

# MICROANALYSIS PEMBENTUKAN KRISTAL CALSIUM SULFAT PADA PIPA BERALIRAN LAMINER DENGAN PARAMETER LAJU ALIR

Wiji Mangestiyono

Program Studi D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Abstract

*Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) scaling inside pipe is very problematic for industries since it causes narrowing of pipe diameter, thickening of heat transfer surfaces, lengthening the process time and finally increase the cost of production. It is therefore necessary to prevent the occurrence of gypsum scaling in a piping system. This report describes an experiment on gypsum scale formation utilizing  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  solutions to form gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). The concentration the calcium ions selected was 3,500 ppm. The experiment was carried out a pipe with several coupons made of copper representing common pipe material used in industry. Flowrate of gypsum solution as one of process parameters for gypsum scaling was varied: 30, 40 and 50 ml/minute respectively. In addition,  $\text{Cu}^{2+}$  as impurities was added into the solution : 5 and 10 ppm respectively. In addition, a microanalysis on the scale was also carried out using EDAX. The mass of the scale formed was calculated in order to determine the rate of the gypsum scale growth.*

**Keywords :** flowrate, gypsum, impurities, piping system.

## I. LATAR BELAKANG

Pengerakan merupakan proses alami yang terjadi karena adanya reaksi antara komponen-komponen kimia dalam air. Komponen yang dimaksudkan meliputi: alkalin, kalsium, klorid, sulfat, nitrat, besi, seng, tembaga, fosfat, aluminium dan lain-lain. Dalam proses pengerakan faktor fisik misalnya temperatur, laju alir dan model aliran, mempunyai pengaruh yang cukup signifikan. Kecepatan aliran adalah faktor fisik yang mempunyai pengaruh kuat terhadap proses pengerakan. Ia memberikan tekanan aksial maupun radial yang berpengaruh terhadap proses pembentukan inti kerak.

Proses pembentukan kerak sangat tergantung pada kondisi larutan yaitu

keadaan lewat jenuh. Bila kondisi lewat jenuh telah tercapai maka pengerakan akan terjadi melalui mekanisme yang akan dijelaskan pada bagian Tinjauan Pustaka ( Ha Ming Ang dkk, 2006)

Kerak yang terjadi pada dinding pipa atau pada bejana akan berakibat menimbulkan berbagai kerugian pada sistem industri. Kenyataan bahwa kerak dapat menimbulkan kerugian-kerugian lain maka kerak harus dicegah agar jangan sampai terjadi atau setidaknya harus dihambat. Usaha untuk menekan pertumbuhan kerak bisa dilakukan dengan pengolahan faktor-faktor proses yang mempengaruhi pertumbuhan kerak serta dengan penambahan aditif yang sesuai.

Chong dkk, (Chong dan Sheikoleslami, 2001) melakukan penelitian dimana mereka melakukan pencampuran kalsium 0,03M dengan sulfat 0 sampai pada 0,01M ke dalam *batch crystalizer* dengan variasi temperatur 60, 70 dan 80°C. Selanjutnya reaksi antara kalsium dan sulfat terjadi dalam kondisi larutan statis atau tidak mengalir. Hasil yang didapatkan adalah waktu induksi terjadi lebih singkat ketika suhu meningkat serta jumlah kerak yang terjadi meningkat bila suhu juga meningkat. Maka bisa disimpulkan disini bahwa peningkatan temperatur mengakibatkan peningkatan laju reaksi dan laju pertumbuhan kerak.

Hamdona dan Al Hadad (S.K.Hamdona, O.A.Al-Hadad,2008) melakukan eksperimen tentang pertumbuhan kerak gipsum dengan parameter temperatur. Eksperimen dilakukan pada larutan tidak mengalir berisi 500 ml dengan thermostat untuk menjaga suhu larutan kontinyu pada 25°C. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini telah digunakan aditif untuk menghambat pertumbuhan kerak. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa pengendapan kristal kerak menurun dikarenakan adanya penambahan aditif asam amino.

Sayan dan kelompoknya (Parvis Sayan dkk, 2007) melakukan penelitian yang sama dengan penelitian yang dibahas sebelumnya yaitu dilakukan pada media larutan yang statis atau tidak mengalir akan tetapi telah mencoba untuk menjawab permasalahan nyata dengan cara mengkaji pengaruh kandungan logam ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  dan  $Cr^{3+}$ ) yang lazim ditemukan dari sumber air alami. Hasil yang didapatkan adalah bahwa ukuran partikel kristal kerak rata-rata menjadi lebih kecil dengan adanya ion logam ikutan yang dikaji.

