

**PEMBENTUKAN KRISTAL  $\text{CaCO}_3$  PADA PIPA TEMBAGA  
DENGAN KONSENTRASI LARUTAN 3500ppm  $\text{Ca}^{++}$   
DAN LAJU ALIRAN 30 ML/MENIT**

Tri Aryanto<sup>1</sup> dan Samsudi Raharjo<sup>2</sup>

**Abstrak**

Pembentukan kerak pada sistem perpipaan di industri maupun rumah tangga menimbulkan banyak permasalahan teknis dan ekonomis. Hal ini disebabkan karena kerak dapat menutupi atau menyumbat air yang mengalir dalam pipa dan sekaligus menghambat proses perpindahan panas pada peralatan penukar panas. Sehingga kerak yang terbentuk pada pipa-pipa akan memperkecil diameter dan akhirnya meningkatkan biaya produksi. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengembangkan alat *Closed Circuit Scale Simulator*, memahami mekanisme pembentukan kerak  $\text{CaCO}_3$  didalam pipa dengan aliran laminer dan mengkaji hasil morfologi, kristalograpi dan komposisi kerak. Percobaan dilakukan dengan beberapa kupon yang terbuat dari pipa tembaga yang merupakan bahan pipa yang umum digunakan dalam industri. Dalam penelitian ini dilakukan suatu pengembangan alat untuk mensimulasikan pertumbuhan kerak di dalam pipa uji. Alat uji ini dirangkai pada suatu rangka yang terbuat dari bahan plat besi siku. Hasil yang didapatkan selama pengujian dengan mereaksikan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{NaCO}_3$  menggunakan larutan  $\text{Ca}^{2+}$  berkonsentrasi 3500 ppm dengan laju alir 30 ml/menit, dapat menumbuhkan kerak  $\text{CaCO}_3$  dengan Berat kerak Total sebesar 0,200 gram, waktu induksi yang dibutuhkan adalah 10 menit. Dan dari hasil SEM  $\text{CaCO}_3$  diketahui bentuk kristal yang dihasilkan seratus persen *Rombohedral*.

**Kata Kunci :  $\text{CaCO}_3$ , Waktu Induksi, SEM, Kerak.**

PENDAHULUAN

Kerak adalah tumpukan keras dari bahan anorganik 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 (**Bhatia, 2003**).

Masalah yang cukup serius yang dijumpai pada sebagian besar proses industri, yaitu terjadinya pengendapan garam pada dinding-dinding peralatan proses aliran fluida, terutama

---

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang

pada permukaan transfer panas dan permukaan alat-alat evaporasi. Pengendapan ini tidak diharapkan karena penumpukannya menyebabkan timbulnya kerak yang dapat mengganggu transfer panas sehingga mengurangi efisiensi dan menghambat pengaliran pada proses aliran fluida. Di samping itu, kerak yang menumpuk pada pipa-pipa saluran, lubang-lubang dan beberapa bagian aliran pada proses aliran fluida dapat menyebabkan gangguan yang serius pada pengoperasian, karena penumpukan kerak ini dapat mengakibatkan terjadinya korosi dan kerusakan pada peralatan proses produksi. Dalam penelitiannya Suharso dan kawan-kawan melakukan penelitian pertumbuhan kerak dengan mencampurkan larutan 0,1 M  $\text{CaCl}_2$  dan larutan 0,1 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  masing-masing dalam 250 mL aquades pada suhu 80 °C (Suharso dkk.,2009). Pembentukan deposit kerak (scale)  $\text{CaCO}_3$  oleh air sadah (air dengan kandungan ion Ca yang tinggi) pada sistem perpipaan di industri maupun rumah tangga menimbulkan banyak permasalahan teknis dan ekonomis. Saksono dan kawan-kawan telah melakukan penelitian dengan melarutkan padatan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  di dalam air demin untuk menghasilkan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan konsentrasi 0,005 M, 0,010 M, 0,015 M dan 0,020 M. Demikian juga untuk larutan  $\text{CaCl}_2$  (Saksono dkk., 2007).

