

**PENGARUH SIRKULASI, SUHU DAN MEDAN MAGNET
TERHADAP KONDUKTIVITAS LARUTAN Na_2CO_3 DAN
PRESIPITASI CaCO_3**

SKRIPSI

oleh

BUDI SETIAWAN

04 02 06 012 Y



**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GANJIL 2007/2008**

**PENGARUH SIRKULASI, SUHU DAN MEDAN
MAGNET TERHADAP KONDUKTIVITAS LARUTAN
Na₂CO₃ DAN PRESIPITASI CaCO₃**

SKRIPSI

oleh

BUDI SETIAWAN

04 02 06 012 Y



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GANJIL 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

PENGARUH SIRKULASI, SUHU DAN MEDAN MAGNET TERHADAP KONDUKTIVITAS LARUTAN Na_2CO_3 DAN PRESIPITASI CaCO_3

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 7 Januari 2008

Budi Setiawan

NPM 04 02 06 012 Y

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

PENGARUH SIRKULASI, SUHU DAN MEDAN MAGNET TERHADAP KONDUKTIVITAS LARUTAN Na_2CO_3 DAN PRESIPITASI CaCO_3

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi tanggal 4 Januari 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 7 Januari 2008

Dosen Pembimbing

Ir. Nelson Saksono, MT

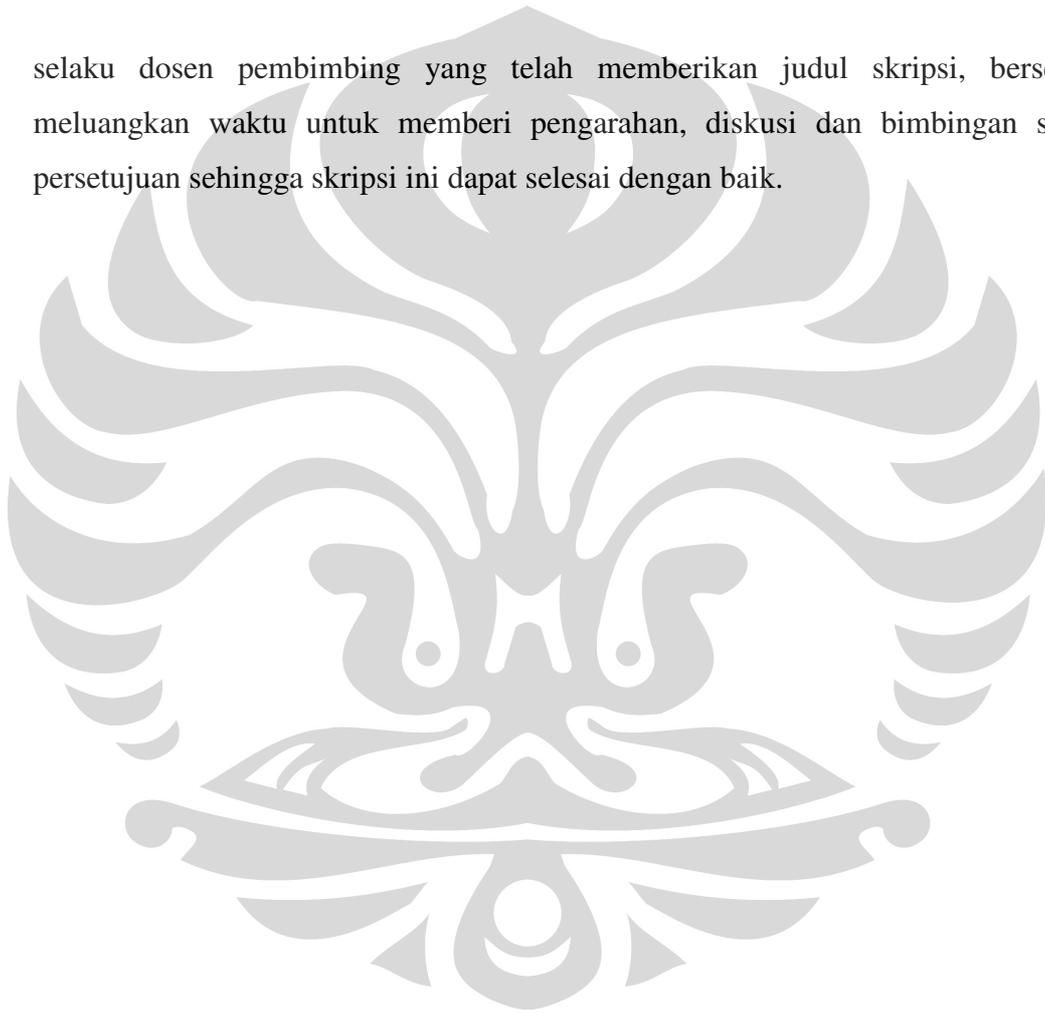
NIP. 132 092 428

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Ir. Nelson Saksono, MT

selaku dosen pembimbing yang telah memberikan judul skripsi, bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



Budi Setiawan
NPM 04 02 06 012 Y
Departemen Teknik Kimia

Dosen Pembimbing
Ir. Nelson Saksono, MT
NIP. 132 092 428

**PENGARUH SIRKULASI, SUHU DAN MEDAN MAGNET TERHADAP
KONDUKTIVITAS LARUTAN Na_2CO_3 DAN PRESIPITASI CaCO_3**

ABSTRAK

Berdasarkan hasil penelitian selama ini, diketahui telah terjadi penurunan laju pembentukan partikel CaCO_3 dari ion-ion dalam sampel di dalam air sadah termagnetisasi. Terdapat hipotesis yang menyatakan bahwa telah terjadi penguatan hidrat ion akibat adanya medan magnet. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk membuktikan bahwa telah terjadi penguatan hidrat ion akibat proses magnetisasi adalah metode pengukuran konduktivitas.

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengamati pengaruh variabel proses laju alir sirkulasi, suhu dan magnetisasi terhadap konduktivitas pada model larutan Na_2CO_3 serta pengaruhnya terhadap presipitasi CaCO_3 . Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan sistem sirkulasi fluida dinamis. Beberapa variasi kondisi operasi seperti waktu sirkulasi, laju alir sirkulasi, suhu, konsentrasi larutan, volume larutan dan medan magnet dilakukan untuk lebih memperjelas pengaruhnya terhadap konduktivitas larutan Na_2CO_3 . Namun, data konduktivitas tidak dapat langsung digunakan dalam analisa, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut, yaitu presipitasi CaCO_3 dengan metode titrasi kompleksometri EDTA untuk lebih memperkuat analisa mengenai pengaruh dari sirkulasi, suhu serta medan magnet terhadap konduktivitas larutan Na_2CO_3 dan presipitasi partikel CaCO_3 .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan suhu dapat meningkatkan konduktivitas larutan Na_2CO_3 , dan persentase kenaikannya berbanding terbalik dengan konsentrasi larutannya. Sirkulasi menyebabkan penurunan konduktivitas larutan Na_2CO_3 . Sirkulasi yang semakin lama dan semakin besar laju alirnya juga menyebabkan penurunan konduktivitas larutan Na_2CO_3 . Kenaikan suhu, sirkulasi dan medan magnet juga mempercepat nukleasi dan meningkatkan presipitasi CaCO_3 . Hal ini disebabkan adanya perubahan pada sifat hidrat ion dan *cluster* air bulknya.

Kata Kunci: hidrat ion, konduktivitas, larutan Na_2CO_3 , suhu, sirkulasi, medan magnet, presipitasi, *cluster* air bulk

Budi Setiawan NPM 04 02 06 012 Y Department of Chemical Engineering	Counsellor Ir. Nelson Saksono, MT NIP. 132 092 428
---	--

EFFECT OF CIRCULATION, TEMPERATURE, AND MAGNETIC FIELD TOWARD THE CONDUCTIVITY OF Na₂CO₃ SOLUTION AND CaCO₃ PRECIPITATION

ABSTRACT

Experiments reported so far said that there have been a decreased on CaCO₃ particles formation rate from ions in magnetized hardwater sample. A hypothesis said that there have been a strengthening of ionic hydration due to magnetic field. A method that can be used to prove that hypothesis is conductivity measurements method.

The purpose of this experiment is to investigate the effect of circulation flow rate, temperature and magnetization variables toward Na₂CO₃ solution's conductivity, and the effect on CaCO₃ precipitation. Experimental method used in this experiment is dynamic fluid circulation. Some variations on process' conditions such as circulation time, circulation flow rate, temperature, concentration and volume of the solution, and magnetic field conducted to have a better understanding about those effect on Na₂CO₃ solution's conductivity. Yet, conductivity data can't be used directly on the analysis. So, a further test is needed, which is CaCO₃ precipitation by EDTA complex titration, to support the analysis about the effect of circulation, temperature, and magnetic field toward Na₂CO₃ solution's conductivity, and CaCO₃ precipitation.

Results of this experiment show that elevated temperature increased Na₂CO₃ solution's conductivity, and the percentage inversely proportional to the concentration of the solution. Circulation decreased Na₂CO₃ solution's conductivity. A longer duration and larger flow rate of circulation also decreased Na₂CO₃ solution's conductivity. Elevated temperatures, circulation and magnetic field increased nucleation rate and CaCO₃ precipitation. This effects due to changes occurred on ionic hydration and bulk water cluster's properties.

Keywords: ionic hydration, conductivity, Na₂CO₃ solution, temperature, circulation, magnetic field, precipitation, bulk water cluster

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	2
1.4 BATASAN MASALAH	2
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 KONDUKTIVITAS	4
2.1.1 Pengaruh Suhu dan Konsentrasi	6
2.2 HASIL PENELITIAN MENGENAI ION DAN CLUSTER AIR	8
2.3 MEKANISME PEMBENTUKAN PARTIKEL CaCO_3 TANPA MEDAN MAGNET	15
2.3.1 Reaksi Keseimbangan Na_2CO_3 di Dalam Air dan Pembentukan Partikel CaCO_3	15
2.3.2 Pengaruh Hidrodinamika Fluida Terhadap Proses Pembentukan CaCO_3	16
2.4 PEMBENTUKAN PARTIKEL CaCO_3 DENGAN PENGARUH MEDAN MAGNET	17
2.4.1 Mekanisme Ion	17
2.4.2 Efek Gaya Lorentz	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN 21
3.2	PREPARASI ALAT DAN BAHAN 22
3.3	PERALATAN MAGNETISASI SISTEM SIRKULASI 23
3.4	PROSEDUR PENELITIAN 23
3.4.1	Preparasi Sampel Larutan Natrium Karbonat 24
3.4.2	Preparasi Larutan Kalsium Klorida (CaCl_2) 0,01 M 24
3.4.3	Preparasi Larutan EDTA 0,01 M 24
3.4.4	Preparasi Larutan Standar CaCO_3 0,01 M 25
3.4.5	Preparasi Larutan Buffer pH 10 25
3.4.6	Preparasi Larutan HCl 0,1 M 25
3.4.7	Prosedur Penentuan Konstanta Sel Konduktometer 25
3.4.8	Pengukuran Konduktivitas 26
3.4.9	Prosedur Pencucian Alat Magnetisasi Sistem Sirkulasi 27
3.4.10	Prosedur Pengujian Konduktivitas Untuk Uji Presipitasi CaCO_3 27
3.4.11	Prosedur Pengujian Presipitasi CaCO_3 Dengan Metode Titrasi Kompleksometri EDTA 28
3.4.12	Prosedur Pengujian Presipitasi CaCO_3 Dengan Pemanasan Suhu 50°C 28
3.4.13	Prosedur Pengujian Konduktivitas 29
3.5	PROSEDUR ANALISIS 30
3.5.1	Standarisasi Larutan EDTA 30
3.5.2	Analisis Sampel Larutan 30
3.6	PENGOLAHAN DATA 31
3.6.1	Standarisasi EDTA 0,01 M 31
3.6.2	Perhitungan Konsentrasi CaCO_3 Yang Terbentuk Dalam ppm 31
BAB IV PEMBAHASAN	32
4.1	KONDUKTIVITAS Na_2CO_3 & PENGUJIAN PRESIPITASI CaCO_3 32
4.1.1	Sirkulasi Non-Magnetisasi 32
4.1.2	Sirkulasi Dengan Variasi Magnet dan Volume Sampel Larutan 36
4.1.3	Variasi Suhu 39

4.2	KONDUKTIVITAS	42
4.2.1	Variasi Suhu	42
4.2.2	Variasi Waktu Sirkulasi	45
4.2.3	Variasi Laju Alir	47
BAB V KESIMPULAN		52
DAFTAR ACUAN		53
LAMPIRAN		55



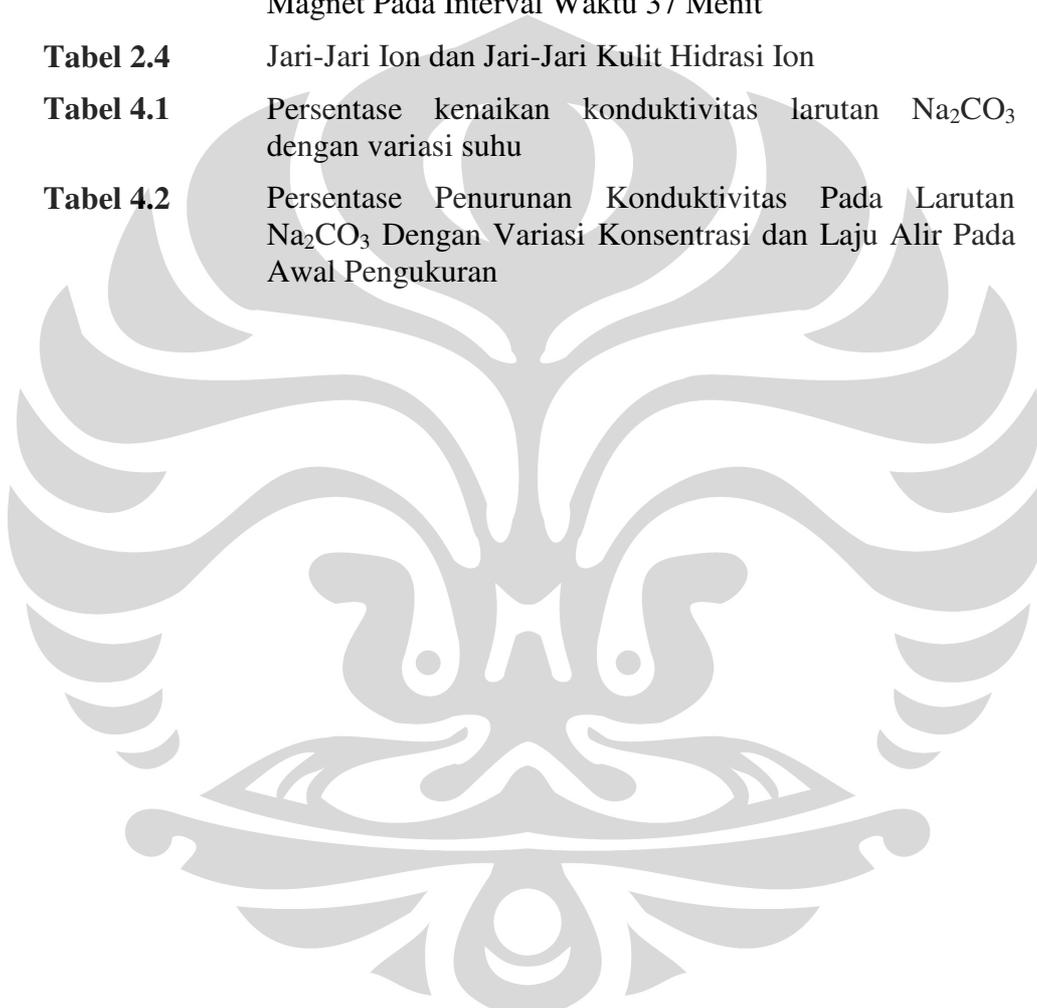
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pergerakan ion-ion di dalam larutan elektrolit yang diberikan plat elektroda dan tegangan listrik	5
Gambar 2.2	Konduktivitas pada larutan elektrolit kuat dan lemah	6
Gambar 2.3	Pengaruh konsentrasi elektrolit terhadap konduktivitas Na_2SeO_3 (1) dan K_2TeO_3 (3) pada 25°C , dan pengaruh suhu terhadap konduktivitas Na_2SeO_3 (2) dan K_2TeO_3 (4) pada konsentrasi $0,0800 \text{ g-eq.l}^{-1}$	7
Gambar 2.4	Pengaruh suhu dan konsentrasi terhadap konduktivitas Na_2SeO_3 (1) dan K_2TeO_3 (2)	8
Gambar 2.5	Pengaruh suhu terhadap $\delta(^{17}\text{OH}_2)$	9
Gambar 2.6	Pengaruh (1) HCl , (2) NaOH , (3) MgCl_2 dan (4) CaCl_2 terhadap ukuran rata-rata <i>cluster</i> air ($\delta(^{17}\text{OH}_2)$).	9
Gambar 2.7	Pengaruh (1) NaCl , (2) KCl , (3) Na_2CO_3 , (4) NaHCO_3 , (5) Na_2SO_4 dan (6) MgSO_4 terhadap $\delta(^{17}\text{OH}_2)$	10
Gambar 2.8	Pengaruh (1) AlCl_3 dan (2) FeCl_3 terhadap $\delta(^{17}\text{OH}_2)$	10
Gambar 2.9	Perubahan jumlah total air yang menguap dari larutan elektrolit 0,1 M, (A) tanpa magnet; (B) dengan perlakuan magnet	12
Gambar 2.10	Selisih konduktivitas larutan elektrolit setelah perlakuan dengan medan magnet dan tanpa medan magnet	13
Gambar 2.11	Orientasi molekul air terhadap ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} pada air sadah	16
Gambar 2.12	Skema hidrat ion dengan medan elektrostatis tinggi (kiri) dan rendah (kanan)	17
Gambar 2.13	Absorbansi campuran larutan Na_2CO_3 dan CaCl_2 dengan sistem fluida dinamis	18
Gambar 2.14	Rasio presipitasi total CaCO_3 pada berbagai laju alir dan pH awal larutan untuk waktu presipitasi 90 menit dan konsentrasi ion Ca^{2+} mula-mula 200 ppm	19
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	21
Gambar 3.2	Skema Peralatan Sistem Sirkulasi Non-Magnet (A) dan Magnet (B)	23
Gambar 3.3	Peralatan Sistem Sirkulasi	23
Gambar 3.4	Konduktometer	27