Penelitian Hoang dan kawan-kawan (Tung A Hoang dkk, 2007) berbeda

dengan penelitian yang diuraikan sebelumnya yaitu media larutan yang digunakan dalam kondisi mengalir melalui pipa, selanjutnya larutan  $CaCl_2$  dan  $Na_2SO_4$  akan bereaksi di dalam kupon. Pemanas diletakkan di dalam *batch* untuk mengatur suhu yang dikehendaki. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa massa kerak dipengaruhi oleh temperatur yaitu semakin tinggi temperatur akan menyebabkan massa kerak semakin meningkat.

Ang dan kawan-kawan (Ha Ming Ang dkk,2007) melakukan penelitian lebih kompleks dibanding dengan penelitian yang telah dibahas sebelumnya yaitu mengkaji proses pengerakan didalam sistem yang mengalir dengan parameter proses yang lebih lengkap yaitu temperatur, laju alir dan konsentrasi larutan serta mengkaji pula pengaruh dari aditif yang digunakan. Dari hasil penelitian ini diantaranya diketahui bahwa konsentrasi larutan mempunyai hubungan yang positif dengan massa kerak yang dihasilkan, temperatur larutan juga mempunyai hubungan yang positif dengan kerak yang dihasilkan.

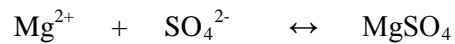
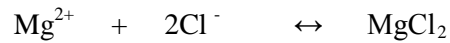
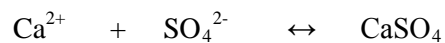
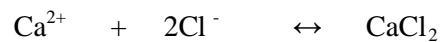
Peneliti di dalam penelitian ini melakukan eksperimen pengerakan gipsum dengan maksud mengkaji pertumbuhan kerak dalam sistem yang mengalir dengan variabel parameter proses yaitu laju alir serta aditif  $Cu^{2+}$ .

Eksperimen dalam penelitian ini dilakukan untuk memenuhi pencapaian beberapa tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Tujuan yang dimaksudkan diungkapkan adalah : a.Mengkaji parameter proses yang berpengaruh terhadap pertumbuhan kerak gipsum di dalam media yang mengalir. b.Mengkaji aditif yaitu ion logam untuk menghambat pertumbuhan kerak.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Pengerakan dalam pipa adalah suatu proses pembentukan endapan yang terjadi dalam kondisi alami pada suatu pipa yang mengalirkan air dengan kesadahan, temperatur, kecepatan dan konsentrasi tertentu (Ha Ming Ang, 2007). Pengerakan dipengaruhi oleh kondisi fisik, seperti temperatur, kecepatan aliran, model aliran serta dipengaruhi pula oleh kondisi kimia seperti tingkat kesadahan air yang mengalir dalam pipa, intensitas impuritas yang berada dalam air. Bisa dikatakan disini bahwa kondisi air yang dialirkan itulah yang pada akhirnya menimbulkan permasalahan kerak itu sendiri (Al Barrak dan Rowell, 2006).

Kemungkinan bahwa air akan mengendapkan kerak bisa diukur dengan *water analysis*. Ukuran dari *water hardness* ( kesadahan ), pH dan rasio klorid dengan karbonat adalah merupakan indikator adanya kemungkinan bahwa air akan menimbulkan endapan kerak. Pembentukan kerak juga dipengaruhi oleh beberapa perubahan yang terjadi di dalam air termasuk di dalamnya perubahan sifat fisik maupun perubahan sifat kimia dalam system pengaliran air. Sebagai contoh pelepasan karbon dioksida pada waktu proses pemompaan dari sumur akan memacu reaksi kimia yang akan mengakibatkan pertumbuhan kerak. Kenaikan temperatur, perubahan kecepatan dan tekanan, perubahan pH juga akan memicu kerak ( Ha Ming Ang dkk, 2007). Kesadahan air yang tinggi yaitu ditandai dengan tinggi kandungan  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  dan  $\text{HCO}_3^-$  sangat memicu proses pertumbuhan kerak. Ion-ion yang disebutkan akan mengalami reaksi sebagai berikut (Azimi dan Papangelakis, 2009):



Kerak merupakan senyawa mineral yaitu berupa kalsium karbonat, kalsium sulfat, magnesium karbonat dan dalam keadaan tertentu disertai pula unsur-unsur lain (mineral besi atau butiran pasir), namun demikian kerak kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang paling banyak dijumpai dan lazim dinamakan orang sebagai kerak gipsium.