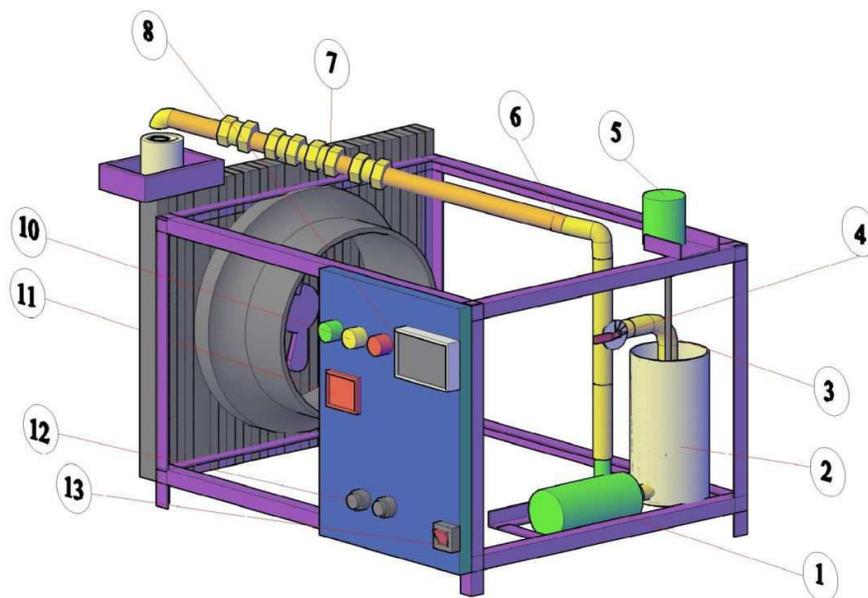
Di dalam proses industri pergerakan merupakan permasalahan yang masih sangat memprihatinkan terutama pada sistem pendingin dan industri minyak bumi. Ini adalah alasan mengapa banyak penelitian masih dikembangkan untuk memahami fenomena kerak. Untuk tujuan ini beberapa metode telah dikembangkan untuk mempercepat terbentuknya kerak (Euvrard dkk., 2004). Penghambatan pertumbuhan kristal tampaknya menjadi metode yang paling efisien mengendalikan kerak  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{BaSO}_4$ . Efektivitas inhibitor kerak tergantung pada kemampuan sebuah aditif untuk mengganggu langkah-langkah pembentukan kerak, yaitu baik dengan langkah nukleasi atau dengan pertumbuhan kristal (Tzotzi dkk., 2007).

Pengaruh dari laju alir adalah dalam hal jumlah impuritas yang diangkut selama fluida mengalir. Bila laju alir semakin besar maka impuritas yang diangkut akan semakin besar pula sehingga mempunyai relevansi terhadap kemungkinan peningkatan jumlah kerak yang terjadi. Pada sisi lain ada kemungkinan laju alir akan mengurangi waktu reaksi antara ion kalsium dengan ion sulfat. Model aliran ada dua macam yaitu laminar dan turbulen. Peneliti membatasi masalah untuk meneliti model aliran laminar. Temperatur sistem dimana terjadi proses pergerakan sangat bervariasi. Peneliti melakukan pembatasan temperatur dengan

memilih temperatur kamar dengan alasan bahwa pada temperatur tersebut proses pengerakan terjadi secara alami.