Gambar 4.1	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M setelah sirkulasi non-magnetisasi.	33
Gambar 4.2	Persentase presipitasi total CaCO_3 setelah sirkulasi non-magnetisasi dengan waktu presipitasi hingga 120 menit.	35
Gambar 4.3	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M setelah sirkulasi dengan volume sampel larutan 120 ml.	36
Gambar 4.4	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M setelah sirkulasi dengan volume sampel larutan 40 ml.	37
Gambar 4.5	Persentase presipitasi total CaCO_3 setelah sirkulasi dengan volume sampel 120 ml dan waktu presipitasi hingga 120 menit.	38
Gambar 4.6	Persentase presipitasi total CaCO_3 setelah sirkulasi dengan volume sampel 120 ml dan 40 ml, menggunakan medan magnet, dengan waktu presipitasi hingga 120 menit.	38
Gambar 4.7	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M dengan variasi suhu.	40
Gambar 4.8	Persentase presipitasi total CaCO_3 dengan variasi suhu presipitasi 27°C dan 50°C .	41
Gambar 4.9	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,001 M dengan variasi suhu.	43
Gambar 4.10	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M dengan variasi suhu.	43
Gambar 4.11	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,1 M dengan variasi suhu.	44
Gambar 4.12	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,001 M dengan variasi waktu sirkulasi.	46
Gambar 4.13	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M dengan variasi waktu sirkulasi.	47
Gambar 4.14	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,001 M dengan variasi laju alir sirkulasi.	48
Gambar 4.15	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M dengan variasi laju alir sirkulasi.	49
Gambar 4.16	Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,1 M dengan variasi laju alir sirkulasi.	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ukuran Jari-Jari Ion	11
Tabel 2.2	Sifat <i>Water-structure-ordering</i> atau <i>-disordering</i> Ion	11
Tabel 2.3	Jumlah Penguapan Air Dari Larutan Elektrolit Dengan Konsentrasi 0,1 M Dengan Perlakuan Magnet dan Non-Magnet Pada Interval Waktu 37 Menit	12
Tabel 2.4	Jari-Jari Ion dan Jari-Jari Kulit Hidrasi Ion	14
Tabel 4.1	Persentase kenaikan konduktivitas larutan Na_2CO_3 dengan variasi suhu	44
Tabel 4.2	Persentase Penurunan Konduktivitas Pada Larutan Na_2CO_3 Dengan Variasi Konsentrasi dan Laju Alir Pada Awal Pengukuran	51



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Data Konduktivitas	56
LAMPIRAN B	Data Konduktivitas Untuk Uji Presipitasi	59
LAMPIRAN C	Data Hasil Titrasi	62
LAMPIRAN D	Contoh Perhitungan Presipitasi CaCO_3	65



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Seperti kita ketahui, penelitian mengenai pengaruh magnetisasi terhadap kesadahan air telah banyak dilakukan oleh ilmuwan di seluruh dunia. Berbagai teori mengenai pengaruh magnetisasi terhadap kesadahan air telah diutarakan dan dibuktikan melalui eksperimen-eksperimen yang berkesinambungan. Sebagian besar penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh medan magnet terhadap presipitasi partikel di dalam air sadah. Berdasarkan hasil penelitian Higashitani, diketahui bahwa terjadi penurunan laju pembentukan partikel CaCO_3 dari ion-ion dalam sampel di dalam air sadah termagnetisasi [1]. Dalam hipotesisnya, Higashitani menyatakan bahwa telah terjadi penguatan hidrat ion akibat adanya medan magnet [2].

Medan magnet mempengaruhi struktur lapisan pada permukaan partikel, terutama pada molekul air dan hidrat ionnya. Magnetisasi akan membuat ikatan antara ion-ion terlarut dengan molekul air semakin kuat. Terbentuknya *hydration shell* di sekitar ion tersebut akan membuat ion-ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} sulit bertumbukan dan dapat menekan pembentukan CaCO_3 , sehingga semakin sedikit kerak yang terbentuk. Namun, pernyataan ini masih sebatas hipotesis. Untuk itu, pembuktian bahwa telah terjadi penguatan ion hidrat akibat proses magnetisasi perlu dibuktikan secara ilmiah melalui suatu eksperimen.

Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk membuktikan bahwa telah terjadi penguatan hidrat ion akibat proses magnetisasi adalah metode pengukuran konduktivitas. Chibowski menemukan bahwa medan magnet menyebabkan perubahan terhadap konduktivitas larutan elektrolit [3]. Efek ini bergantung kepada sifat ion-ion yang ada di dalam larutan dan proporsional dengan ketebalan kulit hidrat (*hydration shell*) di sekeliling ion. Dikatakan bahwa perlakuan medan magnet menyebabkan perubahan pada struktur air hidrat di sekitar ion.

Penelitian yang dilakukan kali ini mengacu kepada hasil penelitian-penelitian yang telah disebutkan di atas. Pada penelitian ini, konduktivitas larutan Na₂CO₃ diukur sebelum dan setelah proses sirkulasi baik dengan perlakuan magnet maupun tanpa perlakuan magnet. Sedangkan untuk perlakuan suhu dilakukan dengan sistem statis atau tanpa sirkulasi. Penelitian ini memang menitikberatkan pada perubahan konduktivitas larutan Na₂CO₃ dengan berbagai perlakuan dan variasi. Namun, data konduktivitas tidak dapat langsung digunakan dalam analisa, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut, yaitu presipitasi CaCO₃ dengan metode titrasi kompleksometri EDTA untuk lebih memperkuat analisa mengenai pengaruh dari sirkulasi, suhu serta medan magnet terhadap konduktivitas larutan Na₂CO₃ dan presipitasi partikel CaCO₃.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana cara membuktikan bahwa sirkulasi, suhu dan medan magnet dapat mempengaruhi konduktivitas pada model larutan Na₂CO₃ dan juga terhadap presipitasi CaCO₃.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah:

Mengamati pengaruh variabel proses laju alir sirkulasi, suhu dan magnetisasi terhadap konduktivitas pada model larutan Na₂CO₃ serta pengaruhnya terhadap presipitasi CaCO₃.

1.4 BATASAN MASALAH

- a. Model larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan Na₂CO₃ dan CaCl₂.
- b. Magnet permanen yang digunakan adalah magnet batang permanen dengan berbasis Nd-Fe-B, kuat medan 5200 Gauss dan konfigurasi magnet inversi.
- c. Variabel yang divariasikan adalah waktu sirkulasi, laju alir sirkulasi, suhu dan konsentrasi larutan.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri atas beberapa bab yang memuat sub-bab untuk memudahkan pemahaman bagi yang membaca.

BAB I: PENDAHULUAN

Bab pertama menjelaskan secara singkat latar belakang penulis melakukan penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dari penelitian yang dilakukan, dan sistematika penulisan.

BAB II: LANDASAN TEORI

Bab kedua menguraikan teori-teori mendasar serta literatur yang menunjang penelitian ini, seperti konduktivitas, hasil penelitian mengenai ion dan *cluster* air, mekanisme pembentukan partikel CaCO_3 tanpa medan magnet, pengaruh hidrodinamika fluida terhadap proses pembentukan CaCO_3 , pembentukan partikel CaCO_3 dengan pengaruh medan magnet, mekanisme ion dan efek gaya lorentz pada proses presipitasi CaCO_3 .

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ketiga ini berisi metode-metode penelitian yang dilakukan, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, serta metode analisa yang akan dipergunakan dalam pengolahan data.

BAB IV: PEMBAHASAN

Bab keempat ini berisi pembahasan dari pengujian pengaruh sirkulasi, suhu dan magnetisasi terhadap konduktivitas pada model larutan Na_2CO_3 serta terhadap presipitasi CaCO_3 .

BAB V: KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR ACUAN

BAB II

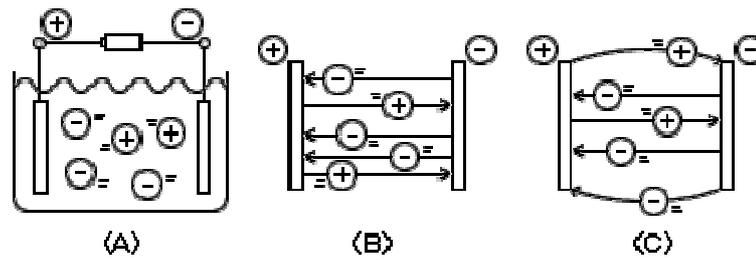
LANDASAN TEORI

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mempelajari pengaruh medan magnet baik dengan sistem statis maupun dinamis terhadap sifat fisika dan kimia dari air dan larutan. Salah satu sifat fisika yang diamati disini adalah konduktivitas larutan. Penelitian yang dilakukan kali ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sirkulasi, suhu serta medan magnet terhadap konduktivitas larutan Na_2CO_3 dan presipitasi partikel CaCO_3 pada air sadah. Partikel CaCO_3 digunakan dalam penelitian ini karena partikel ini merupakan pembentuk kerak yang paling banyak terdapat di dalam air sadah pada kondisi sebenarnya di alam. Walaupun begitu, data konduktivitas tidak dapat langsung digunakan dalam analisa, sehingga diperlukan pengujian tambahan, yaitu uji presipitasi dengan metode titrasi kompleksometri EDTA untuk mengetahui pengaruh yang sebenarnya dari sirkulasi, suhu serta medan magnet terhadap konduktivitas larutan Na_2CO_3 dan presipitasi partikel CaCO_3 .

2.1 KONDUKTIVITAS

Konduktivitas adalah kemampuan suatu bahan dalam mengalirkan arus listrik. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik disebut konduktor elektrolitik. Dalam pengaruh medan listrik, aliran arus yang melalui konduktor elektrolitik disebabkan karena pergerakan ion-ion positif dan negatif.

Sebuah larutan elektrolit mengandung ion-ion positif yang bermuatan listrik positif, dan ion-ion negatif yang bermuatan listrik negatif. Pada Gambar 2.1 (A) di bawah ini, diletakkan sepasang plat logam pada sisi yang berlawanan di dalam larutan elektrolit, dan dihubungkan dengan baterai. Dengan susunan seperti itu, ion-ion positif bergerak ke arah plat yang terhubung dengan terminal negatif pada baterai, dan ion-ion negatif bergerak ke arah plat yang terhubung dengan terminal positif pada baterai, sehingga arus listrik mengalir melalui larutan.



Gambar 2.1 Pergerakan ion-ion di dalam larutan elektrolit yang diberikan plat elektroda dan tegangan listrik [4]

Saat diberikan tegangan (voltase), ion-ion bergerak lurus ke arah plat logam yang berlawanan muatan, seperti digambarkan pada Gambar 2.1 (B). Pada kondisi seperti ini, persamaan berikut berlaku:

$$\text{konduktivitas } (k) = \frac{1}{\text{resistansi } (R)} \times \frac{\text{panjang } (L)}{\text{luas } (S)} \quad (2.1)$$

Selama plat logam berada pada posisi yang sama, maka nilai L/S tidak akan berubah. Karena konduktivitas berbanding terbalik dengan resistansi, maka konduktivitas dapat diketahui jika resistansi terukur. Berdasarkan hukum Ohm, maka persamaan konduktivitas menjadi:

$$\text{konduktivitas } (k) = \frac{\text{Arus Listrik } (I)}{\text{Voltase } (E)} \times \frac{\text{panjang } (L)}{\text{luas } (S)} \quad (2.2)$$

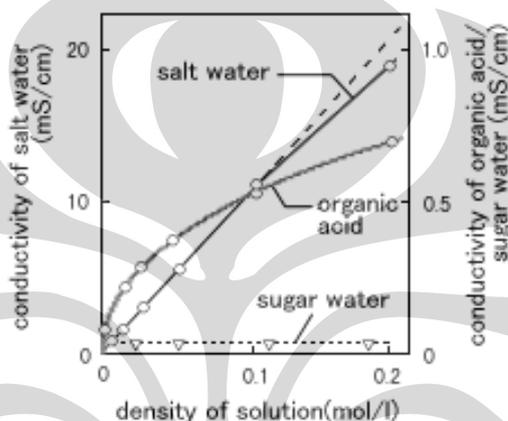
Voltase (E) baterai konstan, konduktivitas (k) dan arus listrik (I) sebanding, sehingga konduktivitas dapat diukur jika arus listriknya diketahui. Dari persamaan di atas juga dapat dilihat bahwa konduktivitas merupakan indeks dari mudahnya arus listrik mengalir. Satuan yang umum digunakan untuk mendefinisikan konduktivitas adalah: 1 siemen (s)/cm = 1000 mS/cm = 1.000.000 μ S/cm.

Jika pada Gambar 2.1 (B) dikatakan bahwa ion-ion bergerak dalam garis lurus, sebenarnya tidak semua ion bergerak dengan lurus. Beberapa ion berubah arah, seperti digambarkan pada Gambar 2.1 (C).

Garam mengandung NaCl dan KCl yang membentuk ion-ion ketika larut di dalam air. Hubungan antara densitas dan konduktivitas hampir linier, seperti terlihat pada Gambar 2.2. Namun pada zona densitas tinggi tidak terjadi

peningkatan konduktivitas seiring meningkatnya densitas. Yang terjadi adalah titik jenuh dimana ion-ion bereaksi satu sama lain, yang menyebabkan listrik menjadi sulit mengalir.

Pada zona densitas yang sangat rendah, konduktivitas memiliki hubungan linier dengan densitas, seperti pada asam organik (contoh: larutan asam asetat). Namun, saat densitas meningkat, laju ionisasi menurun. Pada zona densitas tinggi, hanya sebagian elektrolit yang terionisasi, dan jumlah elektrolit yang sangat banyak menyebabkan ion-ion tetap berada dalam larutan sebagai molekul.



Gambar 2.2 Konduktivitas pada larutan elektrolit kuat dan lemah

2.1.1 Pengaruh Suhu dan Konsentrasi

Konduktivitas dalam larutan terjadi karena pergerakan ionik dan selalu meningkat seiring dengan kenaikan suhu. Hal ini dipengaruhi oleh sifat ion dan viskositas air. Semua proses ini bergantung kepada suhu sehingga konduktivitas sangat bergantung kepada suhu. Ketergantungan ini biasanya ditunjukkan dalam perubahan relatif per derajat Celsius pada suhu tertentu, umumnya sebagai persen per derajat Celsius, yang disebut slope dari larutan tertentu. Air memiliki slope antara $1.8 - 2.0\%/^{\circ}\text{C}$ [5]. Larutan garam konsentrasi tinggi, asam dan larutan basa memiliki slope sekitar $1.5\%/^{\circ}\text{C}$. Hal ini menjadi jelas bahwa perbedaan suhu sedikitpun akan menghasilkan konduktivitas yang berbeda, dan karena alasan ini pembacaan konduktivitas umumnya dilakukan menggunakan referensi suhu 25°C .

Untuk mempermudah perbandingan, pembacaan konduktivitas yang dilakukan pada suhu tertentu kemudian dikonversi untuk mengetahui konduktivitas pada suhu 25°C . Konversi tersebut dapat dijelaskan dengan persamaan di bawah ini:

$$k_{25} = \frac{k_t}{\{1 + 0.02 \times (t - 25)\}} \quad (2.3)$$

Dimana:

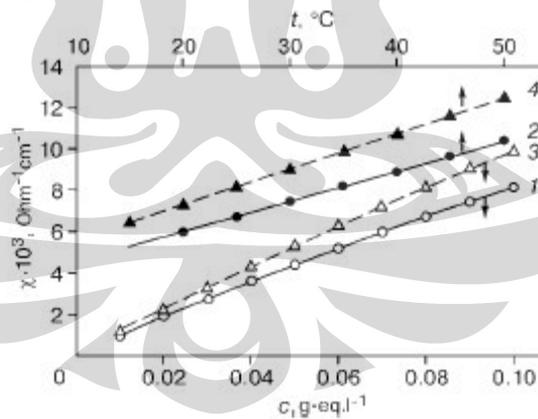
k_{25} = Konduktivitas larutan pada 25°C

k_t = Konduktivitas larutan pada $t^\circ\text{C}$

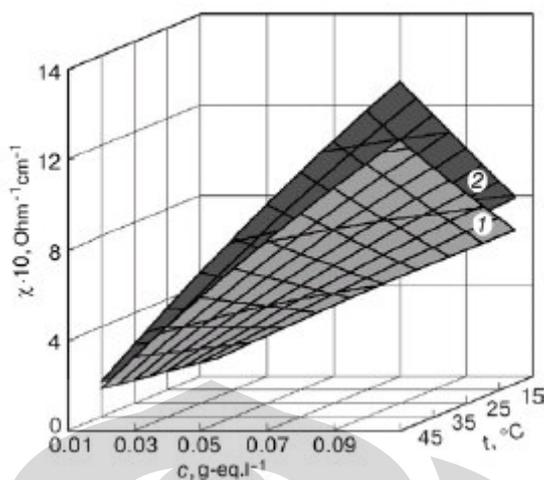
t = suhu larutan ($^\circ\text{C}$)

0,02 = slope larutan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh L.T. Vlaev [6], diketahui bahwa konduktivitas suatu larutan bergantung kepada suhu dan konsentrasinya, seperti terlihat pada Gambar 2.3 dan 2.4. Dikatakan bahwa perubahan pada struktur air yang dipengaruhi oleh variasi suhu, zat terlarut atau tekanan akan menyebabkan perubahan pada konduktivitas air dan larutannya.