Pengerakan bisa terjadi dalam bak penampungan air namun yang paling banyak adalah terjadi pada pipa pengaliran air, dengan demikian kecepatan fluida menjadi faktor yang sangat berpengaruh. Fluida yang mengalir dalam pipa mempunyai uraian gaya aksial dan radial yang akan menjadikan proses pergerakan dari inti kerak yang terbentuk. Gaya radial akan menyerupai gaya geser yang mengenai dinding pipa secara tegak lurus dan menyebabkan sebagian inti kerak yang telah menempel pada dinding pipa terlepas. Inti kerak akan didorong oleh gaya aksial fluida sehingga terbawa oleh aliran dan kemudian menempel pada bagian dinding lain. Dalam hal ini gaya aksial radial yang dimiliki oleh aliran fluida berfungsi sebagai penyebar inti kerak dimana akan menjadi pasat-pusat baru bagi pertumbuhan kerak. Pengaruh lain dari gaya radial fluida adalah mendorong inti kerak yang akan mulai terbentuk yang berada pada bagian tengah pipa kearah dinding pipa sehingga membuat inti kristal tersebut menempel pada dinding. Berikutnya endapan kerak yang terbentuk kemudian akan ikut menempel sehingga inti kerak itu menjadi lebih besar.

Pengaruh lain dari laju alir adalah pada 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 sekalipun ada pula kemungkinan lain yaitu bahwa peningkatan laju alir akan mengurangi waktu reaksi antara ion kalsium dengan ion sulfat.

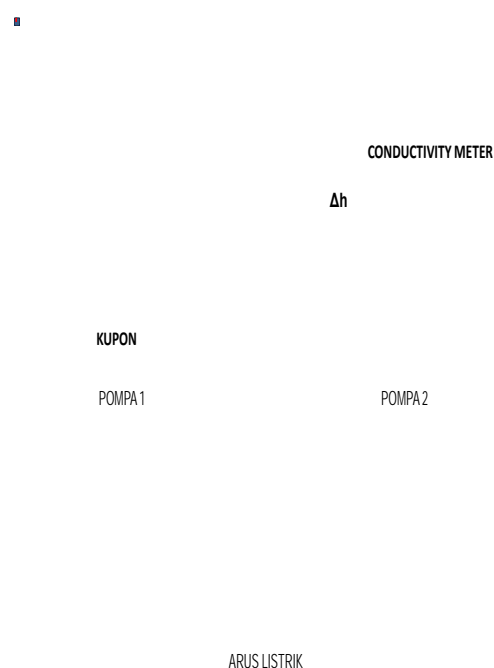
### III. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi : Kristal  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( *Calcium Chlorid Dehidrad* ) grade : analitik. Kristal  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ( *Natrium Sulfate* ) grade : analitik.  $\text{H}_2\text{O}$  ( *aquades* ) grade : analitik. Kristal  $\text{CuCl}_2$  ( *Cuprum Chlorid* ) grade : analitik.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : Pompa bahan kimia, untuk sirkulasi larutan. TDS & Conductivity monitor, untuk mengukur konduktivitas listrik. Timbangan analitik, untuk menimbang massa kerak. Sputter Coater, untuk pelapisan kristal dengan AuPd. SEM EDAX, untuk magnifikasi dan analisa mikro kristal gipsium. Kupon, sebagai tempat pertumbuhan kerak.

Variabel penelitian dalam hal ini adalah laju alir sebagai variabel bebas, temperatur, tegangan listrik dan konsentrasi larutan sebagai variabel kendali. Eksperimen yang dilakukan untuk mengkaji pembentukan kerak pada pipa beraliran laminer ini melalui tahap-tahap yang dijalankan sesuai dengan perencanaan sebelumnya yaitu sbb : Setelah melakukan pengkajian pada alat - alat yang ada dalam proses kristalisasi maka peneliti menetapkan sebuah disain perangkat untuk eksperimentasi pembentukan kerak gipsium. Disain alat yang dimaksudkan tersebut memiliki lima bejana penampung larutan yaitu bejana