#### METODOLOGI PENELITIAN

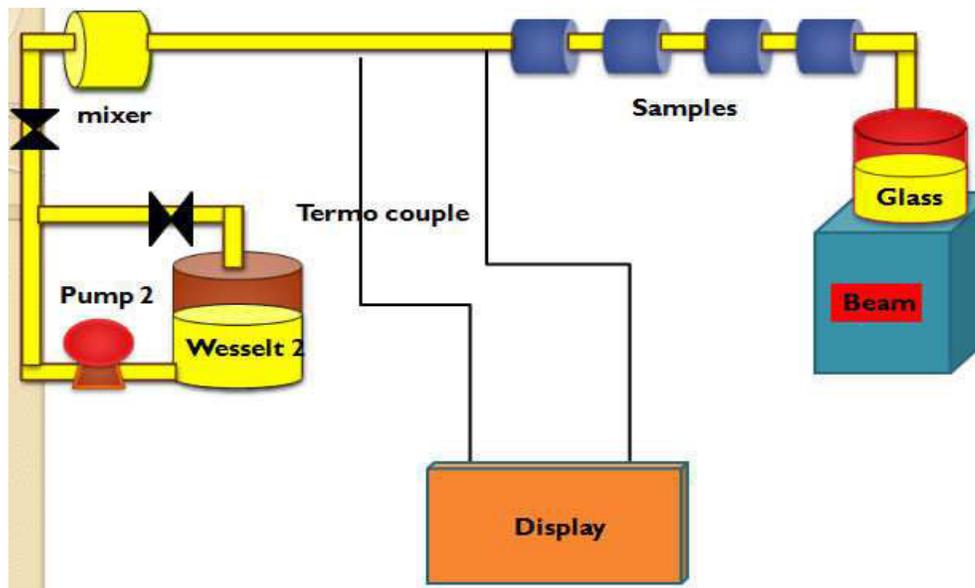
Pengujian ini dilakukan dengan menghitung devibisi aliran, dengan demikian alat yang dibuat mempunyai laju alir stabil. Kecepatan aliran meninggalkan sampel-sampel pengujian tepat sesuai desain yaitu 30ml/menit. Conductivity meter digunakan untuk mengukur konduktivitas larutan. Keakuratan instrumentasi ini bisa diuji dengan melakukan pengukuran terhadap konduktivitas aquades. Bila conductivity meter menunjukkan angka nol pada waktu mengukur konduktivitas aquades maka instrumen ini akurat sebab aquades tidak memiliki ion-ion. Gambar 1 adalah gambar pelaksanaan pengujian alat prototype *Closed Circuit Scale Simulator*.



Gambar 1. Alat Uji *Closed Circuit Scale Simulator*

Pengambilan data dilakukan dengan kecepatan aliran 30ml/menit. Percobaan untuk pembentukan kerak  $\text{CaCo}_3$  dengan menggunakan konsentrasi larutan 3500ppm. Untuk jam pertama pencatat waktu pada saat yang sama juga diaktifkan dimana setiap dua menit sekali perlu dilakukan pengukuran terhadap konduktivitas larutan yang keluar dari sampel

ditampung pada gelas ukur dan sesegera mungkin elektroda conductivity meter dimasukkan. Conductivity meter akan mengukur nilai konduktivitas larutan angka yang terakhir inilah yang dicatat dan seterusnya dilakukan berulang-ulang sampai satu jam kemudian untuk jam kedua dilakukan setiap empat menit sekali untuk pengukuran konduktivitas larutan kemudian untuk jam ketiga dilakukan setiap enam menit sekali untuk pengukuran konduktivitas larutan dan untuk jam keempat dilakukan setiap delapan menit sekali pengukuran konduktivitas larutan. Setelah empat jam pompa dihentikan dan saluran menuju kupon dilepas, satu jam kemudian kupon diambil dari rumah kupon dan dikeringkan. Penimbangan massa kerak dilakukan pada waktu kerak masih menempel pada kupon. Selanjutnya selisih massa kerak dengan kupon dikurangi masa kupon sebelum kerak adalah masa kerak itu sendiri.