Gambar 2.3 Pengaruh konsentrasi elektrolit terhadap konduktivitas Na_2SeO_3 (1) dan K_2TeO_3 (3) pada 25°C , dan pengaruh suhu terhadap konduktivitas Na_2SeO_3 (2) dan K_2TeO_3 (4) pada konsentrasi $0,0800 \text{ g}\cdot\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$



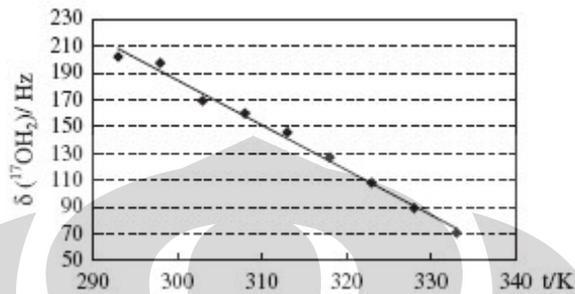
Gambar 2.4 Pengaruh suhu dan konsentrasi terhadap konduktivitas Na_2SeO_3 (1) dan K_2TeO_3 (2) [6]

Pada suhu yang lebih tinggi, larutan memiliki viskositas yang lebih rendah, sehingga mobilitas ion meningkat. Berdasarkan teori Samoilov, jika suhu dinaikkan maka struktur molekul-molekul (*cluster*) air yang tidak stabil terputus dan membentuk struktur yang lebih stabil. Begitu pula dengan konsentrasi, semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin tinggi konduktivitas. Namun nilai konduktivitas tersebut memiliki nilai maksimum yang spesifik untuk setiap ion. Nilai konduktivitas maksimum tersebut bergantung kepada dua hal yang saling berlawanan, yaitu peningkatan jumlah ion di larutan, dan penurunan mobilitas ion karena peningkatan viskositas pada larutan dengan konsentrasi yang lebih tinggi [6].

2.2 HASIL PENELITIAN MENGENAI ION DAN CLUSTER AIR

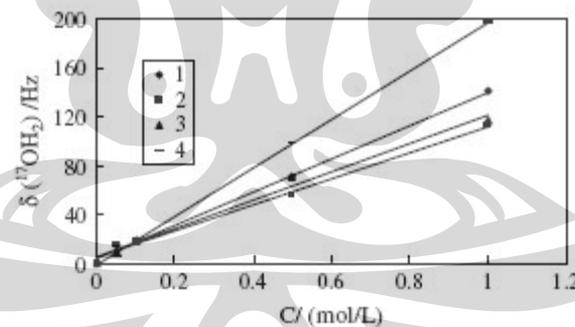
Percobaan yang dilakukan oleh Ruihua Li [7] bertujuan untuk mengukur pengaruh suhu dan beberapa garam terhadap pergeseran kimia NMR ^{17}O ($\delta(^{17}\text{OH}_2)$), sehingga menghasilkan hubungan antara pergeseran kimia NMR ^{17}O dengan ukuran rata-rata *cluster* air, dan memprediksi pengaruh ion-ion terhadap ukuran rata-rata *cluster* air. Sebagai referensi digunakan pergeseran kimia NMR ^{17}O air murni yaitu $211 \pm 2,5$ Hz. Dalam penelitiannya, Li mendapati bahwa pergeseran kimia NMR ^{17}O air menurun seiring meningkatnya suhu, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 di bawah ini. Hal ini menunjukkan telah terjadi

penurunan ukuran rata-rata *cluster* air akibat kenaikan suhu. Penjelasanannya adalah terjadi pelemahan ikatan hidrogen saat pergerakan termal atom meningkat. Oleh karena itu, dengan naiknya suhu maka struktur air menjadi terputus dan ukuran *cluster* pun menurun.



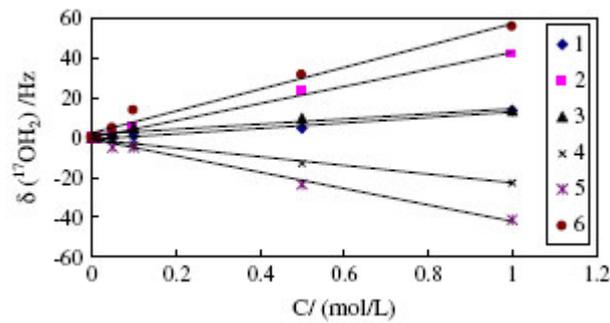
Gambar 2.5 Pengaruh suhu terhadap $\delta(^{17}\text{OH}_2)$

Dalam percobaannya, Li juga mengamati pengaruh ion-ion pada larutan HCl, NaOH, MgCl_2 , CaCl_2 , NaCl, KCl, Na_2CO_3 , NaHCO_3 , Na_2SO_4 , MgSO_4 , AlCl_3 dan FeCl_3 terhadap ukuran rata-rata *cluster* air ($\delta(^{17}\text{OH}_2)$). Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.6 di bawah ini.



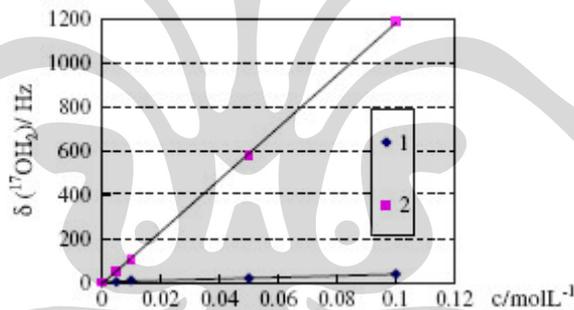
Gambar 2.6 Pengaruh (1) HCl, (2) NaOH, (3) MgCl_2 dan (4) CaCl_2 terhadap ukuran rata-rata *cluster* air ($\delta(^{17}\text{OH}_2)$).

Pada gambar di atas terlihat bahwa $\delta(^{17}\text{OH}_2)$ meningkat dengan kenaikan konsentrasi HCl dan NaOH, yang berarti bahwa HCl dan NaOH meningkatkan ukuran rata-rata *cluster* air. Li menyimpulkan bahwa anion seperti Cl^- dan OH^- memutus *cluster* air, sementara kation seperti H^+ dan Na^+ memperbesar *cluster* air.



Gambar 2.7 Pengaruh (1) NaCl, (2) KCl, (3) Na_2CO_3 , (4) NaHCO_3 , (5) Na_2SO_4 dan (6) MgSO_4 terhadap $\delta(^{17}\text{OH}_2)$

Pada Gambar 2.7 di atas, $\delta(^{17}\text{OH}_2)$ meningkat dengan kenaikan konsentrasi NaCl, KCl, Na_2CO_3 dan MgSO_4 . Sehingga garam-garam tersebut meningkatkan ukuran rata-rata *cluster* air. $\delta(^{17}\text{OH}_2)$ berkurang dengan kenaikan konsentrasi NaHCO_3 dan Na_2SO_4 , yang mengindikasikan bahwa kedua garam tersebut mengurangi ukuran rata-rata *cluster* air. Slope KCl lebih besar dari NaCl, yang berarti pengaruh ion K^+ lebih besar dari pengaruh Na^+ .



Gambar 2.8 Pengaruh (1) AlCl_3 dan (2) FeCl_3 terhadap $\delta(^{17}\text{OH}_2)$

Dari percobaan yang terakhir, didapatkan bahwa $\delta(^{17}\text{OH}_2)$ meningkat dengan kenaikan konsentrasi AlCl_3 dan FeCl_3 , dan pengaruh Fe^{3+} lebih besar daripada pengaruh Al^{3+} , seperti terlihat pada Gambar 2.8.

Kesimpulan dari penelitian Li adalah perubahan terhadap pergeseran kimia NMR ^{17}O secara tidak langsung mengindikasikan perubahan terhadap ukuran rata-rata *cluster* air. Kation dan anion memiliki pengaruh yang berbeda terhadap ukuran rata-rata *cluster* air. Kation meningkatkan ukuran rata-rata *cluster* air dan anion mengurangi ukuran rata-rata *cluster* air. Untuk besar muatan yang sama, semakin besar ionnya maka semakin besar pengaruhnya terhadap *cluster* air. Berdasarkan dua sifat yang dimiliki ion, yaitu jari-jari ion dan muatan ion, yang

lebih besar pengaruhnya terhadap *cluster* air adalah muatan ion, sehingga urutan kekuatan ion dalam mempengaruhi *cluster* air adalah:

$\text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Fe}^{3+}$ untuk kation dan $\text{OH}^- < \text{Cl}^- < \text{HCO}_3^{2-}$, serta $\text{CO}_3^{2-} < \text{SO}_4^{2-}$ untuk anion. Ukuran jari-jari kation dan anion dalam percobaan di atas dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Ukuran Jari-Jari Ion

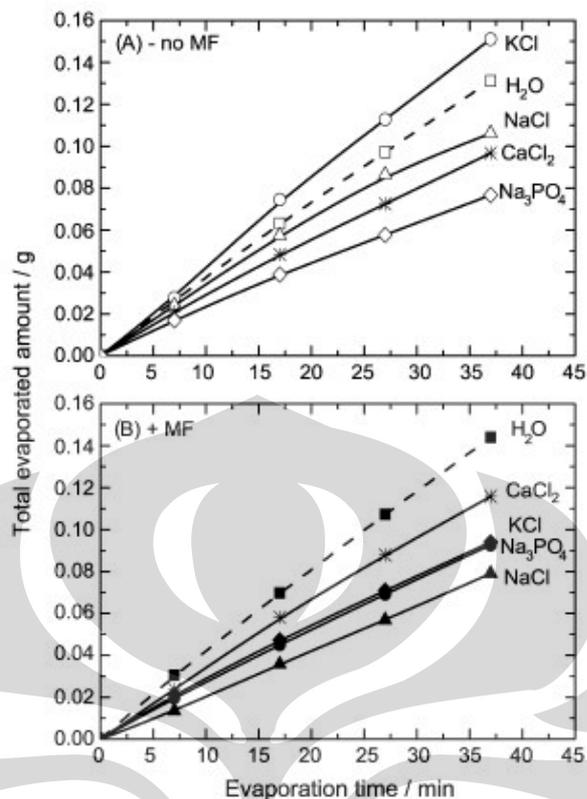
Kation	Jari-Jari (nm)	Anion	Jari-Jari (nm)
Na^+	0,1	OH^-	$0,152 \pm 0,019$
K^+	0,133	HCO_3^{2-}	$0,207 \pm 0,019$
Mg^{2+}	0,075	CO_3^{2-}	$0,189 \pm 0,019$
Ca^{2+}	0,106	SO_4^{2-}	$0,218 \pm 0,019$
Al^{3+}	0,057	Cl^-	$0,168 \pm 0,019$
Fe^{3+}	0,064		

Sumber: [7]

Hampir sama dengan yang dilakukan oleh Li, Chibowski [3], melakukan penelitian mengenai pengaruh medan magnet dengan sistem fluida statis terhadap air dan larutan elektrolit. Li menyatakan bahwa kation dan anion memiliki pengaruh yang berbeda terhadap ukuran rata-rata *cluster* air. Sedangkan Chibowski mendapatkan bahwa kehadiran ion di dalam air dapat mempengaruhi struktur air, baik memperkuat maupun memperlemah struktur air, yang dapat dilihat dari perubahan jumlah air yang menguap dari larutan elektrolit. Perubahan ini dapat dihubungkan dengan adanya ion-ion *water-structure-ordering* atau *-disordering* di dalam larutan. Tabel 2.2 menunjukkan ion-ion yang termasuk *water-structure-ordering* atau *-disordering*. Gambar 2.9 menggambarkan perubahan jumlah total air yang menguap dari larutan elektrolit 0,1 M.

Tabel 2.2 Sifat *Water-structure-ordering* atau *-disordering* Ion [3]

Ion	<i>Water-structure-ordering</i> (+) atau <i>-disordering</i> (-)
K^+	(-)
Na^+	(+)
Ca^{2+}	(+)
Cl^-	(-)
PO_4^{3-}	(+)



Gambar 2.9 Perubahan jumlah total air yang menguap dari larutan elektrolit 0,1 M, (A) tanpa magnet; (B) dengan perlakuan magnet [3]

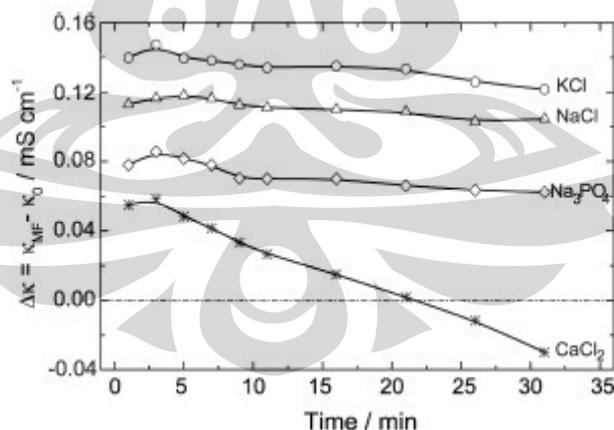
Dari gambar di atas terlihat bahwa jumlah penguapan air dari larutan elektrolit cenderung lebih sedikit dari jumlah penguapan air dari air murni (H_2O), baik tanpa medan magnet maupun dengan medan magnet. Terkecuali KCl pada kondisi tanpa medan magnet. Hal ini menunjukkan bahwa larutan elektrolit menyebabkan struktur air lebih kuat atau lebih terstruktur sehingga lebih sulit menguap. Tabel 2.3 yang mengacu pada gambar di atas menunjukkan jumlah perubahan jumlah air yang menguap dari larutan elektrolit pada interval waktu 37 menit.

Tabel 2.3 Jumlah Penguapan Air Dari Larutan Elektrolit Dengan Konsentrasi 0,1 M Dengan Perlakuan Magnet dan Non-Magnet Pada Interval Waktu 37 Menit

Larutan	Water-Structure (+)/(-)	Jumlah Air yang Menguap (g)	
		Non-Magnet	Magnet
H_2O	-	0,13	0,144
KCl	(-) dan (-)	0,18	0,093
NaCl	(+) dan (-)	0,105	0,08
CaCl_2	(+) dan (-)	0,095	0,115
Na_3PO_4	(+) dan (+)	0,075	0,095

Dalam kondisi tanpa medan magnet, dapat dilihat dari tabel di atas, ion K^+ dan Cl^- termasuk ke dalam *water-structure-disordering*, yang menyebabkan jumlah air yang menguap lebih banyak daripada air murni. Sedangkan Na^+ dan PO_4^{3-} termasuk *water-structure-ordering*, sehingga jumlah air yang menguap dari larutannya jauh lebih kecil dari air murni. Jumlah air yang menguap pada larutan NaCl dan CaCl_2 sedikit lebih rendah dari air murni. Dalam larutan tersebut, Na^+ dan Ca^+ termasuk *water-structure-ordering*, sedangkan Cl^- termasuk *water-structure-disordering*. Dengan perlakuan medan magnet, terjadi perubahan pada semua larutan elektrolit. KCl yang semula menghasilkan penguapan air lebih banyak dari air murni berubah menghasilkan penguapan air yang lebih sedikit dari air murni. Larutan-larutan elektrolit lainnya juga mengalami perubahan setelah diberi perlakuan medan magnet, walaupun perubahan tersebut tidak terjadi dengan pola yang sama. Penjelasan di atas menunjukkan bahwa penguapan air dari larutan bergantung kepada peran kation dan anion yang ada.

Dalam pengamatannya terhadap konduktivitas larutan elektrolit, Chibowski mendapatkan hasil bahwa medan magnet menyebabkan peningkatan konduktivitas. Gambar 2.10 menggambarkan selisih konduktivitas larutan elektrolit setelah perlakuan dengan medan magnet dan tanpa medan magnet.



Gambar 2.10 Selisih konduktivitas larutan elektrolit setelah perlakuan dengan medan magnet dan tanpa medan magnet

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa selisih konduktivitas bernilai positif, kecuali untuk CaCl_2 setelah 20 menit. Selisih konduktivitas bernilai positif berarti

konduktivitas larutan yang diberi medan magnet lebih besar daripada larutan yang tidak diberi medan magnet. Konduktivitas larutan elektrolit berbanding terbalik dengan diameter hidrat kation dan anion. Ukuran jari-jari ion dan jari-jari kulit hidrasi ion dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini. Peningkatan konduktivitas untuk beberapa elektrolit dapat disebabkan oleh perubahan terhadap ketebalan kulit hidrasi dan perubahan struktur molekul air di kulit hidrasi. Untuk larutan CaCl_2 , ternyata ion Ca^{2+} memiliki kulit hidrasi yang paling tebal, sementara ion Cl^- paling tipis. Jadi, kecilnya pengaruh medan magnet terhadap konduktivitas larutan CaCl_2 disebabkan oleh tebal dan teraturanya molekul air di sekitar ion Ca^{2+} .