I dan III untuk menampung larutan  $\text{CaCl}_2$ , bejana II dan IV menampung larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sedangkan bejana V digunakan untuk menampung limbah. Pompa 1 dipasang guna memompa larutan dari bejana I menuju bejana III, pompa 2 digunakan untuk memompa larutan dari bejana II menuju bejana IV. Permukaan larutan pada bejana III serta bejana IV dijaga agar keduanya mempunyai ketinggian yang sama yaitu dengan cara memasang saluran yang terbuka dari bejana III menuju bejana I dan dari bejana IV menuju bejana II. Pada skema terlihat notasi  $\Delta h$  (pada Gambar 3. 1), merupakan selisih ketinggian antara permukaan bejana III dan IV



Gambar : Alat Percobaan Kerak Gipsium

terhadap ketinggian saluran limbah.  $\Delta h$  bisa diatur dengan maksud untuk mendapatkan laju alir yang berbeda - beda sesuai dengan yang direncanakan yaitu sebesar 30 ml/menit; 40 ml/menit dan 50 ml/menit. Nilai  $\Delta h$  didapat melalui langkah trial and error. Larutan yang terdapat

pada bejana III dan IV secara bersamaan dialirkan menuju coupon dan seterusnya menuju penampungan limbah. Pada kupon  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  dari kedua larutan mengadakan reaksi dan mengendap pada dinding kupon sehingga terjadi kerak  $\text{CaSO}_4$ . Nilai konduktivitas yang berubah pada saluran limbah diukur dengan menggunakan *conductivitymeter* yaitu suatu instrumen yang digunakan untuk mengukur konduktivitas larutan. Pengukuran konduktivitas larutan dilakukan setiap dua menit sekali.

Reaksi pembentukan gipsum adalah :  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl}$ . Untuk membuat larutan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  yang pertama kali dilakukan adalah melakukan perhitungan dengan mengacu kepada konsentrasi kalsium yang direncana yaitu 3500 ppm dan volume larutan yang dikehendaki. Konsentrasi Ca sebesar 3500 ppm adalah setara dengan 3,5 gram/liter. Karena BA Ca = 40 sedangkan BM  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  adalah 147 maka bisa ditentukan berat  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  yaitu  $3,5/40 \times 147 = 12,8625$  gram/liter. Sedangkan perhitungan berat  $\text{SO}_4$  dihitung dengan mengacu pada konsentrasi  $\text{CaSO}_4$  dimana mempunyai BM 136 sedangkan  $\text{SO}_4$  mempunyai BM 96, maka berat  $\text{CaSO}_4$  menjadi  $3,5/40 \times 136 = 11,9$  gram/liter. Selanjutnya  $\text{SO}_4$  bisa didapatkan yaitu  $11,9/136 \times 96 = 8,4$

gram/liter. Seperti diketahui bahwa  $\text{SO}_4$  berada dalam senyawa  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dengan BM = 142. Maka kebutuhan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  per liter adalah  $8,4/96 \times 142 = 12,425$  gram/liter. Kebutuhan  $\text{CuCl}_2$  konsentrasi 5 ppm bisa dihitung sbb :  $0,005/63,55 \times 127,55 = 0,01$  gram/liter sedangkan untuk konsentrasi 10 ppm:  $0,01/63,55 \times 127,55 = 0,02$  gram/liter. Selanjutnya hasil perhitungan ditabulasikan sedemikian rupa sehingga mudah untuk dijadikan pedoman pada saat pembuatan larutan. Perhitungan

kebutuhan bahan dilakukan untuk jumlah per liter larutan sehingga harus dikalikan dengan jumlah larutan yang harus disiapkan sesuai disain laju alir