Gambar 2. Skema Alat *Prototype Closed Circuit Scale Simulator*

Pengujian SEM dan pengujian microanalyzer bisa dilakukan pada suatu instrumen yaitu dengan menggunakan perangkat SEM-XRD. Pengujian SEM dilakukan untuk mengkaji morfologi kristal sedangkan pengujian microanalyzer atau EDS bertujuan untuk mengetahui komposisi kristal dan pengujian XRD untuk membuktikan bahwa kerak dari hasil penelitian itu betul-betul kerak kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ).

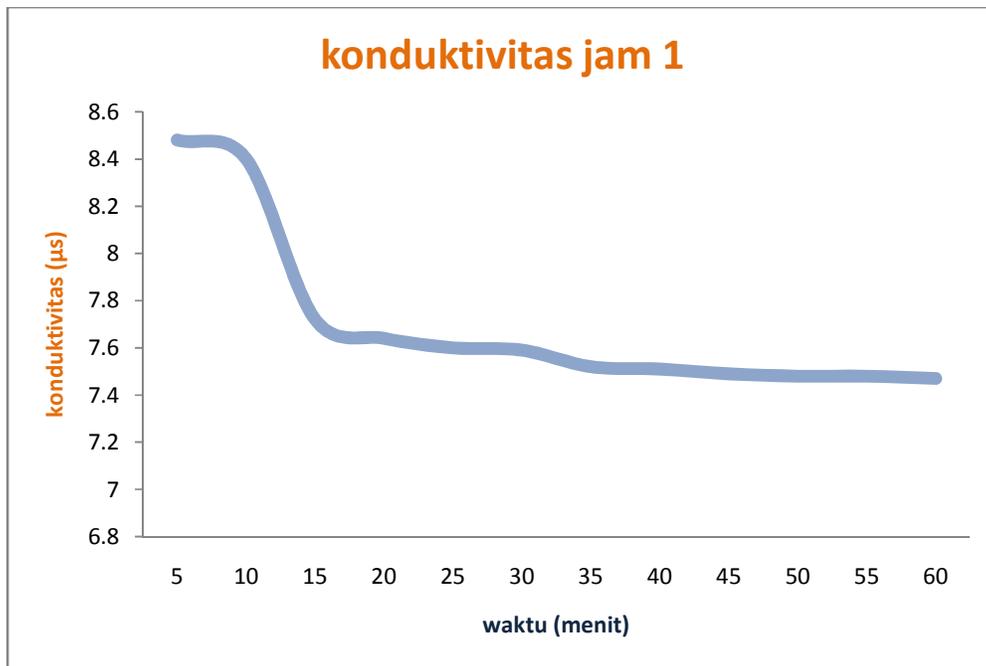
### Waktu Induksi

Waktu induksi disini yaitu waktu yang dibutuhkan oleh senyawa kalsium karbonat untuk membentuk inti Kristal pertama kali. Induksi dapat diketahui ditandai dengan menurunnya nilai konduktivitas larutan secara tajam, hal ini menunjukkan bahwa ion kalsium telah bereaksi dengan ion karbonat dan mengendap membentuk kerak.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Konduktivitas Larutan CaCo<sub>3</sub>

Pada konsentrasi larutan CaCo<sub>3</sub> 3500ppm dengan aliran laminar dan laju alir 30ml/menit untuk satu jam pertama, dimana setiap 2 menit sekali dilakukan pengukuran terhadap konduktivitas larutan. Diperoleh hubungan antara konduktivitas dan waktu dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengujian Konsduktifitas

### Perhitungan Massa Kerak

Perhitungan massa kerak dan laju pertumbuhan kerak rata-rata dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan dalam analisa data. Massa kerak diketahui dari selisih antara massa