Tabel 2.4 Jari-Jari Ion dan Jari-Jari Kulit Hidrasi Ion [8]

Ion	Jari-jari Ion/r (pm)	Jari-jari Kulit Hidrasi Ion/ Δr (pm)
K^+	138	74
Na^+	102	116
Ca^{2+}	100	171
Cl^-	181	43
PO_4^{3-}	238	54
CO_3^{2-}	178	76

Untuk larutan Na_2CO_3 , dengan jari-jari kulit hidrasi ion CO_3^{2-} yang lebih besar dari Cl^- dan PO_4^{3-} , maka diperkirakan selisih konduktivitas larutan Na_2CO_3 setelah perlakuan dengan medan magnet dan tanpa medan magnet akan berada di bawah larutan NaCl dan Na_3PO_4 di dalam Gambar 2.10 di atas. Jika dibandingkan dengan larutan CaCl_2 yang jari-jari kulit hidrasi ion Ca^{2+} -nya lebih besar, maka diperkirakan selisih konduktivitas larutan Na_2CO_3 setelah perlakuan dengan medan magnet dan tanpa medan magnet akan berada di atas larutan CaCl_2 pada Gambar 2.10 di atas.

Salah satu kesimpulan dari penelitian Chibowski ini adalah bahwa peningkatan konduktivitas larutan elektrolit setelah diberi medan magnet terjadi karena berkurangnya jari-jari hidrat ion. Dengan kata lain, molekul air di dalam hidrat menjadi lebih terstruktur.

2.3 MEKANISME PEMBENTUKAN PARTIKEL CaCO_3 TANPA MEDAN MAGNET

Mekanisme presipitasi partikel CaCO_3 pada air sadah merupakan proses kesetimbangan yang dipengaruhi oleh kesadahan air, suhu, pH, dan alkalinitas. Beberapa hal yang akan dibahas disini adalah kesetimbangan Na_2CO_3 , pembentukan partikel CaCO_3 dan pengaruh hidrodinamika fluida terhadap pembentukan partikel CaCO_3 .

2.3.1 Reaksi Kesetimbangan Na_2CO_3 di Dalam Air dan Pembentukan Partikel CaCO_3

Berikut ini adalah kesetimbangan Na_2CO_3 di dalam air:



Reaksi di atas menunjukkan bahwa jika Na_2CO_3 dilarutkan di dalam air, akan terbentuk beberapa spesi ion, yaitu Na^+ , CO_3^{2-} dan HCO_3^- . Spesi anion yang akan terbentuk bergantung kepada pH larutan. Jika pH rendah, maka akan lebih banyak terbentuk ion HCO_3^- , dan jika pH tinggi maka akan lebih banyak terbentuk ion CO_3^{2-} . Dan kesetimbangan antara ion, anion khususnya, akan berpengaruh terhadap proses pembentukan CaCO_3 .

Model larutan CaCO_3 yang telah digunakan oleh banyak peneliti [9,10,1] dalam mengamati presipitasi CaCO_3 adalah dengan mencampurkan larutan Na_2CO_3 dan CaCl_2 dengan reaksi sebagai berikut [11]:

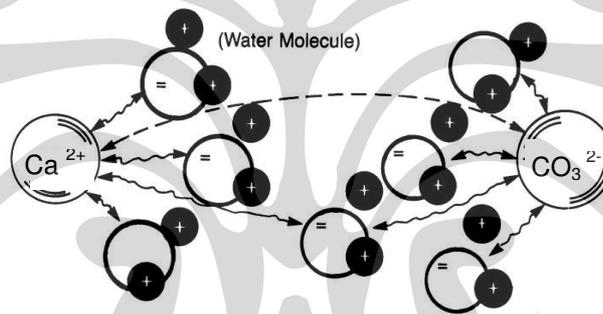


Proses pembentukan CaCO_3 ini berjalan cepat terutama pada fasa larutan. Campuran larutan yang dihasilkan bersifat basa (pH: 10 – 11) dan akan menurun mendekati pH iso-elektrik kalsit yaitu sekitar 8,4 seiring dengan meningkatnya jumlah CaCO_3 yang terbentuk. Reaksi pembentukan CaCO_3 bersifat endotermis

($\Delta H^\circ = 4,68$ kcal/mol), dimana kenaikan suhu menyebabkan jumlah CaCO_3 yang terbentuk meningkat.

2.3.2 Pengaruh Hidrodinamika Fluida Terhadap Proses Pembentukan CaCO_3

Ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} pada air sadah akan dikelilingi oleh molekul air membentuk suatu lapisan (*hydration shell*) yang akan menahan bergabungnya ion-ion tersebut membentuk molekul CaCO_3 seperti yang terlihat pada gambar 2.11. Kation dan anion akan terhidrasi dengan cara berbeda, bergantung kepada orientasi molekul air yang berbeda-beda di dalam kulit hidrasi pertamanya [8]. Selain adanya *hydration shell*, terdapat pula molekul-molekul air yang membentuk struktur (*cluster*) di dalam larutan yang membuat ion-ion menjadi sulit untuk bergerak.

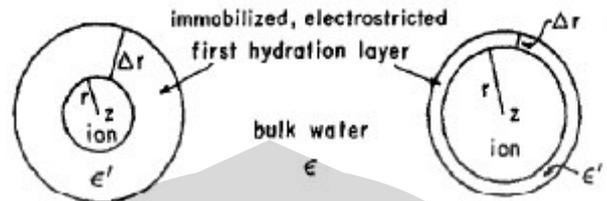


Gambar 2.11 Orientasi molekul air terhadap ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} pada air sadah

Sifat interaksi antara ion dengan hidrat dan antara sesama molekul air yang relatif lemah akan dengan mudah dipengaruhi oleh suhu, pH, konsentrasi ion, dan agitasi mekanik berupa pengadukan dan pemompaan. Proses pengadukan dan pemompaan air sadah menyebabkan rusaknya ion-ion hidrat sehingga meningkatkan interaksi/tumbukan antara ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} yang pada akhirnya akan mempercepat terbentuknya inti CaCO_3 . Abdel [10] melakukan percobaan pencampuran larutan Na_2CO_3 dan CaCl_2 menggunakan pengaduk. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putar pengaduk mempercepat laju nukleasi CaCO_3 .

L.T.Vlaev [12] mengatakan bahwa sifat-sifat kelarutan dan perpindahan larutan elektrolit yang dipelajari menggunakan metode konduktivitas bergantung

kepada jari-jari dan derajat hidrasi ion-ion. Hidrat ion bisa positif atau negatif tergantung kepada mobilitas molekul air di kulit hidrasi ion, yang lebih tinggi atau lebih rendah daripada mobilitas molekul air di dalam *bulk water*. Skema hidrat ion dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut ini.



Gambar 2.12 Skema hidrat ion dengan medan elektrostatis tinggi (kiri) dan rendah (kanan) [8]

Interaksi elektrostatis antara partikel bermuatan dan molekul air merupakan alasan dasar yang menyebabkan terjadinya struktur hidrat. Untuk kation dan anion dengan jari-jari yang sama, anion memiliki kemampuan hidrasi lebih besar. Namun begitu, karena jari-jari anion tidak kecil, maka kemampuan hidrasinya terlihat lemah [13].

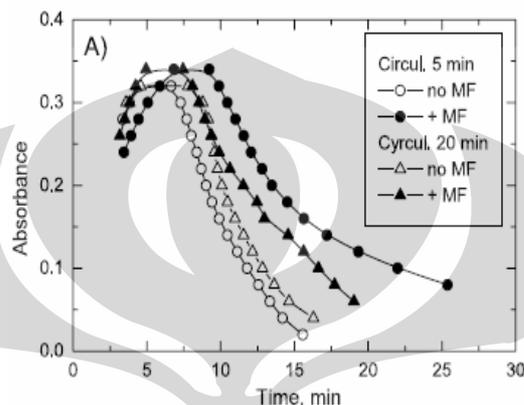
2.4 PEMBENTUKAN PARTIKEL CaCO_3 DENGAN PENGARUH MEDAN MAGNET

Pengaruh medan magnet terhadap pembentukan partikel CaCO_3 telah banyak dilaporkan oleh para peneliti dalam beberapa tahun terakhir. Yang banyak dilaporkan oleh para peneliti tersebut adalah sistem fluida dinamis. Sistem fluida dinamis yaitu kondisi dimana sampel air bergerak melewati medan magnet yang diam. Beberapa mekanisme yang dapat diamati dalam perlakuan medan magnet terhadap pembentukan partikel CaCO_3 dengan sistem fluida dinamis yaitu mekanisme ion dan efek gaya Lorentz, seperti dijelaskan di bawah ini.

2.4.1 Mekanisme Ion

Chibowski [11] dengan menggunakan model larutan Na_2CO_3 melakukan percobaan dengan sistem fluida dinamis dimana larutan Na_2CO_3 dialirkan melewati medan magnet dengan kuat medan 1000 Gauss dan kecepatan 0,85 m/s. Setelah disirkulasi, larutan dicampur dengan larutan CaCl_2 untuk diamati

presipitasinya menggunakan spektrofotometer. Hasil yang didapat menunjukkan pada sirkulasi 5 menit, puncak absorbansi sampel magnet lebih besar dibanding non-magnet. Hal ini menunjukkan bahwa presipitasi pada sampel yang diberi medan magnet lebih banyak dibanding sampel non-magnet. Pada sirkulasi 20 menit, perbedaan absorbansi sampel magnet dan non-magnet menjadi jauh lebih kecil (Gambar 2.13).

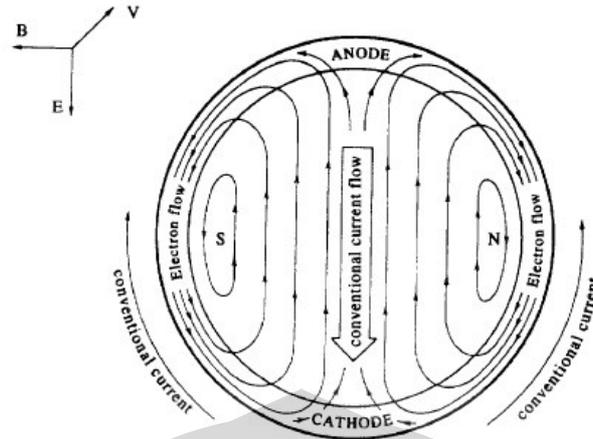


Gambar 2.13 Absorbansi campuran larutan Na_2CO_3 dan CaCl_2 dengan sistem fluida dinamis [11].

2.4.2 Efek Gaya Lorentz

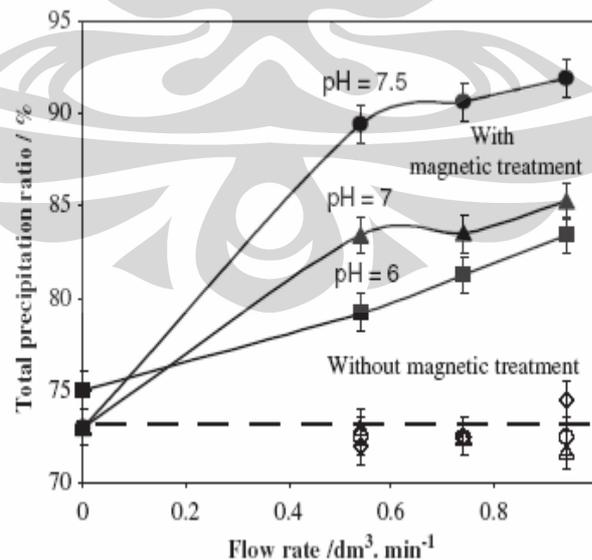
Jika suatu ion bermuatan seperti ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} bergerak melewati medan magnet maka akan mengalami gaya lorentz F sebesar: $F = e.V \times B$. Efek gaya lorentz dapat menyebabkan pergeseran ion/partikel bermuatan. Pergeseran ini dapat berpengaruh terhadap proses nukleasi dan presipitasi.

Skema dari arah aliran listrik (E) dengan arah aliran larutan konduktif (V) yang dipaparkan pada medan magnet (B) diperlihatkan oleh gambar 2.14.



Gambar 2.14 Skema arah aliran listrik (E) dengan arah aliran larutan konduktif (V) yang dipaparkan pada medan magnet (B).

Pada penelitiannya, Fathi [14] dengan menggunakan titrasi EDTA tidak mendapatkan adanya penurunan ion Ca^{2+} selama 30 menit proses magnetisasi. Hal ini menunjukkan bahwa spesi yang termagnetisasi di dalam larutan hanya berupa ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} atau HCO_3^- . Efek magnetisasi baru teramati pada proses presipitasi (sesudah proses magnetisasi) dengan mengamati waktu induksi/nukleasi. Waktu induksi adalah waktu dimana konsentrasi ion Ca^{2+} dilarutkan mulai turun.



Gambar 2.15 Rasio presipitasi total CaCO_3 pada berbagai laju alir dan pH awal larutan untuk waktu presipitasi 90 menit dan konsentrasi ion Ca^{2+} mula-mula 200 ppm [14].

Gambar 2.15 menunjukkan semakin tinggi pH awal dan kecepatan larutan maka akan semakin tinggi pula presipitasi total CaCO_3 . Kenaikan presipitasi total pada proses magnetisasi (Gambar 2.15) lebih disebabkan adanya kenaikan presipitasi di fasa larutan, sedang di permukaan yang terjadi adalah penurunan presipitasi.

Secara umum, magnetisasi ion Ca^{2+} , CO_3^{2-} dan HCO_3^- dengan menggunakan sistem fluida sirkulasi dinamis akan meningkatkan presipitasi CaCO_3 setelah proses magnetisasi.

Fathi [14] menduga telah terjadi perubahan sifat dari spesies yang ada di larutan saat proses magnetisasi (reaksi pra-nukleasi) dan baru berdampak pada proses sesudah magnetisasi yang ditandai adanya peningkatan laju nukleasi. Reaksi pra-nukleasi tersebut digambarkan sebagai proses pendekatan pasangan ion-ion (*ionic pairs micellization*) yang akan memfasilitasi terjadinya nukleasi sesudah magnetisasi. Ben Amor menggambarkan proses presipitasi CaCO_3 dimulai dengan aglomerasi ion-ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} sebagai kluster. Reposisi ion-ion pada agregat tersebut akan membentuk "*colloidal nuclei*" tak stabil dan akhirnya akan tumbuh menjadi kristal yang stabil [15].

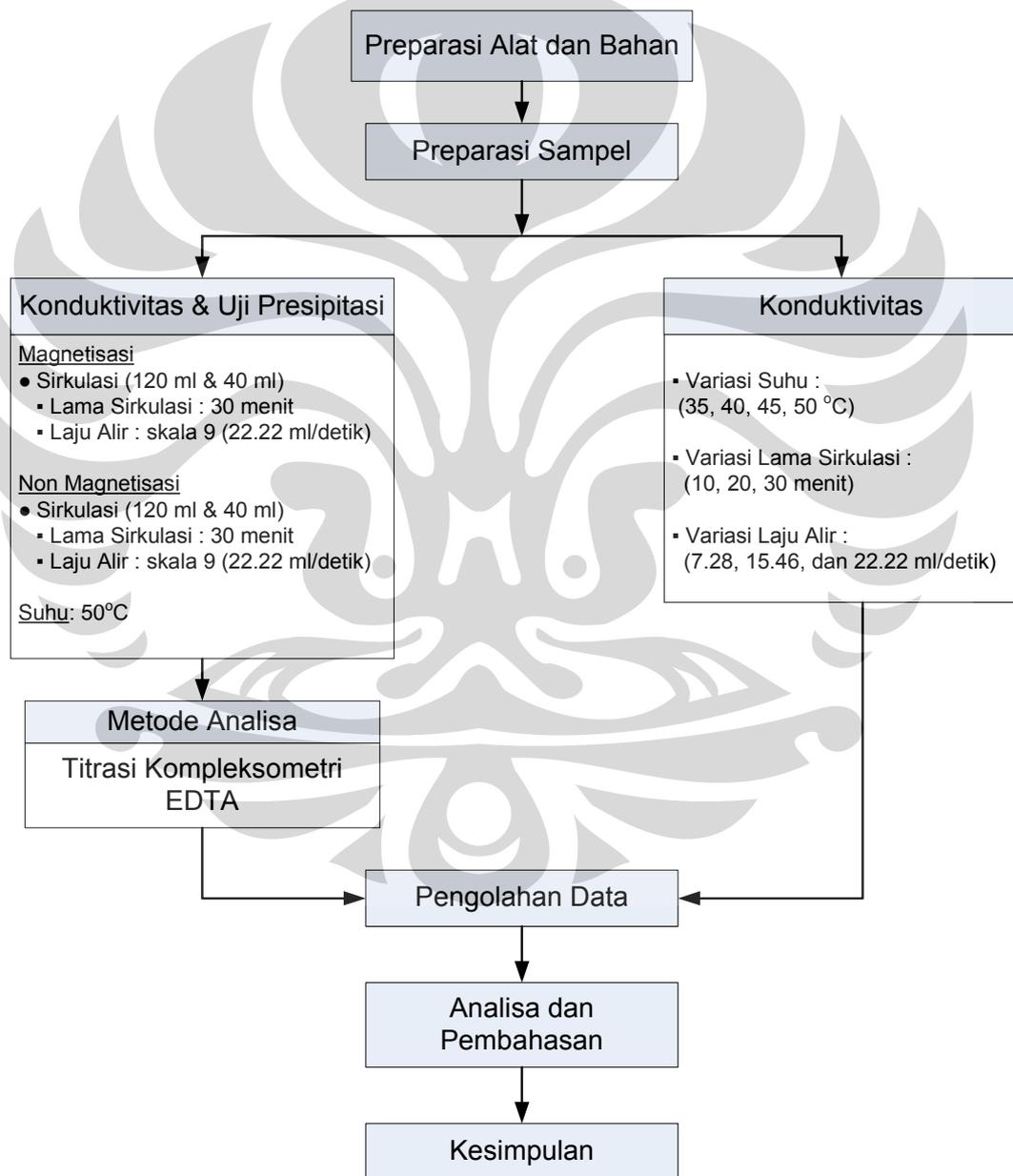
Kronenberg [16] juga mendapatkan bahwa dengan pengaruh medan magnet didapatkan peningkatan nukleasi CaCO_3 . Penjelasannya adalah bahwa air mempunyai tendensi untuk membentuk suatu kompleks $(\text{H}_2\text{O})_n$ dengan $20 < n < 200$. Kompleks tersebut terjadi karena adanya ikatan hidrogen yang mengikat molekul H_2O secara bersama-sama. Kompleks tersebut membentuk struktur seperti kurungan (*cage like structure*) diantara ion dan partikulat lainnya. Adanya kompleks (*water cluster*) ini dapat mengurangi kemampuan tumbukan dari ion, sehingga nukleat CaCO_3 yang terbentuk tanpa medan magnet akan lebih sedikit. Peneliti tersebut menghipotesis bahwa medan magnet akan dapat melemahkan ikatan hidrogen dari kompleks air. Jika kompleks air ini patah maka akan dapat meningkatkan probabilitas tumbukan antar ion, sehingga meningkatkan frekuensi pembentukan nukleat CaCO_3 .