Pengambilan data dilakukan sebanyak sembilan kali yaitu terdiri dari tiga kali percobaan untuk pembentukan kerak tanpa aditif, tiga kali percobaan untuk pembentukan kerak dengan aditif  $\text{Cu}^{2+}$  5 ppm, tiga kali percobaan untuk pembentukan kerak dengan aditif  $\text{Cu}^{2+}$  10 ppm. Pertama kali larutan  $\text{CaCl}_2$  dimasukkan sejumlah lima liter dalam bejana I selanjutnya larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dimasukkan kedalam bejana II lima liter pula. Setelah itu pompa dihidupkan dan larutan naik mengisi sampai batas atas bejana III dan bejana IV dan segera kemudian pompa dimatikan. Beberapa saat kemudian pompa dihidupkan dan larutan mulai mengisi kupon dan dengan demikian percobaan telah dimulai. Pencatat waktu pada saat yang sama juga diaktifkan dimana setiap dua menit sekali perlu dilakukan pengukuran terhadap konduktivitas larutan. Untuk melakukan pengukuran konduktivitas larutan limbah larutan yang keluar dari kupon ditampung pada bejana kecil yang terbuat dari plastik dan segera mungkin elektroda *conductivitymeter* dimasukkan. *Conductivitymeter* akan mengukur nilai konduktivitas larutan sehingga pembacaan digitalnya mulai berjalan dari nol naik terus sehingga akhirnya berhenti. Angka yang terakhir inilah yang dicatat. Demikian ini dilakukan berulang ulang setiap dua menit sekali. Setelah waktu mencapai empat jam maka pompa dihentikan dan saluran menuju kupon dilepas. Satu jam kemudian kupon diambil dari rumah kupon dan dikeringkan dalam oven dengan suhu  $60^\circ\text{C}$  selama enam jam. Penimbangan massa kerak dilakukan pada waktu kerak masih menempel pada kupon. Selanjutnya selisih massa kupon dengan kerak dikurangi massa kupon tanpa kerak adalah massa kerak itu sendiri. Setelah percobaan dilakukan

sampai sembilan kali sesuai dengan rencana maka kerak siap diuji dengan perangkat SEM EDAX.

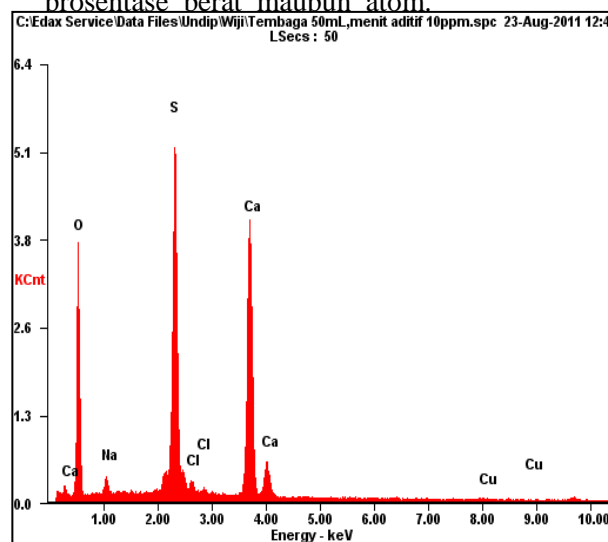
Pengujian *microanalyser* bisa dilakukan pada satu instrumen yaitu dengan menggunakan perangkat SEM-EDAX. Pengujian *microanalyser* dilakukan bertujuan untuk mengetahui komposisi kristal. Pengujian ini dilakukan pada Laboratorium Bersama yang dimiliki oleh FMIPA Universitas Negeri Malang

Pada pengujian ini yang dilakukan terdahulu adalah langkah persiapan yaitu pemberian nomor pada spesimen dan pelapisan spesimen dengan AuPd (*Aurum Paladium*). Pada proses ini spesimen diletakkan pada dudukan sesuai dengan nomor identifikasi dan selanjutnya dimasukkan kedalam mesin *Sputter Coater* tipe SC7620 merk Emitex.

Setelah spesimen dimasukkan kedalam tabung kaca pada *sputter coater* dilakukan penghisapan udara yang berada dalam ruang kaca sehingga udara didalam tabung habis dan dilanjutkan dengan pengisian gas argon ke dalam tabung kaca. Setelah itu barulah dilakukan coating AuPd terhadap spesimen di dalam tabung itu. Langkah berikutnya spesimen dimasukkan ke dalam SEM EDAX sesuai dengan nomor identifikasi. Pengambilan fokus, pengaturan resolusi dan ukuran pembesaran dikendalikan melalui *software* yang secara langsung terbaca pada monitor SEM EDAX.

Setelah mendapatkan magnifikasi SEM seperti yang diharapkan maka dilanjutkan untuk mengkaji struktur mikro dengan menggunakan alat *microanalyser* EDAX dimana perangkat keras dan *software* telah dipasang *integrated* dalam alat SEM sehingga tidak perlu melepas atau memindah spesimen. Dengan mengambil luasan

tertentu yang akan dilakukan analisa instrumen hanya memerlukan waktu selama 50 detik untuk mengetahui komposisi kristal baik dalam prosentase berat maupun atom.