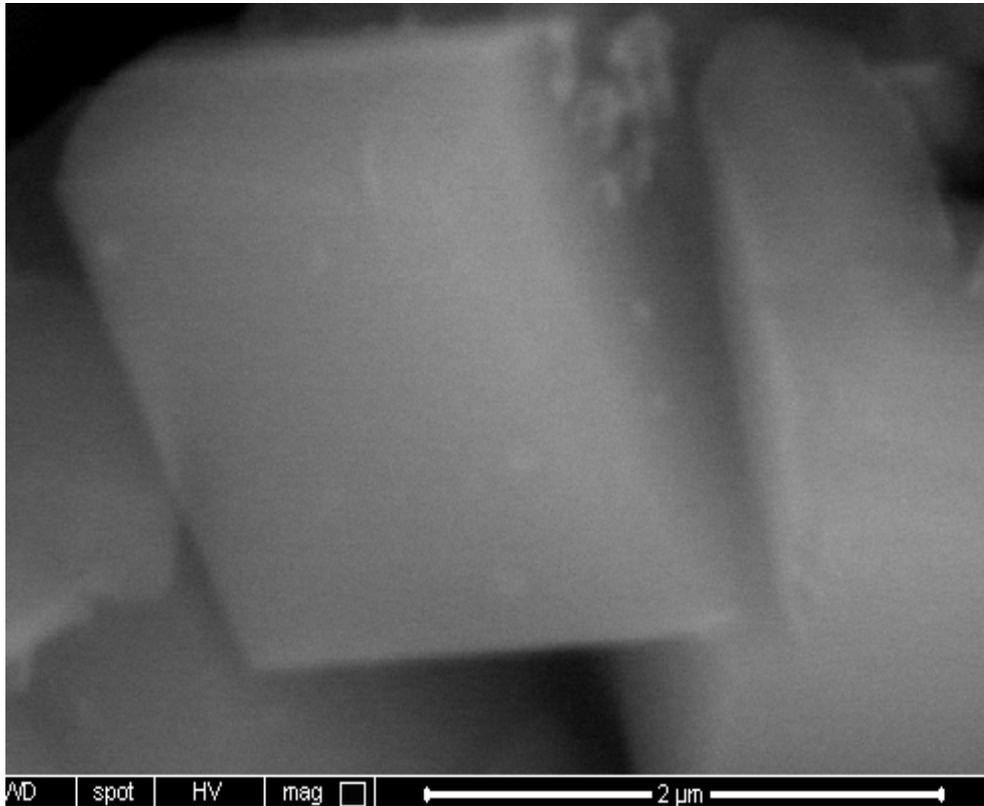
kupon yang telah ditumbuhi dengan massa kupon sebelum percobaan (tanpa kerak). Massa kerak dari kupon 1 dijumlahkan dengan massa kerak kupon 2, kupon 3, dan kupon 4 selanjutnya ditabulasikan.

**Tabel 1. Perhitungan Massa Kerak untuk Laju Aliran 30 ml/menit dengan Konsentras Larutan 3500 ppm.**

No	Sampel	Berat Sebelum	Berat Sesudah	Berat Kerak
1	Sampel 1	3,158	3,237	0,079
2	Sampel 2	3,164	3,218	0,054
3	Sampel 3	3,053	3,103	0,050
4	Sampel 4	3,194	3,211	0,017
Total		12,569	12,769	0,200

### **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 kristal dan pengujian XRD untuk membuktikan bahwa kerak dari hasil penelitian itu betul-betul kerak kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Kajian morfologi adalah kajian yang meliputi kekasaran kristal, ukuran kristal, bentuk kristal, proses pengintian serta fenomena pembentukan kristal. Hasil pengujian SEM seperti pada Gambar 4.