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Urutan kegiatan dan metode analisa yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan dengan diagram alir penelitian pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 PREPARASI ALAT DAN BAHAN

Untuk mencegah terjadinya kesalahan dalam preparasi sampel, semua larutan yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan pelarut air bebas ion (*demineralized water*). Selain unsur H_2O , air juga mengandung ion-ion lain yang terlarut di dalamnya, meskipun air tersebut adalah air aquadest. Ion-ion yang terkandung di dalam air akan mengganggu jalannya reaksi. Akibatnya akan terjadi kesalahan analisis. Penggunaan titrasi kompleksometri dalam analisis juga menuntut penggunaan air bebas ion mengingat sifat EDTA yang dapat mengkompleks ion-ion yang terkandung di dalam air.

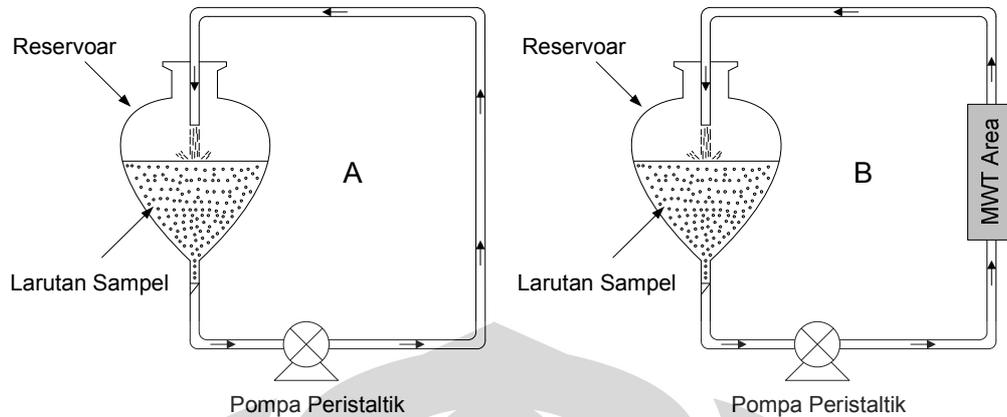
Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah natrium karbonat (Na_2CO_3) 0,01 M, dan kalsium klorida (CaCl_2) 0,01 M, karena pencampuran larutan Na_2CO_3 dan CaCl_2 merupakan model larutan CaCO_3 yang telah digunakan oleh banyak peneliti dalam mengamati presipitasi CaCO_3 . Analisis kandungan Ca^{2+} dilakukan dengan titrasi kompleksometri, dengan menggunakan larutan EDTA sebagai titran.

Bahan-bahan yang digunakan adalah air aquadest, air demin, kristal Na_2CO_3 , kristal CaCl_2 , larutan HCl 0,1 M, EDTA, larutan buffer pH 10, kristal CaCO_3 , larutan NaOH, Tritriplex III, NH_4Cl .

Preparasi alat juga akan menentukan hasil yang diperoleh dalam penelitian. Semua peralatan yang digunakan dalam penelitian harus dicuci dengan sabun dan/atau HCl 0,1 M, kemudian dibilas dengan air bebas ion, agar benar-benar bersih dari pengotor dan tidak terjadi kesalahan analisis saat digunakan untuk mereaksikan larutan atau melakukan titrasi kompleksometri.

Peralatan yang digunakan adalah konduktometer Orion Model 105 Aplus yang memiliki sel konduktivitas tipe elektroda platina, gelas ukur 10 ml dan 50 ml, pipet tetes, *stopwatch*, *waterbath*, magnet batangan dengan kuat medan 5200 Gauss, timbangan analitik, kaca arloji, tabung reaksi (dimensi seragam, 20 ml), pompa peristaltik, erlenmeyer 250 ml, spatula, labu takar 100 ml dan 1000 ml, *beaker glass* 100 ml dan 250 ml, buret dan statif, corong.

3.3 PERALATAN MAGNETISASI SISTEM SIRKULASI



Gambar 3.2 Skema Peralatan Sistem Sirkulasi Non-Magnet (A) dan Magnet (B)



Gambar 3.3 Peralatan Sistem Sirkulasi

Keterangan:

- Reservoar yang digunakan adalah *beaker glass* berbahan kaca/pyrex.
- Diameter dalam dari pipa silikon adalah 6 mm dengan panjang 1 meter.

3.4 PROSEDUR PENELITIAN

Prosedur penelitian yang dilakukan terdiri dari preparasi sampel larutan natrium karbonat (0,001 M, 0,01 M, 0,1 M), larutan kalsium klorida 0,01 M, larutan-larutan penunjang lainnya, serta prosedur *treatment* (perlakuan) sampel larutan yang dimagnetisasi untuk lama sirkulasi dan laju alir tertentu dengan

variasi volume sampel yang disirkulasi, dan sampel larutan non-magnetisasi untuk variasi suhu, lama sirkulasi dan laju alir. Secara detail, prosedur tersebut akan diuraikan sebagai berikut:

3.4.1 Preparasi Sampel Larutan Natrium Karbonat

3.4.1.1 Preparasi sampel Na₂CO₃ 0,001 M

1. Timbang 0,106 gram kristal Na₂CO₃.
2. Tempatkan kristal Na₂CO₃ tersebut di dalam labu ukur 1 L.
3. Larutkan dengan air demineralisasi hingga tanda batas.

3.4.1.2 Preparasi sampel Na₂CO₃ 0,01 M

1. Timbang 1,06 gram kristal Na₂CO₃.
2. Tempatkan kristal Na₂CO₃ tersebut di dalam labu ukur 1 L.
3. Larutkan dengan air demineralisasi hingga tanda batas.

3.4.1.3 Preparasi sampel Na₂CO₃ 0,1 M

1. Timbang 10,6 gram kristal Na₂CO₃.
2. Tempatkan kristal Na₂CO₃ tersebut di dalam labu ukur 1 L.
3. Larutkan dengan air demineralisasi hingga tanda batas.

3.4.2 Preparasi Larutan Kalsium Klorida (CaCl₂) 0,01 M

1. Ditimbang 1,4700 g padatan kalsium klorida.
2. Padatan dilarutkan dengan menggunakan air demin secukupnya pada gelas piala 250 ml hingga homogen.
3. Larutan dipindahkan ke dalam labu takar 1000 ml, lakukan pembilasan dengan air demin.
4. Ditambahkan air demin hingga tanda batas.

3.4.3 Preparasi Larutan EDTA 0,01 M

1. Ditimbang kristal Titriplex III 4,000 g.
2. Dilarutkan dengan air demin hingga homogen.
3. Larutan dipindahkan ke dalam labu takar 1000 ml, kemudian ditambahkan air demin hingga tanda batas.

3.4.4 Preparasi Larutan Standar CaCO₃ 0,01 M

1. Ditimbang 0,050 g CaCO₃ murni (yang sudah dioven selama ± 1 jam pada suhu 105°C).
2. Ditambahkan HCl pekat tetes demi tetes sampai CaCO₃ larut sempurna.
3. Panaskan hingga mendidih.
4. Dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml dan bilas dengan air demin.
5. Ditambahkan NaOH 0,1 N untuk menetralkan hingga pH 7-8 dengan menggunakan indikator Phenolphthalein (perubahan warna: tidak berwarna menjadi merah muda).
6. Ditambahkan air demin hingga tanda batas.

3.4.5 Preparasi Larutan Buffer pH 10

1. Ditimbang 0,0616 g MgSO₄.7H₂O.
2. Ditimbang 0,0930 g Triton B atau Titriplex III.
3. Keduanya dicampur ke dalam gelas ukur dan dilarutkan dengan 10 ml air demin.
4. Ditimbang 6,750 g NH₄Cl dan larutkan dengan 10 ml air demin.
5. Kedua larutan dicampur di dalam labu takar 100 ml dan ditambahkan 79,8 ml amonia 25%, lalu ditera dengan air demin sampai tanda batas, kemudian dikocok hingga homogen.

3.4.6 Preparasi Larutan HCl 0,1 M

1. Dipipet 5 ml larutan HCl pekat ke dalam labu takar 500 ml yang sudah berisi air demin.
2. Ditambahkan air demin sampai tanda batas pada labu takar.

3.4.7 Prosedur Penentuan Konstanta Sel Konduktometer

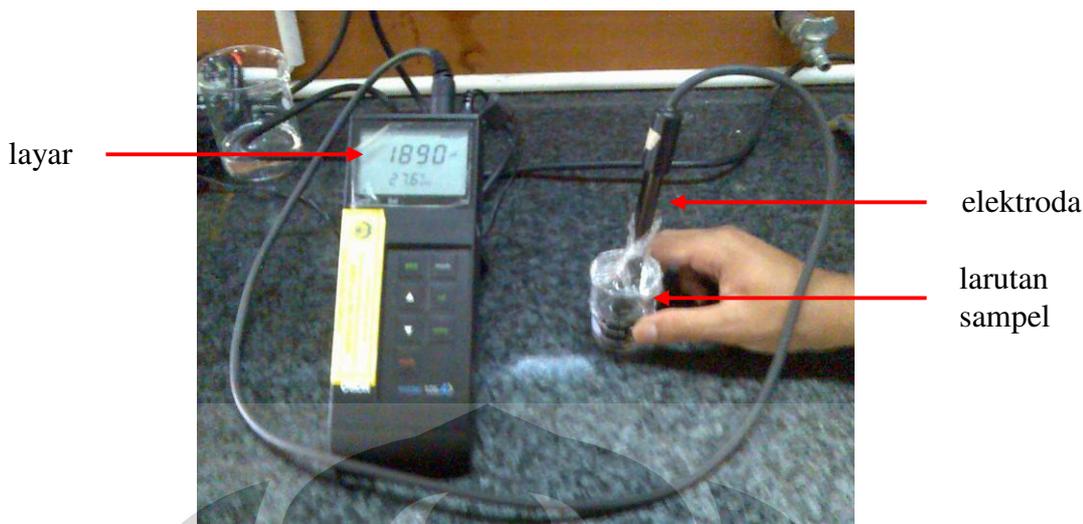
Proses kalibrasi menentukan konstanta sel dengan metode penyesuaian:

1. Menghilangkan pengaruh suhu dengan memasuki mode SETUP, menurunkan koefisien temperatur (S-1) hingga 0 dan menekan tombol YES. Selanjutnya adalah menekan tombol MODE untuk kembali ke pengukuran.

2. Memulai kalibrasi dengan menekan tombol CAL. Indikator “CALIBRATE” dan konstanta sel terakhir akan muncul di layar.
3. Memasukkan sel konduktivitas ke dalam larutan standar dan dilakukan secara perlahan untuk menghilangkan gelembung udara.
4. Memasukkan konstanta sel yang ada pada kabel atau menghitung konstanta sel dari sel yang digunakan. Tombol ▲ dan ▼ digunakan untuk menggerakkan titik desimal, kemudian menekan tombol YES untuk menerima penempatan desimal. Memasukkan nilai konstanta sel dengan mengubah tiap digit menggunakan tombol ▲ dan ▼, kemudian menekan tombol YES untuk menerima nilai yang diperlukan. Pengukuran secara otomatis akan kembali ke mode pengukuran.
5. Membandingkan nilai yang ditampilkan dari standar dengan nilai spesifiknya pada temperatur standar.
6. Jika nilai standar yang benar tidak ditampilkan maka dihitung faktor penambahan konstanta sel (Q) menggunakan persamaan berikut:
$$Q = \text{nilai standar} / \text{nilai yang ditampilkan}$$
Kemudian mengalikan konstanta sel semula dengan Q untuk mendapatkan konstanta sel yang baru.
7. Mengulang langkah 2 sampai 6 hingga mendapatkan akurasi kalibrasi yang diinginkan.
8. Saat mendapatkan konstanta sel yang tepat, pengaruh temperatur dapat diaktifkan kembali dengan mengubah koefisien temperatur pada mode SETUP (lihat langkah 6).

3.4.8 Pengukuran Konduktivitas

Membersihkan sel dengan kompresor dan air distilat. Selanjutnya memasukkan sel konduktivitas secara perlahan ke dalam sampel yang diukur agar tidak terjadi gelembung dan hingga *probe* konduktometranya tercelup seluruhnya. Nilai yang ada di layar merupakan harga konduktivitasnya.



Gambar 3.4 Konduktometer

3.4.9 Prosedur Pencucian Alat Magnetisasi Sistem Sirkulasi

1. Tuang HCl 0,1 M sebanyak 500 ml kedalam reservoir.
2. Sirkulasikan dengan laju alir 15,46 ml/detik selama 15 menit.
3. Buang HCl hasil pembersihan.
4. Ganti larutan dengan air aquades dan sirkulasi kembali dengan laju alir 15.46 ml/detik selama 10 menit.
5. Buang air aquades.

3.4.10 Prosedur Pengujian Konduktivitas Untuk Uji Presipitasi CaCO_3

1. Setting alat magnetisasi:
 - a. Jumlah magnet: 7 pasang untuk treatment magnetisasi dan 0 untuk non-magnetisasi.
 - b. Laju alir: skala 9 (22,22 ml/detik)
2. Preparasi sampel larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) 0,01 M.
3. Tuang larutan sampel sebanyak 120 ml ke dalam reservoir.
4. Nyalakan pompa dan sirkulasikan selama 30 menit.
5. Setelah sirkulasi selesai, ukur konduktivitas larutan setiap 10 menit selama 2 jam.
6. Untuk sampel non-magnetisasi, dilakukan prosedur yang sama tanpa dimagnetisasi.

7. Diulangi prosedur yang sama dengan variasi volume sampel yang disirkulasi, yaitu 40 ml.

3.4.11 Prosedur Pengujian Presipitasi CaCO₃ Dengan Metode Titration Kompleksometri EDTA

1. Setting alat magnetisasi:
 - a. Jumlah magnet: 7 pasang untuk treatment magnetisasi dan 0 untuk non-magnetisasi.
 - b. Laju alir: skala 9 (22,22 ml/detik)
2. Preparasi sampel larutan natrium karbonat (Na₂CO₃) 0,01 M.
3. Tuang larutan sampel sebanyak 120 ml ke dalam reservoir.
4. Nyalakan pompa dan sirkulasikan selama 30 menit.
5. Preparasi sampel larutan kalsium klorida (CaCl₂) 0,01 M dalam 4 tabung presipitasi (masing-masing 10 ml).
6. Setelah sirkulasi selesai, tuang larutan natrium karbonat ke dalam gelas beaker 250 ml dan dipipet 10 ml larutan sampel natrium karbonat ke dalam 4 tabung presipitasi yang sudah berisi larutan kalsium klorida (CaCl₂) 0,01 M.
7. Setelah tercapai tiap waktu presipitasi (10, 30, 60, 120 menit), larutan dalam tabung presipitasi dituang ke dalam erlenmeyer 250 ml, lalu titrasi dengan larutan EDTA 0,1 M.
8. Untuk sampel non-magnetisasi, dilakukan prosedur yang sama tanpa dimagnetisasi.
9. Diulangi prosedur yang sama dengan variasi volume sampel yang disirkulasi, yaitu 40 ml.

3.4.12 Prosedur Pengujian Presipitasi CaCO₃ Dengan Pemanasan Suhu 50°C

1. Pipet larutan sampel Na₂CO₃ ke dalam 4 buah tabung reaksi masing-masing 10 mL.
2. Pipet larutan sampel CaCl₂ ke dalam 4 buah tabung reaksi masing-masing 10 mL.
3. Panaskan kedua larutan yang sudah berada di dalam tabung reaksi itu di dalam waterbath hingga suhu larutan mencapai 50°C.