Gambar : Grafik komposisi zat pembentuk kristal gipsum dengan laju alir 50 ml/menit aditif ion Cu 10 ppm

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Yang dimaksudkan analisa mikro disini adalah analisa yang dilakukan terhadap struktur pembentuk kristal meliputi nama zat pembentuk kristal, prosentase zat pembentuk menurut berat dan prosentase zat pembentuk menurut atomnya. Alat yang digunakan untuk melakukan analisa mikro yaitu SEM EDAX dengan merek dagang FEI type inspect S50 dibuat di Amerika dengan didukung *software* bernama *Microanalyser*.

Untuk melakukan analisa mikro yang pertamakali dilakukan adalah menetapkan luas permukaan. Selanjutnya seluruh volume kristal yang berada di bawah permukaan dianalisa. Dalam percobaan ini telah ditetapkan tiga spesimen kristal gipsum yang akan

dianalisa yaitu kristal hasil percobaan dengan laju alir 30 dan 50 ml/menit tanpa aditif dan kristal hasil percobaan dengan laju alir 50 ml/menit dengan aditif 10 ppm. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bersama FMIPA Universitas Negeri Malang. Salah satu hasil dari analisa mikro yang dilakukan dicantumkan sebagai contoh kajian sedang dua yang lain dicantumkan dalam lampiran. Gambar kristal gipsum yang telah di krop (Gambar 4.14) adalah luasan dimana kristal akan dianalisa struktur mikro. Selanjutnya hasil analisa berupa grafik zat pembentuk dengan proporsi yang berbeda pada setiap elemen seperti dicantumkan dalam gambar.

Tabel : Hasil analisa mikro dalam prosentase berat dan atom

<i>Element</i>	<i>Wt %</i>	<i>At%</i>
<i>O K</i>	50,91	69,73
<i>Na K</i>	01,64	01,56
<i>S K</i>	20,37	13,92
<i>Cl K</i>	01,06	00,65
<i>Ca K</i>	25,54	13,96
<i>Cu K</i>	00,49	00,17

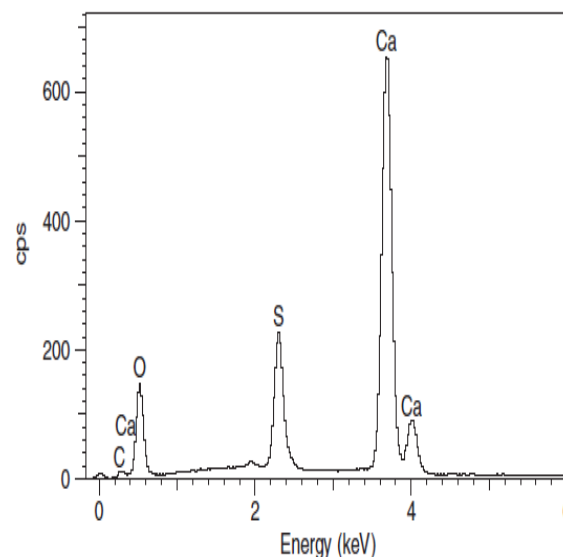
Hasil analisa mikro meliputi elemen atau zat pembentuk kristal pada lapisan (K, L, M). Proporsi zat pembentuk dinyatakan dalam prosentase berat dan prosentase atom. Prosentase di atas bila dibandingkan dengan hitungan secara teoritis ternyata mempunyai perbedaan walaupun kecil nilainya.

Menurut perhitungan teoritis dalam kandungan  $\text{CaSO}_4$  seharusnya kadar Ca adalah  $40/136 \times 100\% = 29 \text{ wt\%}$  sedangkan hasil analisa mikro Ca =  $25,54 \text{ wt\%}$  sehingga mempunyai selisih

sebesar 3,6 wt%. Untuk kadar sulfur (S) seharusnya  $32/136 \times 100\% = 23 \text{ wt\%}$  sedangkan hasil analisa mikro 20,37 wt% sehingga mempunyai selisih 2,63 wt%. Untuk kadar Oksigen seharusnya  $64/136 \times 100\% = 47 \text{ wt\%}$  sedangkan hasil analisa mikro menunjukkan 50,91 wt% sehingga mempunyai selisih sebesar 3,91 wt%.

Perbedaan hasil analisa mikro ini diakibatkan oleh beberapa sebab yaitu : Adanya penambahan zat aditif  $\text{CuCl}_2$  kedalam larutan sehingga proporsi  $\text{CaSO}_4$  mengalami perubahan. Adanya kandungan natrium dan klorid di dalam kristal sehingga berpengaruh terhadap komposisi kristal.