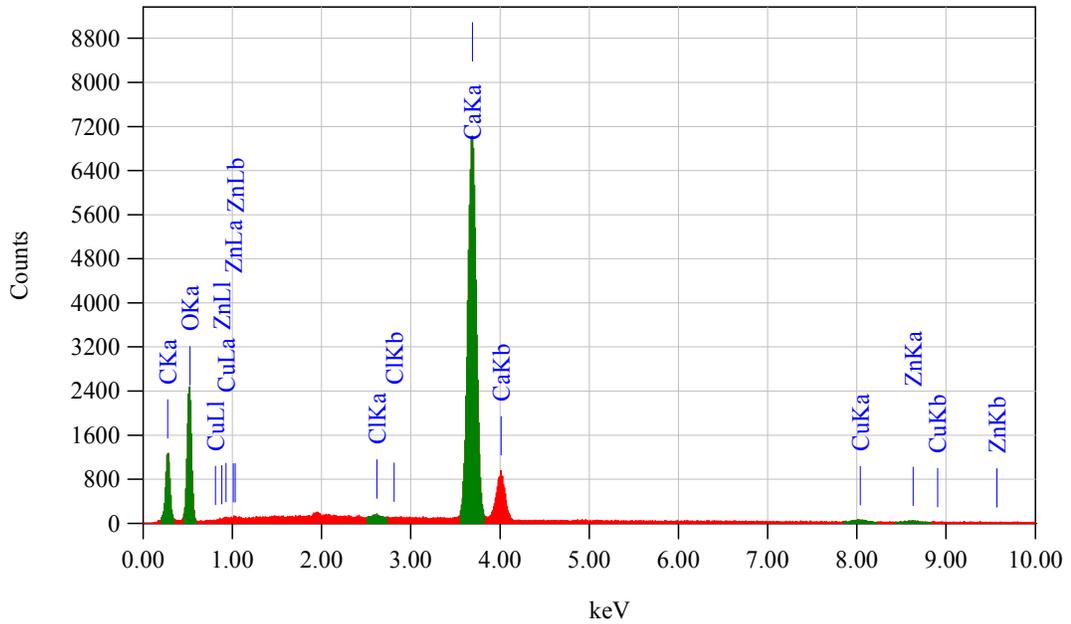


Gambar 4. Hasil Uji SEM Kerak

Setelah melakukan pengamatan terhadap hasil SEM dengan perbesaran mulai dari 100.000 kali. Proses pembentukan kristal yang dilakukan melalui percobaan dimana dengan menggunakan konsentrasi larutan  $\text{CaCO}_3$  3500 ppm dengan aliran laminar dan laju alir 30 ml/menit, sistem kristalisasi yang di hasilkan adalah *rombohedral*.

### **Pengujian EDS**

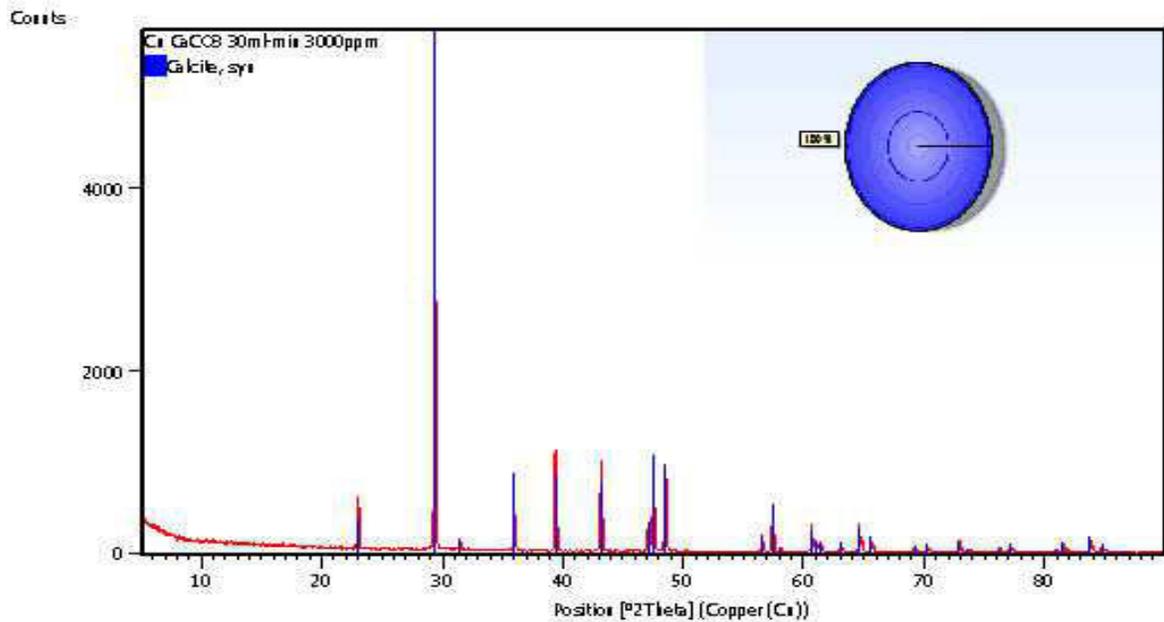
Pada prinsipnya mikroskop elektron dapat mengamati morfologi, struktur mikro, komposisi, dan distribusi unsur. Untuk menentukan komposisi unsur secara kualitatif dan kuantitatif perlu dirangkaikan satu perangkat alat EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectrometer* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil EDS