4. Setelah suhu larutan mencapai 50°C , tuang larutan sampel Na_2CO_3 ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan sampel CaCl_2 .
5. Setelah tercapai tiap waktu presipitasi (10, 30, 60, 120 menit), larutan dalam tabung presipitasi dituang ke dalam erlenmeyer 250 ml, lalu titrasi dengan larutan EDTA 0,1 M.

3.4.13 Prosedur Pengujian Konduktivitas

Prosedur pengujian konduktivitas dengan variasi suhu, lama sirkulasi dan laju alir secara rinci akan dijelaskan di bawah ini:

3.4.13.1 Variasi Suhu Larutan

1. Pipet 10 mL larutan sampel Na_2CO_3 ke dalam tabung reaksi lalu ukur konduktansi larutannya.
2. Setelah konduktansi larutan sudah diukur, masukkan tabung reaksi ke dalam *waterbath* dengan suhu 35°C .
3. Setelah mencapai suhu yang ditentukan, keluarkan tabung reaksi dari *waterbath* dan segera ukur konduktansi larutannya.
4. Ulangi prosedur yang sama dengan variasi suhu 40, 45 dan 50°C .

3.4.13.2 Variasi Lama Sirkulasi

1. Setting alat magnetisasi:
 - a. jumlah magnet: 3 pasang untuk *treatment* magnetisasi & 0 untuk non magnet.
 - b. variasi laju alir: 15,46 ml/detik.
2. Preparasi sampel larutan natrium karbonat.
3. Tuang larutan sampel sebanyak 120 ml ke dalam reservoir.
4. Nyalakan pompa dan sirkulasi (variasikan 10, 20 dan 30 menit).
5. Setelah sirkulasi selesai, ukur konduktansi larutan sampel setiap rentang waktu 10 menit selama 1 jam.

3.4.13.3 Variasi Laju Alir

1. Setting alat magnetisasi:
 - a. jumlah magnet: 3 pasang untuk *treatment* magnetisasi & 0 untuk non magnet.

- b. variasi laju alir: 7,28, 15,46 dan 22,22 ml/detik.
2. Preparasi sampel larutan natrium karbonat.
3. Tuang larutan sampel sebanyak 120 ml ke dalam reservoir.
4. Nyalakan pompa dan sirkulasikan selama 30 menit.
5. Setelah sirkulasi selesai, ukur konduktansi larutan sampel setiap rentang waktu 10 menit selama 1 jam.

3.5 PROSEDUR ANALISIS

Prosedur saat melakukan analisis presipitasi CaCO₃ dengan metode titrasi kompleksometri EDTA akan dijelaskan sebagai berikut:

3.5.1 Standarisasi Larutan EDTA

Dalam metode ini, larutan EDTA 0,1 M harus distandarisasi untuk mengetahui konsentrasi konsentrasi dari EDTA saat akan digunakan untuk pengukuran sampel larutan percobaan. Prosedur standarisasi dilakukan sebagai berikut:

1. Pipet 20 mL larutan standar CaCO₃ ke dalam erlenmeyer 250 mL.
2. Ditambahkan 2 mL larutan buffer pH 10.
3. Ditambahkan 2-3 tetes indikator EBT.
4. Dititrasi dengan titran EDTA 0,1 M.

3.5.2 Analisis Sampel Larutan

1. 20 mL larutan sampel dituang ke dalam erlenmeyer 250 mL.
2. Ditambahkan 2 mL larutan buffer pH 10 dan 2-3 tetes indikator EBT sehingga larutan menjadi berwarna merah keunguan.
3. Dicatat volume awal titran EDTA 0,1 M di buret, lalu titrasi perlahan-lahan sampai diperoleh perubahan warna larutan menjadi biru, kemudian titrasi dihentikan.
4. Dicatat volume akhir titrasi (volume larutan EDTA).
5. Prosedur ini dilakukan pada sampel magnetisasi dan non magnetisasi.

3.6 PENGOLAHAN DATA

3.6.1 Standarisasi EDTA 0,01 M

$$[\text{EDTA}] = \left(\frac{m \text{ CaCO}_3}{\text{BM CaCO}_3} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ ml/l}}{V \text{ CaCO}_3 \text{ standar}} \right) \times \left(\frac{V \text{ CaCO}_3 \text{ sampel}}{V_{\text{EDTA}} \text{ standarisasi}} \right)$$

Dimana:

- [EDTA] = konsentrasi EDTA yang sebenarnya (mol/l)
 m CaCO_3 = massa CaCO_3 standar yang ditimbang (g)
 BM CaCO_3 = berat molekul CaCO_3 (g/mol)
 V CaCO_3 standar = volume CaCO_3 standar yang dibuat atau volume CaCO_3 induk (ml)
 V CaCO_3 sampel = volume standar yang dititar dengan EDTA (ml)
 V EDTA standarisasi = volume EDTA yang dibutuhkan untuk menitar CaCO_3 standar (ml)

3.6.2 Perhitungan Konsentrasi CaCO_3 Yang Terbentuk Dalam ppm

Rumus ini berlaku pada penentuan CaCO_3 di larutan.

$$\text{ppm CaCO}_3 = \frac{[\text{EDTA}] \times V_{\text{EDTA}} \times \text{BM CaCO}_3 \times \left(1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}} \right)}{V \text{ CaCl}_2}$$

Dimana:

- ppm CaCO_3 = konsentrasi CaCO_3 yang terbentuk pada proses presipitasi (mg/l)
 [EDTA] = konsentrasi EDTA yang telah distandarisasi (mol/l)
 V EDTA = volume EDTA yang dibutuhkan untuk menitar larutan sampel (ml)
 BM CaCO_3 = berat molekul CaCO_3 (g/mol)
 V CaCl_2 = volume CaCl_2 yang ditambahkan (ml)

Untuk menentukan presentase presipitasinya, maka digunakan persamaan:

$$\% \text{ presipitasi} = \left[\frac{(\text{ppm CaCO}_3)_{\text{awal}} - (\text{ppm CaCO}_3)_{\text{akhir}}}{(\text{ppm CaCO}_3)_{\text{awal}}} \right] \times 100\%$$

BAB IV

PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengaruh sirkulasi, suhu dan medan magnet terhadap konduktivitas larutan Na_2CO_3 dan presipitasi CaCO_3 berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan sesuai dengan prosedur pada metodologi penelitian. Data-data hasil percobaan yang mencakup data konduktivitas, data hasil titrasi dan contoh perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A, B, C, D.

4.1 KONDUKTIVITAS Na_2CO_3 DAN PENGUJIAN PRESIPITASI CaCO_3

Pengukuran konduktivitas dilakukan terhadap larutan Na_2CO_3 0,01 M yang disirkulasi dengan magnet maupun tanpa magnet, dan dengan variasi volume sampel yang disirkulasi yaitu 120 ml dan 40 ml. Setiap sirkulasi dilakukan selama 30 menit dengan laju alir skala 9 (22,22 ml/detik).

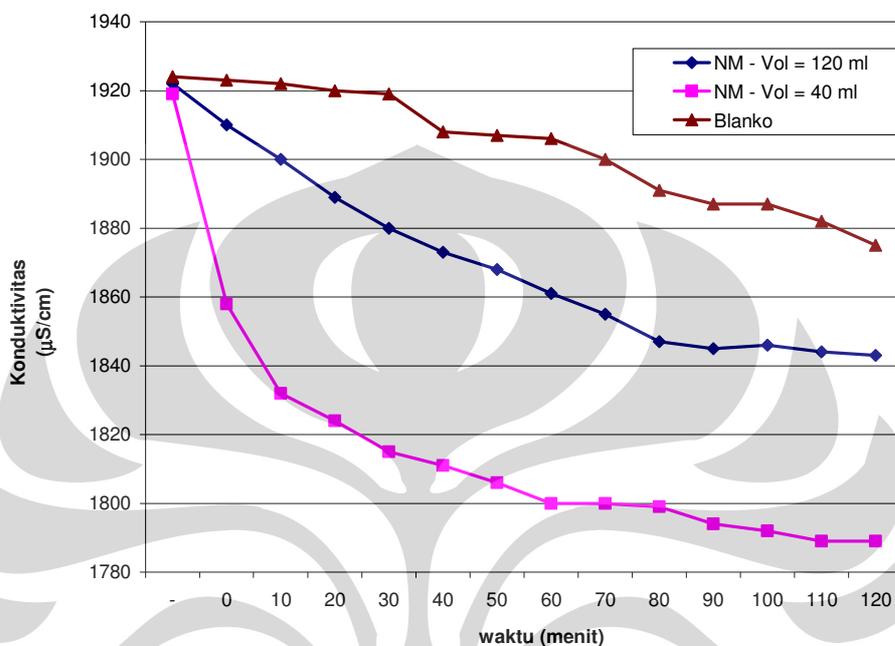
Untuk mengetahui hubungan antara konduktivitas larutan Na_2CO_3 dan presipitasi CaCO_3 , maka dilakukan pengujian presipitasi CaCO_3 dengan mengukur kadar Ca^{2+} di larutan campuran ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2$) menggunakan metode titrasi kompleksometri EDTA. Sistem percobaan yang dilakukan adalah mensirkulasi larutan Na_2CO_3 , setelah itu dicampur dengan larutan CaCl_2 yang tidak disirkulasi. Presipitasi CaCO_3 dapat diartikan sebagai presipitasi yang terjadi pada fasa larutan di dalam suatu campuran larutan Na_2CO_3 dan CaCl_2 . Persentase presipitasi total CaCO_3 dapat ditentukan dengan mengurangi hasil analisis Ca^{2+} sebelum waktu presipitasi dengan kandungan Ca^{2+} yang dianalisis (waktu presipitasi: 10, 30, 60, 120 menit).

4.1.1 Sirkulasi Non-Magnetisasi

Sirkulasi dilakukan tanpa menggunakan medan magnet. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh sirkulasi terhadap nilai konduktivitas larutan. Nilai

konduktivitas larutan yang disirkulasi kemudian dibandingkan dengan nilai konduktivitas larutan yang tidak disirkulasi (blanko).

Gambar 4.1 berikut ini menggambarkan perubahan konduktivitas larutan Na_2CO_3 sebelum dan sesudah sirkulasi.



Gambar 4.1 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M setelah sirkulasi non-magnetisasi.

Dari Gambar 4.1 di atas dapat dilihat bahwa konduktivitas larutan Na_2CO_3 cenderung turun sepanjang waktu pengamatan, baik untuk yang tidak disirkulasi (blanko) maupun untuk yang disirkulasi. Penurunan konduktivitas tersebut dapat disebabkan oleh proses pengambilan data yang dilakukan. Pengambilan data konduktivitas pada percobaan ini dilakukan setiap 10 menit dengan cara mencelupkan elektroda konduktometer hingga dicapai nilai konduktivitas larutan yang stabil, kemudian elektroda dikeluarkan lagi dan dicuci dengan aquadest. Metode ini dapat menyebabkan perubahan nilai konduktivitas bahkan pada larutan yang tidak disirkulasi sekalipun. Karena pencelupan elektroda dan proses pencucian yang berulang-ulang, maka banyak ion di dalam larutan yang kemudian menempel pada elektroda ikut keluar dari larutan dan tercuci, sehingga jumlah ion di dalam larutan menjadi berkurang dari kondisi awalnya. Peristiwa ini

menyebabkan jumlah ion berkurang dan turunnya nilai konduktivitas larutan sepanjang waktu pengamatan.

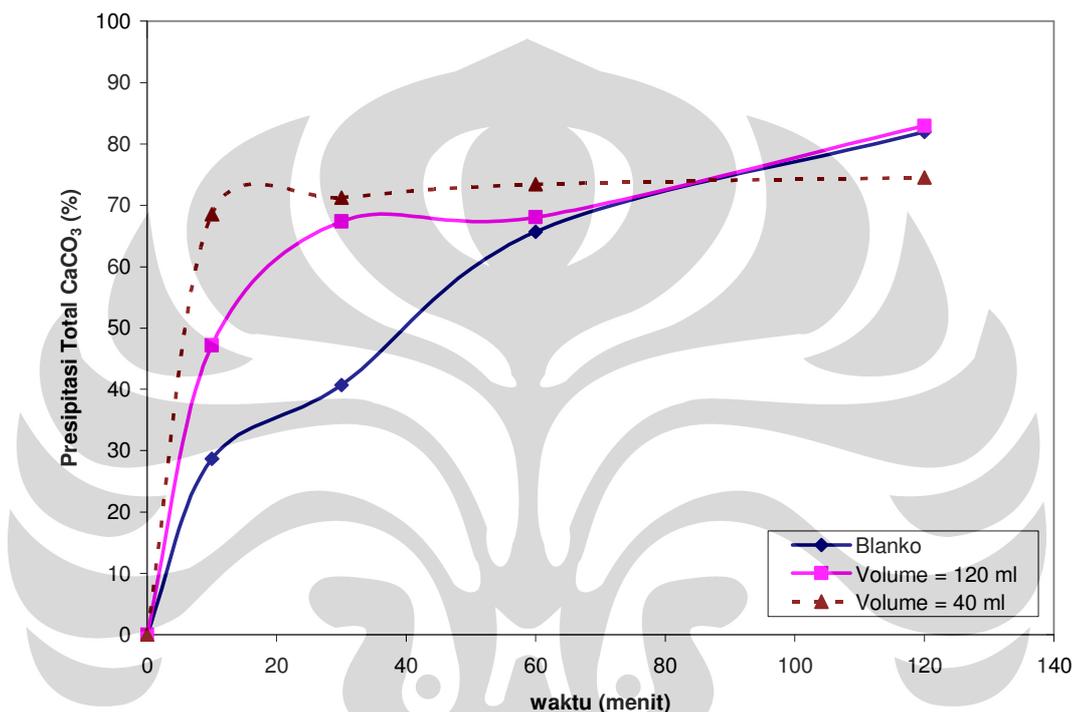
Pada larutan yang disirkulasi, dianggap tidak terjadi perubahan suhu larutan, sehingga tidak mempengaruhi interaksi elektrostatis pada ion hidrat maupun ikatan hidrogen pada *cluster* air bulk. Untuk larutan yang disirkulasi, peristiwa yang terjadi adalah semakin banyaknya tumbukan antara sesama ion Na^{2+} dan CO_3^{2-} dan antara ion dengan molekul air (H_2O). Setiap ion memiliki kulit dari molekul air yang mengelilinginya, yang disebut dengan hidrat ion. Dengan semakin banyaknya tumbukan dengan molekul-molekul air yang lain, maka hidrat ion tersebut akan semakin banyak mengikat molekul air. Bertambahnya jumlah molekul air yang terikat pada ion akan menyebabkan diameter ion hidrat bertambah dan mobilitas ion berkurang. Hal ini menyebabkan nilai konduktivitas larutan yang disirkulasi menjadi lebih rendah daripada nilai konduktivitas larutan yang tidak disirkulasi.

Dari Gambar 4.1 juga terlihat bahwa konduktivitas larutan Na_2CO_3 yang disirkulasi dengan volume 40 ml lebih rendah daripada yang disirkulasi dengan volume 120 ml, dan perbedaannya cukup signifikan. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan volume sampel yang disirkulasi. Volume yang sedikit akan membuat larutan sampel lebih sering tersirkulasi, karena waktu tinggalnya relatif kecil. Dengan semakin sering tersirkulasi, maka akan terjadi semakin banyak tumbukan antara sesama ion Na^{2+} dan CO_3^{2-} dan antara ion dengan molekul air (H_2O), bahkan lebih banyak daripada yang disirkulasi dengan volume 120 ml. Dengan semakin banyaknya tumbukan dengan molekul-molekul air, hidrat ion akan semakin banyak mengikat molekul air, yang menyebabkan ukurannya bertambah dan mobilitas ion berkurang. Hal ini menyebabkan nilai konduktivitas larutan menjadi lebih rendah daripada nilai konduktivitas larutan yang disirkulasi dengan volume 120 ml.

Dari Gambar 4.2 di bawah dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan persentase presipitasi total CaCO_3 untuk larutan Na_2CO_3 yang disirkulasi maupun yang tidak disirkulasi (blanko). Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa presipitasi

merupakan fungsi dari waktu, dimana sepanjang waktu presipitasi bertambah, maka persentase presipitasi yang terbentuk juga semakin meningkat.

Masuknya beberapa molekul air bebas dalam struktur air hidrat akibat sirkulasi akan memperlemah ikatan elektrostatis antara ion dengan molekul hidrat secara keseluruhan. Hal ini menyebabkan ion hidrat yang terbentuk menjadi mudah terpresipitasi.