Untuk mengecek kebenaran hasil analisa mikro peneliti membandingkan dengan grafik hasil analisa XRD dari kristal  $\text{CaSO}_4$  yang telah diteliti oleh Helalizadeh dkk (2005). Hasil analisa XRD yang dimaksudkan ditunjukkan di bawah ini.



Gambar : Grafik hasil analisa mikro kristal gipsum (Helalizadeh dkk, 2005)

Grafik hasil analisa mikro yang didapatkan peneliti bila dibandingkan dengan hasil analisa mikro dari Helalizadeh ternyata didapatkan kesamaan yang bisa digunakan untuk melakukan justifikasi bahwa kristal yang dihasilkan oleh peneliti benar-benar kristal gipsum.

Zat utama pembentuk kristal untuk kedua analisa sama yaitu Ca ; S dan O Keberadaan zat-zat lain pada kedua grafik yaitu Cu, Cl, Na dan C hanyalah dalam prosentase kecil sehingga tidak menyebabkan perbedaan secara prinsip.

Energi zat pembentuk sama zaitu untuk peak Ca pada 3,65 keV, S p 2,15 keV dan O pada 0,25 keV.

## V. KESIMPULAN

Penambahan aditif  $\text{Cu}^{2+}$  sebesar 10 ppm pada laju alir 50 ml/menit mampu menurunkan laju pertumbuhan kerak rata-rata menjadi  $2.179 \times 10^{-6}$  gram/menit dari sebelumnya  $5.624 \times 10^{-6}$  gram/menit. Penurunan laju pertumbuhan kerak yang terjadi adalah sebesar 61% maka bisa disimpulkan bahwa aditif  $\text{Cu}^{2+}$  mempunyai pengaruh yang sangat baik untuk menghambat pertumbuhan kerak gipsum.

Kristal yang dihasilkan melalui percobaan ini bila mengacu pada kajian sistem kristal adalah benar - benar kristal gipsum, yaitu mempunyai bentuk needle (jarum) memanjang dengan pola kristal orthorhombic dimana menjadi ciri khas dari kristal gipsum.

Dari kajian analisa mikro yang dilakukan ditemukan perbedaan proporsi zat pembentuk  $\text{CaSO}_4$ . Kadar Ca mempunyai selisih 3,6 wt%, kadar Smempunyai selisih 2,63 wt% dan kadar oksigen mempunyai selisih 3,91wt%.

Perbedaan ini disebabkan oleh karena penambahan aditif  $\text{CuCl}_2$  dan adanya kandungan Na dan Cl.

## DAFTAR PUSTAKA.

Ang.Haming, Muryanto.Stefanus, Hoang.Tung, 2006, *Gypsum scale Formation Control In Pipe Flow System : A Systemic Study On The Effect Of Process Parameters And Additives*, Curtin University Of Technology, Perth, Australia.

Al-Barrak.K, Rowell. D.L, *The Solubility Of Gypsum In Calcareous Soil*, Science Direct,136(2006) pp : 830-837.

Ashby. Michael F, 2009, *Material And The Environment. Eco Informed Materia l Choice*, Elseiver, USA.

Azimi.G, Papangelakis. V.G, *The Solubility Of Gypsum And Anhydrite In Simulated Laterite Acid Leach Solutions Up To 250°C*, Hydrometallurgy, doi :10.1016/j.hydromet.

2009.12.009.

Azimi.,Papangelakis.V.G, *Thermodynamics Modeling And Experimental Measurement OfCalcium Sulfate In Complex Aqueous* , Fluid Fase Equilibria, Elseiver,8288(2009)

Beck.Ralf, Hakkinen.Antti, Sorensen. Didrik Malthe, Petter Andreassen.Jens, *The Effect Of Crystalization Conditions, Cristal Morphology And Size On Pressure Filtration Of LGlutamic Acid And An Aromatic Amine*, Elseiver, Separation And

