium sulfate deposition in the reservoir for a given brine, supersaturation, and time durations of mixing.

**Keywords:** Barium Sulfate, Ca and Mg cations, stirring speed, SEM, XRD



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2 Tujuan .....	2
I.3 Manfaat .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Secara Umum .....	4
II.1.1 Barium Sulfat.....	4
II.1.2 Sifat Fisis dan Kimia Barium Sulfat .....	6
II.1.3 Kerak.....	7
II.1.4 Proses Terbentuknya Kerak .....	7
II.1.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kerak .....	8
II.1.6 Mekanisme Pembentukan Kerak .....	8
II.1.7 Reaksi terbentuknya endapan kerak .....	9
II.1.8 Kerak Barium Sulfat Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ).....	9
II.2 Landasan Teori .....	11
II.2.1 Kristalisasi .....	11
II.2.2 Kelarutan dan Supersaturasi (Solubility).....	12
II.2.3 Nukleasi .....	15
II.2.4 Faktor – faktor Kristalisasi .....	16
II.2.5 Zat Aditif .....	17
II.2.6 Analisa SEM.....	18
II.2.7 Analisa XRD.....	19
II.2.8 Waktu Induksi.....	20
II.2.9 Magnetic Stirrer .....	20
II.3 Hipotesa.....	21



## LAPORAN HASIL PENELITIAN

Pembentukan kristal Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) Dengan metode batch kristalizer

---

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	22
III.1 Waktu dan Tempat .....	22
III.2 Bahan yang digunakan .....	22
III.3 Alat yang digunakan .....	22
III.3.1 Rangkaian Alat .....	23
III.4 Variabel.....	24
III.4.1 Kondisi yang ditentukan.....	24
III.4.2 Kondisi yang diubah.....	24
III.5 Cara Kerja .....	24
III.5.1 Pembuatan larutan .....	24
III.5.2 Proses Pembentukan Kristal Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) .....	24
III.5.3 Proses Pengovenan .....	25
III.5.4 Analisa.....	25
III.6 Diagram Alir .....	26
III.6.1 Pembuatan Larutan.....	26
III.6.2 Proses Pembentukan Kristal Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) .....	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	28
IV.1 Pembentukan Kerak Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) .....	28
IV.2 Hasil Berat (w) Kerak Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) .....	28
IV.2.1 Zat Aditif Magnesium Klorit ( $\text{MgCl}_2$ ) .....	31
IV.3 Analisa X-Ray Difraksi (XRD) .....	36
IV.3.1 Zat Aditif Magnesium Klorit ( $\text{MgCl}_2$ ) .....	36
IV.3.2 Zat Aditif Kalsium Klorit ( $\text{CaCl}_2$ ).....	37
IV.4 Analisa Scanning Electron Microcopi (SEM) .....	38
IV.4.1 Zat Aditif Magnesium Klorit ( $\text{MgCl}_2$ ) .....	38
IV.4.2 Zat Aditif Kalsium Klorit ( $\text{CaCl}_2$ ).....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
V.I Kesimpulan .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....	44





**DAFTAR GRAFIK**

Grafik IV.1 Grafik Hubungan antara pengaruh kecepatan putaran pengadukan (rpm) terhadap berat kristal barium sulfat (w) pada setiap konsentrasi zat aditif Magnesium Klorit ( $\text{MgCl}_2$ )..... 30

Grafik IV.2 Grafik Hubungan antara pengaruh zat aditif terhadap berat kristal barium sulfat (w) pada setiap kecepatan putaran pengadukan ( rpm ) Magnesium Klorit ( $\text{MgCl}_2$ ) ..... 31

Grafik IV.3 Grafik Hubungan antara pengaruh kecepatan putaran pengadukan (rpm) terhadap berat kristal barium sulfat (w) pada setiap konsentrasi zat aditif Kalsium Klorit ( $\text{CaCl}_2$ ) ..... 32

Grafik IV.4 Grafik Hubungan antara pengaruh zat aditif terhadap berat kristal barium sulfat (w) pada setiap kecepatan putaran pengadukan ( rpm ) Kalsium Klorit ( $\text{CaCl}_2$ )..... 33



**DAFTAR TABEL**

Tabel II.1 Ketimbangan Kimia dari Barium Sulfat.....	5
Tabel IV.1 Hasil Berat (w) Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) dengan penambahan Zat Aditif Magnesium Klorit ( $\text{MgCl}_2$ ).....	28
Tabel IV.2 Hasil Berat (w) Barium Sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) dengan penambahan Zat Aditif Kalsium Klorit ( $\text{CaCl}_2$ ) .....	29
Tabel IV.3 Hasil Analisa XRD Aditif Magnesium Klorit ( $\text{MgCl}_2$ ).....	34
Tabel IV.4 Hasil Analisa XRD Aditif Kalsium Klorit ( $\text{CaCl}_2$ ) .....	35



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar II.1 Barium Sulfat.....	6
Gambar II.2 <i>Diagram Temperatur–Konsentrasi</i> .....	12
Gambar II.3 Skema Klasifikasi Nukleasi.....	14
Gambar III.3 Rangkaian Alat Proses Kristalisasi. ....	21
Gambar IV.1 Gambar Grafik XRD Magnesium Klorit ( $\text{MgCl}_2$ ).....	34
Gambar IV.2 Gambar Grafik XRD Kalsium Klorit ( $\text{CaCl}_2$ ).....	35
Gambar IV.3 Gambar Hasil Analisa SEM Magnesium Klorit ( $\text{MgCl}_2$ ) .....	36
Gambar IV.4 Gambar Hasil Analisa SEM Kalsium Klorit ( $\text{CaCl}_2$ ).....	39