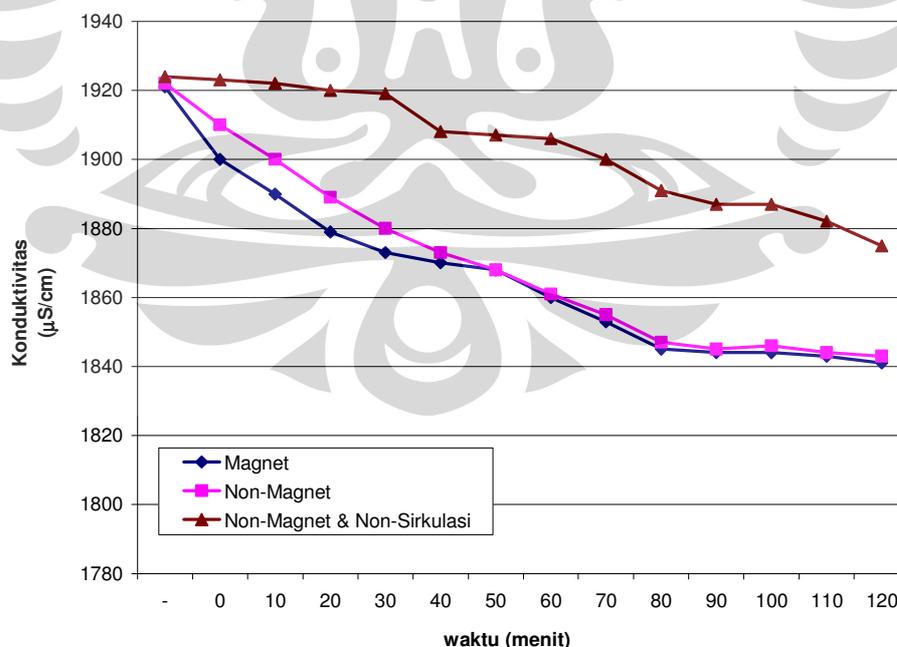
Gambar 4.2 Persentase presipitasi total CaCO_3 setelah sirkulasi non-magnetisasi dengan waktu presipitasi hingga 120 menit.

Pada 10 sampai 30 menit waktu presipitasi, peningkatan presipitasi sangat tajam (volume 120 ml: 47,18-67,35%; volume 40 ml: 68,51-71,27%), yang berarti laju pembentukan partikel CaCO_3 sangat cepat pada menit-menit awal. Kemudian pada menit ke-60 (volume 120 ml: 68,07%; volume 40 ml: 73,44%) laju reaksi sudah mulai melambat yang ditandai dengan landainya garis pada grafik. Peristiwa ini terjadi karena pada awal reaksi terjadi proses nukleasi yang berjalan sangat cepat. Ketika inti sudah terbentuk, proses selanjutnya adalah pembentukan dan pertumbuhan kristal. Pada tahapan ini presipitasi berjalan lambat, seperti ditunjukkan pada menit ke-60 sampai 120.

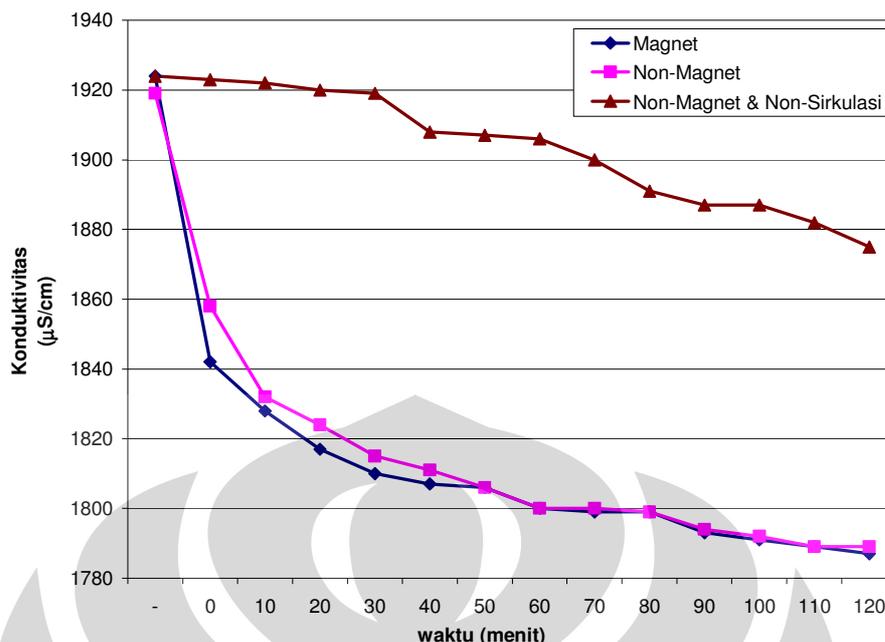
Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa konduktivitas larutan Na_2CO_3 yang disirkulasi lebih rendah daripada larutan Na_2CO_3 yang tidak disirkulasi (blanko). Diduga sirkulasi menyebabkan semakin banyak molekul air yang terikat pada hidrat ion CO_3^{2-} , namun kekuatan hidrat ion tersebut menjadi lebih lemah karena semakin tebalnya molekul air yang diikat. Pada saat presipitasi, yaitu pencampuran larutan Na_2CO_3 dengan CaCl_2 , hidrat ion yang tebal tersebut menjadi terganggu dan molekul-molekul air terlepas kembali. Dengan lepasnya molekul air tersebut, hidrat ion CO_3^{2-} menjadi tipis kembali dan memudahkan terjadinya ikatan dengan ion Ca^{2+} , sehingga semakin mudah pula terbentuk nukleat CaCO_3 , seperti terlihat pada Gambar 4.2. Penyebab lain yang mungkin terjadi adalah rusaknya *cluster* air akibat sirkulasi. Untuk larutan Na_2CO_3 yang tidak disirkulasi, tidak terjadi pengikatan molekul air pada hidrat ion sebanyak yang terjadi pada larutan yang disirkulasi. Hal ini menyebabkan hidrat ion menjadi lebih stabil dan proses nukleasi menjadi lebih sulit terjadi.

4.1.2 Sirkulasi Dengan Variasi Magnet dan Volume Sampel Larutan

Sirkulasi larutan Na_2CO_3 dilakukan baik dengan menggunakan medan magnet maupun tanpa medan magnet, dan dengan variasi volume sampel larutan.



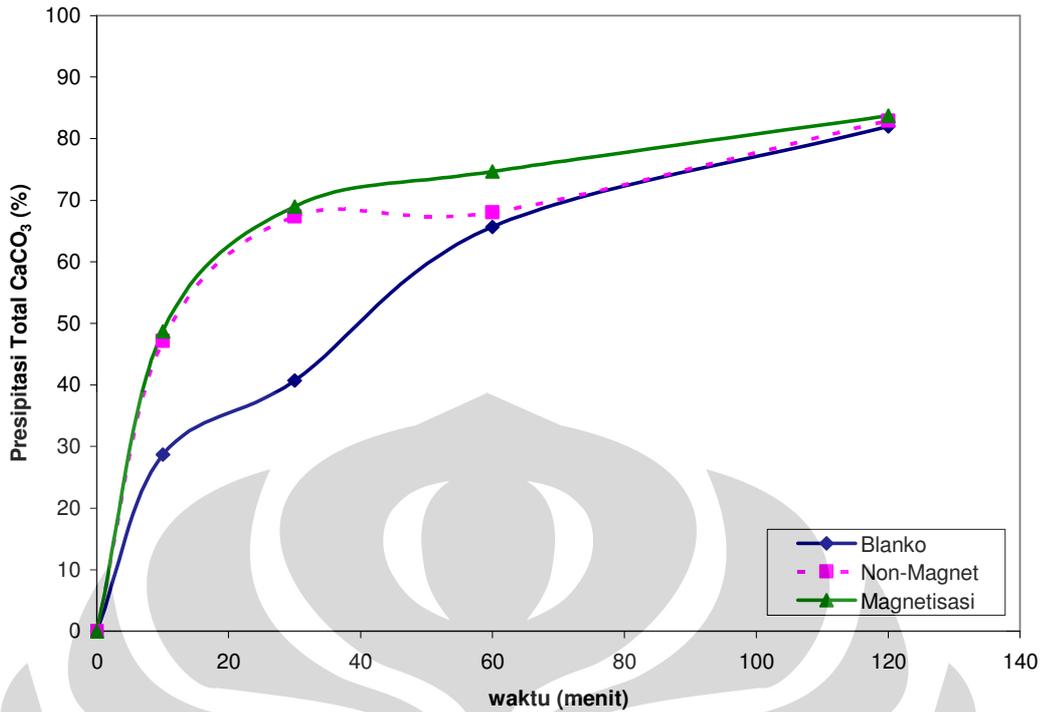
Gambar 4.3 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M setelah sirkulasi dengan volume sampel larutan 120 ml.



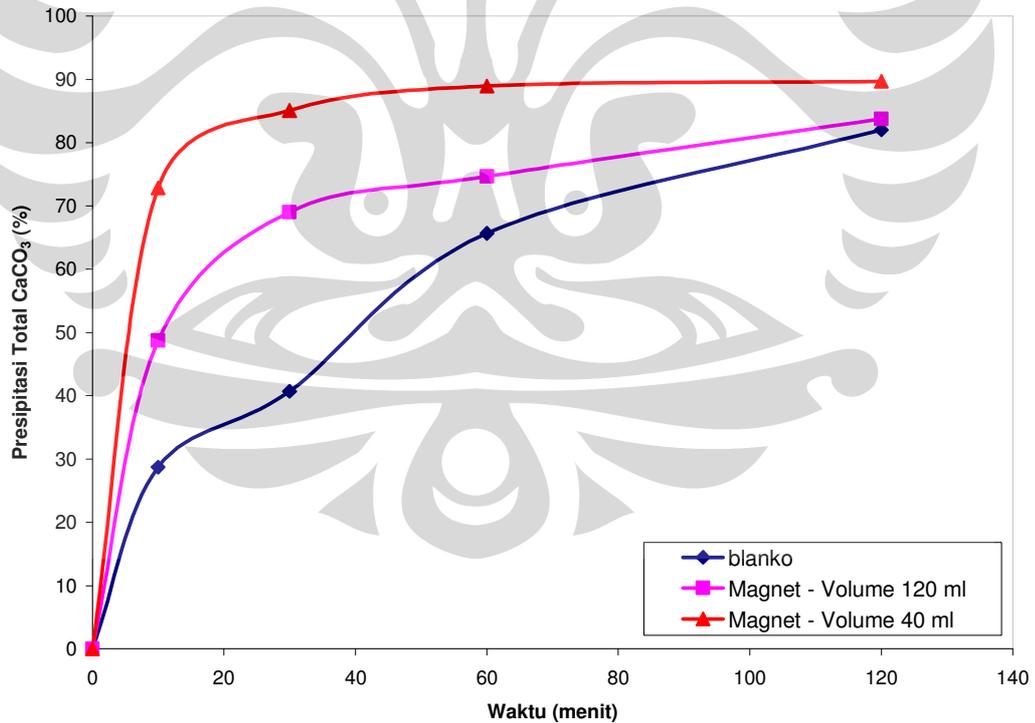
Gambar 4.4 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M setelah sirkulasi dengan volume sampel larutan 40 ml.

Pada Gambar 4.3 dan 4.4 dapat dilihat perbandingan perubahan nilai konduktivitas larutan Na_2CO_3 setelah sirkulasi untuk masing-masing kondisi. Untuk variasi magnet, terlihat bahwa konduktivitas larutan Na_2CO_3 yang disirkulasi dengan magnet lebih rendah daripada yang disirkulasi tanpa medan magnet. Hal tersebut terjadi, baik untuk sirkulasi dengan volume sampel 120 ml maupun 40 ml. Dalam proses magnetisasi, ikatan hidrogen pada *cluster* air melemah, sehingga diduga hidrat ion CO_3^{2-} dapat mengikat lebih banyak molekul air dari *cluster* air, sehingga ukuran partikel menjadi lebih besar. Ukuran yang lebih besar menyebabkan mobilitas ion menjadi berkurang, sehingga nilai konduktivitas menjadi lebih kecil. Efek magnetisasi ini terlihat hingga 50 menit setelah magnetisasi. Hal ini dapat disebut dengan *memory effect*. Setelah 50 menit, *memory effect* mulai menghilang dan konduktivitas larutan yang dimagnetisasi dengan yang tidak dimagnetisasi mulai berada pada nilai yang hampir sama.

Efek medan magnet terhadap sirkulasi dinamis yaitu lebih mendestabilisasi interaksi elektrostatis pada ion hidrat melalui peningkatan jumlah molekul air yang terbentuk pada hidrat ion. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan harga konduktivitas yang lebih rendah dibanding sampel non-magnet.



Gambar 4.5 Persentase presipitasi total CaCO_3 setelah sirkulasi dengan volume sampel 120 ml dan waktu presipitasi hingga 120 menit.



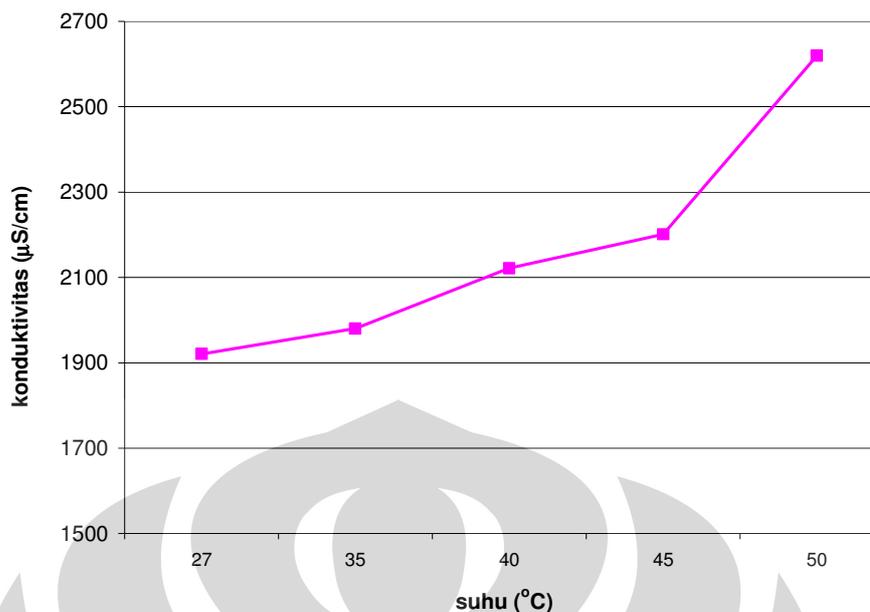
Gambar 4.6 Persentase presipitasi total CaCO_3 setelah sirkulasi dengan volume sampel 120 ml dan 40 ml, menggunakan medan magnet, dengan waktu presipitasi hingga 120 menit.

Pada gambar 4.5 terlihat bahwa medan magnet dapat meningkatkan persentase presipitasi CaCO_3 . Hasil ini mendukung hasil pengukuran konduktivitas yang terlihat pada Gambar 4.3. Medan magnet akan melemahkan ikatan hidrogen ada *cluster* air, dan membuat hidrat ion CO_3^{2-} mengikat lebih banyak molekul air sehingga konduktivitasnya turun. Penjelasan adalah air yang mempunyai tendensi untuk membentuk suatu *cluster* $(\text{H}_2\text{O})_n$ dengan $20 < n < 200$. *Cluster* tersebut terjadi karena adanya ikatan hidrogen yang mengikat molekul H_2O secara bersama-sama. *Cluster* tersebut membentuk struktur seperti kurungan diantara ion dan partikel lainnya dan menyebabkan mobilitas ion berkurang. Terjadinya *cluster* ini dapat menghambat terjadinya proses nukleasi CaCO_3 . Ketika *cluster* air tersebut melemah dan terputus karena medan magnet maka akan didapatkan peningkatan pembentukan nukleat CaCO_3 [16]. Namun, tampak pada Gambar 4.5 bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada persentase presipitasi antara sampel yang dimagnetisasi dengan sampel yang tidak dimagnetisasi. Hal ini sesuai dengan hasil absorbansi yang didapatkan oleh Chibowski [11] seperti terlihat pada Gambar 2.13.

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa peningkatan persentase presipitasi untuk sirkulasi magnetisasi larutan sampel 40 ml lebih besar daripada larutan sampel 120 ml. Pada 10 menit pertama, persentase presipitasi untuk larutan volume 120 ml: 48,73%; dan volume 40 ml: 72,84%. Dengan waktu sirkulasi yang sama, larutan dengan volume yang lebih sedikit jika disirkulasi akan memiliki jumlah *pass* per waktu sirkulasi yang lebih banyak sehingga akan lebih sering terkena pengaruh dari medan magnet. Medan magnet yang sering terpapar pada larutan akan semakin melemahkan ikatan hidrogen dari *cluster* air. Karena *cluster* air tersebut terputus karena medan magnet, maka pencampuran larutan Na_2CO_3 dengan larutan CaCl_2 akan menghasilkan peningkatan pembentukan nukleat CaCO_3 .

4.1.3 Variasi Suhu

Larutan sampel Na_2CO_3 0,01 M dimasukkan di dalam tabung reaksi dan dipanaskan di waterbath dengan variasi suhu 35, 40, 45 dan 50°C . Setelah mencapai suhu tersebut, konduktivitas larutan diukur.



Gambar 4.7 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M dengan variasi suhu.