- Publication Technology, 66(2009)pp:549-558.
- Cakal.G.O, Eroglu.I, Ozkar.S, *Gypsum Crystal Size Distribution In Four Continuous Flow Stirred Slurry Boric Acid Reactors In Series Compared With The Batch*, Journal Of Crystal Growth, 290(2006) pp : 197-202.
- Callister.William D. Jr, 2001, *Material Science And Engineering. An Introduction, 7<sup>th</sup> Edition*, John Wiley & Sons Inc, USA
- Callister.William D.Jr,(2001), *Fundamental Of Material Science And Engineering, 5<sup>th</sup> Edition*,John Wiley & Sons Inc, USA.
- Chong. T.H, Sheikholeslami.R, *Thermodynamics And Kinetics For Mixed Calcium Carbonate And Calcium Sulfate Precipitation*, Chemical Engineering Science,56(2001)pp: 5391-5400.
- Dutrizac.J.E, Kuiper. A, *The Solubility Of Calcium Sulfate In Simulated Copper Sulfate ElectroRefining Solutions*, Hydrometallurgy, 92(2008) pp: 54-68.
- Eufrard.M, Membrey.F, Filiatre.C, Pignolet.C, Foissy.A, *Kinetic Study Of Electrocrystalization On Calcium Carbonate On Metallic Substrates*, Journal Of Crystal Growth, 291 ( 2006) pp :428-435.
- Fan.Chungfang, Teng. H.Henry, *Surface Behavior Of Gypsum During Dissolution*, Chemical Geology, 245 (2007) pp:242-253.
- Farrah.Helen E, Lawrance.Geoffrey A, Wanless.Erica J, *Solubility Of Calcium Sulfate Salts In Acidic Manganese Sulfate Solution From 30°C to 105°C*, Hydrometallurgy, 86 (2007) pp :13-21.
- Hawthorn.D, *Heat Transfer : Solving Scaling Problem At The Design Stage* , Chemical Engineering Research And Design, 87 (2009) pp: 193-199.
- Hernandez.A, La Rocca. A, Power.H, Graupner.U, Ziegenbalg.G, *Modelling The Effect Of Precipitation Inhibitor On Crystalization Process From Well Mixed Over Saturated Solutions In Gypsum Based On Langmuir – Volmer Flux Correction*, Journal Of Crystal Growth, 295(2006) pp : 217-230.
- Hoang. Tung A, *Effect Temperature On Scaling Of Calcium Sulfate In Pipe*, Powder Technology 179 (2007) pp: 31-37.
- Isopescu.Raluca, *The Effect Of Organic Additive On Induction Time And Characteristic Of Precipitated Calcium Carbonate*, Chemical Engineering And Research Design, ( 2009).
- Jamaialahmadi. M, Steinhagen. H. Muller, *Heat Exchanger Fouling And Cleaning In The Dehydrate Process For The Production Of The Phosphoric Acid*, Chemical Engineering Research And Design, 85 (2007), pp : 245-255.
- Jones. Franca, *The Interaction Of EDTA With Barium Sulfate*, Journal Of Colloid And

Interface Science, 316(2007) pp:  
553-561.

Jun. Liu Wen, *The Influence Of  
Metal Ion On The Scaling In  
The Mineral Water Test*, Ionics,  
14 ( 2009) pp : 449-454.

Jun. Liu Wen, *Anti Scaling Properties  
Of Zinc Ion And Copper Ion  
In The Recycling Water*, Ionics,  
15 (2009) pp: 337-343.

Keon.Mc.B.J, Morrison. J.F, *Asymtotic  
Scaling in Turbelent Pipe Flow*,  
Phil. Trans. R. Soc. A,365 (2007)  
pp: 771 - 787.

Mwaba.Misheck G,Gu.Junjie, Golriz.  
Mohammad R,*Effect Of  
Magnetic Field OnCalcium  
Sulfate Crystal Morphology*,  
Journal Of Crystal Growth,  
303(2007) pp : 381-386.

Prisciandaro.MarinaOlivieri.Emilia,  
Lancia.  
Amedeo,Musmarra,*Gypsum  
Precipitation From Aqueous  
Solution InThe PresenceOf  
NitrilotrimethylnephosphonicAci  
d*, Ind. Eng.Chem.Res  
45(2006)pp: 2070-20876.

Sayan. Pervis, Titis Sargut.Sibel,  
Avci.Burcu, *Effect Of Trace  
Metals On Reactive  
Crystalization Gypsum*, Cryst.  
Res. Technol. 42(2007) pp: 961-  
970.

Quddus.Abdul, Luai M.Al-Hadrami,  
*Hydrodinamically deposited  
CaCO<sub>3</sub> and CaSO<sub>4</sub> scales*,  
ScienceDirect, Desalination 246 (  
2009 ) pp : 526 – 533.