### Pengujian XRD

Dari hasil pengujian pengujian XRD pada Gambar 6 membuktikan bahwa kerak dari hasil penelitian itu betul-betul kerak kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Karena pada grafik diatas terdapat senyawa kalsit yg lebih dominan. Kalsit merupakan salah satu mineral kalsium karbonat yang mengkristal dalam sistem *rombohedral*, biasanya tidak berwarna atau berwarna putih dan mempunyai kekerasan 3 pada skala Mohs dengan bobot jenis 2,71. Kalsit adalah mineral pembentuk batuan dan merupakan penyusun utama dalam batu gamping, marmer, dan karbonatit.



Gambar 6. Hasil Uji XRD

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pembentukan kerak kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) pada pipa yang beraliran laminar dengan konsentrasi larutan 3500 ppm dengan laju alir 30 ml/menit didapatkan waktu induksi sebesar 10 menit. Pada penelitian pembentukan kerak kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) pada pipa yang beraliran laminar dengan konsentrasi larutan 3500 ppm dengan laju alir 30 ml/menit didapatkan berat kerak total sebesar 0,200 gram. Dari hasil SEM  $\text{CaCO}_3$  dengan konsentrasi larutan 3500 ppm dengan laju alir 30 ml/menit, diketahui dari bentuk kristal dan sistem kristalisasi yang dihasilkan adalah *Rombohedral* dimana *Rombohedral* merupakan ciri-ciri khas dari bentuk kristal  $\text{CaCO}_3$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Barrak, K., Rowell, D.L., 2006, *The Solubility Of Gypsum In Calcareous Soil*, Science Direct, 136 pp:830-837.
- Ang, Haming, et al., 2006. *Gypsum Scale Formation Control In Pipe Flow System : A Systematic Study On The Effect Of Process Parameters An Additives*, Curtin University Of Technology, Perth, Australia.

- Asnawati. 2001. *Pengaruh Temperatur Terhadap Reaksi Fosfonat dalam Inhibitor Kerak pada Sumur Minyak*. *Jurnal ILMU DASAR*. Vol.2. No.1:20.
- Badr, A. and A. A. M. Yassin. 2007. *Barium Sulfate Scale Formation in Oil Reservoir During Water Injection at High - Barium Formation Water*. *Journal of Applied Sciences*. 7 (17) ; 2393 - 2403.
- Bhatia, A, (2003) *Cooling water problems and solutions*, Continuing Education and Development, Inc. 9 Greyridge Fram Court stony Point, NY 10980. Course no: M05-009.
- Cotton, F. Adan G. Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. UI-Press. Jakarta.

---

PENULIS

1. TRI ARYANTO  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Semarang  
e-mail : [ary\\_04@ymail.com](mailto:ary_04@ymail.com)
2. SAMSUDI RAHARJO  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Semarang