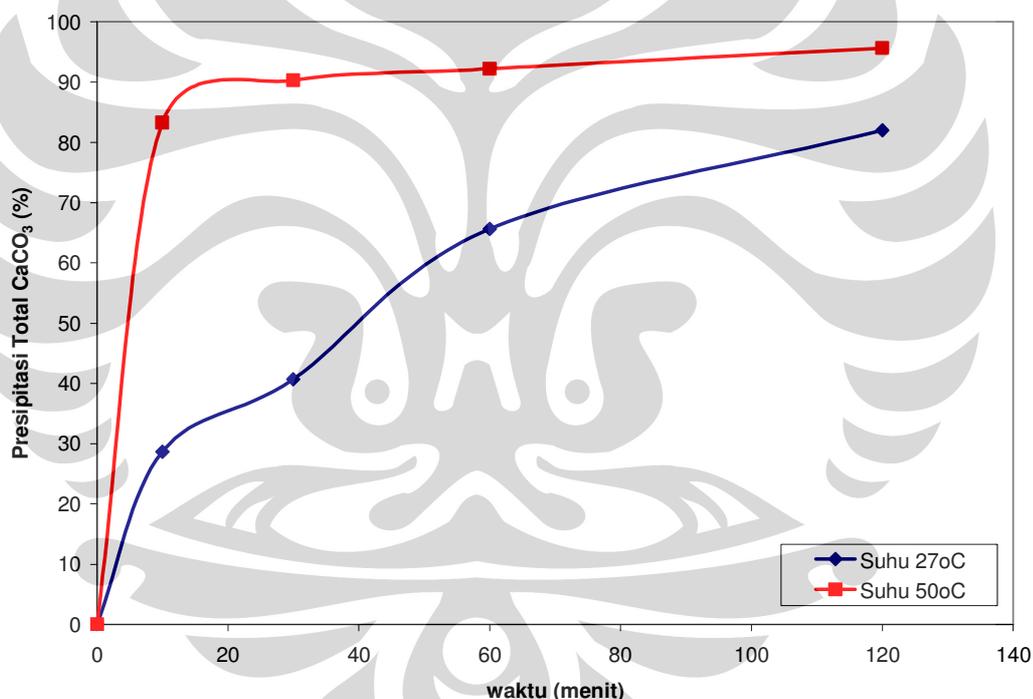
Berdasarkan Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa konduktivitas larutan Na_2CO_3 selalu meningkat dengan kenaikan suhu. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh L.T. Vlaev, diketahui bahwa konduktivitas suatu larutan bergantung kepada suhu dan konsentrasinya [6]. Dikatakan bahwa perubahan pada struktur air yang dipengaruhi oleh variasi suhu, zat terlarut atau tekanan akan menyebabkan perubahan pada konduktivitas air dan larutannya. Pada suhu yang lebih tinggi, larutan memiliki viskositas yang lebih rendah, sehingga mobilitas ion meningkat. Meningkatnya mobilitas ion menyebabkan peningkatan konduktivitas larutan Na_2CO_3 .

Menurut Li, dalam percobaannya, ikatan hidrogen menjadi lemah saat pergerakan termal atom meningkat. Oleh karena itu, dengan naiknya suhu maka struktur air menjadi terputus [7]. Sehingga dapat dikatakan bahwa ukuran rata-rata *cluster* air di dalam larutan Na_2CO_3 menurun seiring meningkatnya suhu, dan mobilitas ion hidrat menjadi semakin mudah.

Kenaikan suhu menyebabkan agitasi termal dari ion dan molekul air meningkat, sehingga akan mempengaruhi interaksi elektrostatis pada hidrat ion dan *cluster* air bulk, sehingga terjadi penurunan diameter ion hidrat karena lepasnya molekul air. Selain itu, ikatan hidrogen pada *cluster* air bulk akan

terputus. Semua itu menyebabkan mobilitas ion dalam larutan meningkat sebagaimana yang ditunjukkan dengan meningkatnya harga konduktivitas larutan.

Pengujian presipitasi dengan pengaruh suhu ini dilakukan dengan sistem statis, dimana larutan sampel Na_2CO_3 dan CaCl_2 sama-sama dipanaskan di dalam tabung reaksi menggunakan waterbath hingga suhu 50°C . Setelah mencapai suhu yang diinginkan, larutan sampel Na_2CO_3 dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan sampel CaCl_2 . Setelah pencampuran, campuran larutan tersebut dibiarkan berada dalam waterbath dengan suhu yang dijaga pada 50°C . Waktu presipitasi dihitung sejak pencampuran kedua larutan sampel tersebut. Selain itu, pengujian presipitasi untuk pembandingan juga dilakukan, tapi tanpa pemanasan, yaitu pada suhu ruangan sekitar 27°C .



Gambar 4.8 Persentase presipitasi total CaCO_3 dengan variasi suhu presipitasi 27°C dan 50°C .

Kenaikan suhu akan mempercepat waktu nukleasi, seperti terlihat pada Gambar 4.8. Pada 10 menit waktu presipitasi, larutan yang dipanaskan dapat mencapai presipitasi sebanyak 83,27%. Setelah itu terjadi kejenuhan hingga tahap pertumbuhan kristal. Pada tahapan ini presipitasi berjalan lambat, seperti

ditunjukkan pada menit ke-30 hingga 120. Pada larutan yang tidak dipanaskan, waktu nukleasi berjalan lambat, terlihat pada menit ke-60 masih terjadi peningkatan nukleasi.

Proses nukleasi yang cepat tersebut disebabkan oleh rusaknya *cluster* air akibat naiknya suhu. Dengan naiknya suhu maka struktur *cluster* air menjadi terputus [7], dan dapat meningkatkan mobilitas ion Ca^{2+} dan ion CO_3^{2-} sehingga mudah bertumbukan atau berinteraksi satu sama lain membentuk partikel CaCO_3 . Hasil uji presipitasi ini mendukung data konduktivitas yang terlihat pada Gambar 4.7 dimana konduktivitas larutan naik seiring kenaikan suhu. Kenaikan konduktivitas larutan disebabkan oleh mobilitas ion hidrat yang semakin mudah akibat terputusnya *cluster* air akibat kenaikan suhu.

4.2 KONDUKTIVITAS

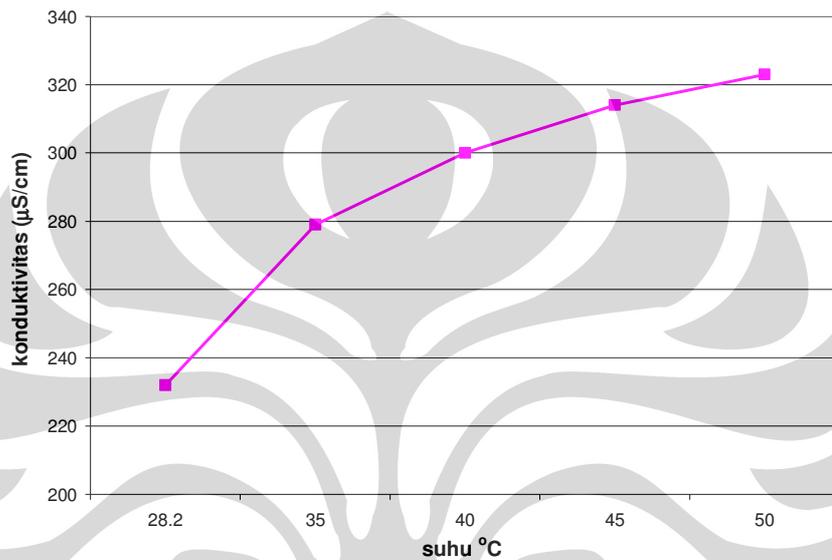
Percobaan mengenai konduktivitas dilakukan untuk beberapa variasi variabel proses, yaitu konsentrasi sampel, suhu sampel, waktu sirkulasi dan laju alir sirkulasi. Percobaan dilakukan untuk mengetahui pengaruh sirkulasi dan suhu terhadap nilai konduktivitas larutan Na_2CO_3 .

4.2.1 Variasi Suhu

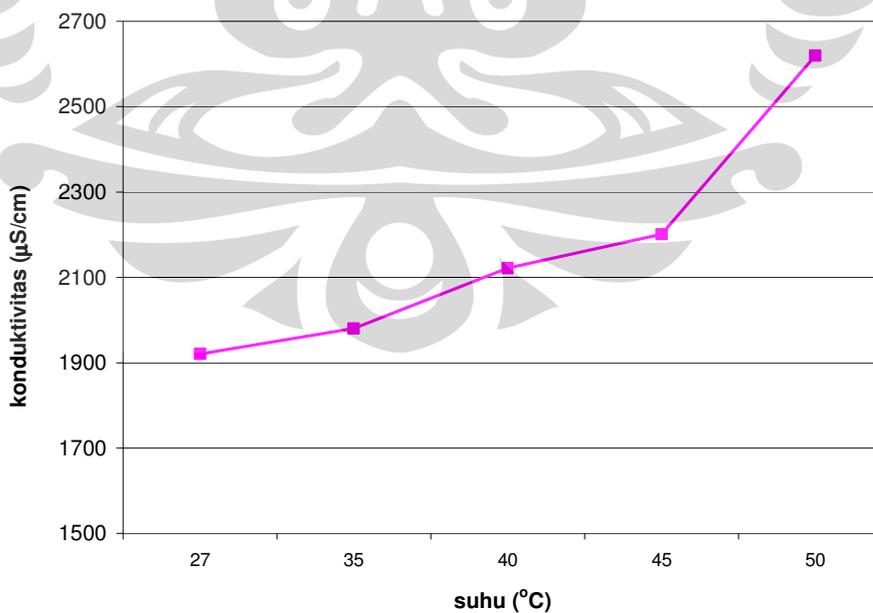
Variasi suhu dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu pada nilai konduktivitas larutan Na_2CO_3 . Suhu yang digunakan adalah suhu ruangan (27°C) hingga 50°C dengan rentang suhu 5°C . Larutan Na_2CO_3 yang digunakan mempunyai variasi konsentrasi yaitu 0,001, 0,01 dan 0,1 M.

Konduktivitas dalam larutan terjadi karena pergerakan ionik dan selalu meningkat seiring dengan kenaikan suhu. Hal ini dipengaruhi oleh sifat ion dan viskositas air. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh L.T. Vlaev, diketahui bahwa konduktivitas suatu larutan bergantung kepada suhu dan konsentrasinya [6]. Pada suhu yang lebih tinggi, larutan memiliki viskositas yang lebih rendah, sehingga mobilitas ion meningkat. Meningkatnya mobilitas ion menyebabkan peningkatan konduktivitas larutan Na_2CO_3 terukur. Begitu pula dengan konsentrasi, semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin tinggi konduktivitas.

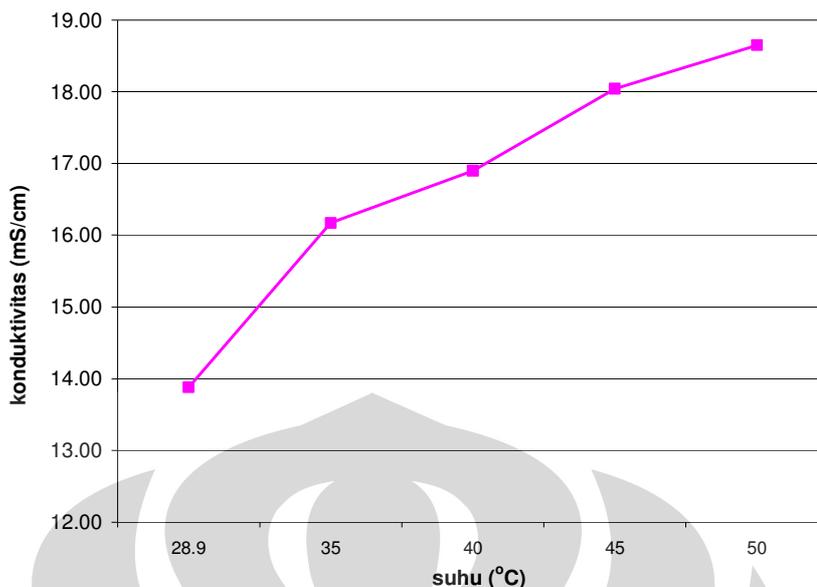
Menurut Li, dalam percobaannya, ikatan hidrogen menjadi lemah saat pergerakan termal atom meningkat. Oleh karena itu, dengan naiknya suhu maka struktur air menjadi terputus [7]. Sehingga dapat dikatakan bahwa ukuran rata-rata *cluster* air di dalam larutan Na_2CO_3 menurun seiring meningkatnya suhu, dan mobilitas ion menjadi semakin mudah. Hasil pengukuran konduktivitas larutan Na_2CO_3 dengan variasi konsentrasi dan suhu dapat dilihat pada Gambar 4.9 – 4.11 di bawah ini.



Gambar 4.9 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,001 M dengan variasi suhu.



Gambar 4.10 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M dengan variasi suhu.



Gambar 4.11 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,1 M dengan variasi suhu.

Dari ketiga gambar diatas, terlihat bahwa peningkatan konsentrasi menyebabkan peningkatan konduktivitas. Pada suhu kamar, untuk konsentrasi 0,001 M, konduktivitasnya sebesar 232 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pada konsentrasi 0,01 M, konduktivitasnya sebesar 1921 $\mu\text{S}/\text{cm}$; dan pada konsentrasi 0,1 M, konduktivitasnya sebesar 13,88 mS/cm. Dan konduktivitas tersebut selalu meningkat seiring naiknya suhu.

Persentase kenaikan konduktivitas untuk ketiga konsentrasi di atas dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini. Persentase kenaikan diambil dari titik paling rendah (27°C) dan titik paling tinggi (50°C).

Tabel 4.1 Persentase Kenaikan Konduktivitas Larutan Na_2CO_3 Dengan Variasi Suhu

Konsentrasi Larutan Sampel	Konduktivitas Pada Suhu:		Persentase Kenaikan (%)	Slope ($\%/\text{C}^\circ$)
	27°C	50°C		
0,001	232 $\mu\text{S}/\text{cm}$	323 $\mu\text{S}/\text{cm}$	39,22	1,71
0,01	1921 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2620 $\mu\text{S}/\text{cm}$	36,39	1,58
0,1	13,88 mS/cm	18,65 mS/cm	34,37	1,49

Berdasarkan teori, persentase kenaikan konduktivitas per derajat Celcius (*slope*) untuk air dengan kemurnian tinggi yaitu $5.2\%/\text{C}^\circ$, air pada umumnya sekitar 1,8 – $2,0\%/\text{C}^\circ$, sedangkan untuk larutan garam konsentrasi tinggi yaitu

sekitar $1,5\%/^\circ\text{C}$. Dapat disimpulkan bahwa semakin murni air, akan semakin tinggi *slope*-nya. Dari tabel di atas diketahui bahwa *slope* untuk larutan sampel konsentrasi $0,001\text{ M}$ sebesar $1,71\%/^\circ\text{C}$. Karena konsentrasinya yang rendah, maka *slope*-nya mendekati *slope* air. Larutan sampel $0,1\text{ M}$ memiliki *slope* $1,49\%/^\circ\text{C}$ yang mendekati *slope* larutan garam konsentrasi tinggi. Larutan sampel $0,01\text{ M}$ memiliki *slope* yang besarnya $1,58\%/^\circ\text{C}$, yang berada di antara $1,49 - 1,71\%/^\circ\text{C}$.

Persentase kenaikan konduktivitas yang lebih tinggi terjadi pada larutan dengan konsentrasi rendah. Pada larutan elektrolit konsentrasi rendah, ikatan antara molekul-molekul air di *cluster* air lebih dominan daripada ikatan hidrat ion dengan molekul air. Kenaikan suhu menyebabkan *cluster* air akan terputus dan mobilitas ion hidrat akan lebih tinggi, yang ditunjukkan dengan kenaikan konduktivitas yang lebih tinggi. *Cluster* air pada air bulk bersifat lebih sensitif terhadap perubahan suhu dibanding *cluster* pada hidrat ion. Persentase kenaikan konduktivitas akan semakin kecil seiring meningkatnya konsentrasi larutan.

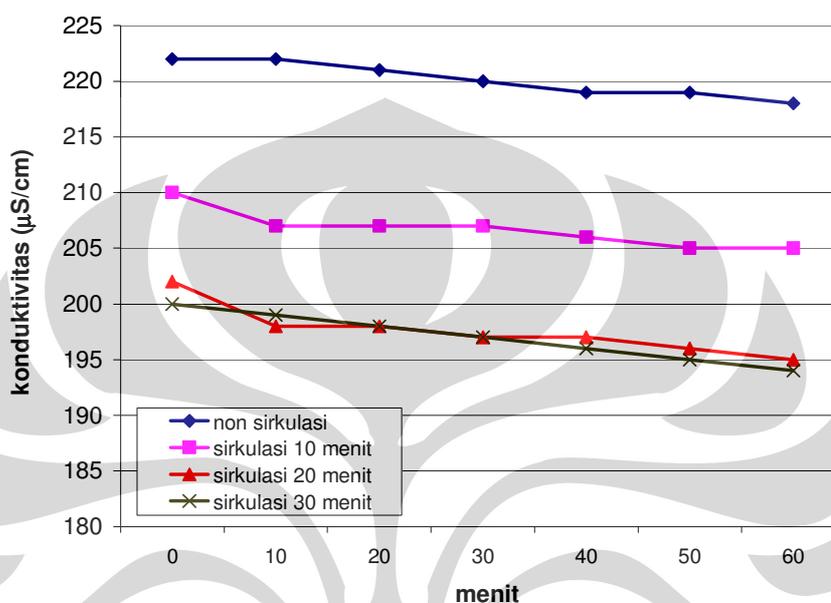
Harga konduktivitas akan meningkat dengan cepat ketika suhu dinaikkan, namun akan turun dengan cepat ketika suhu diturunkan kembali. Hasil pengukuran konduktivitas sebagai fungsi suhu menunjukkan harga konduktivitas akan langsung menurun kembali dengan cepat jika suhu diturunkan. Hal ini menunjukkan pengaruh agitasi termal terhadap interaksi elektrostatis pada ion hidrat bersifat reversibel spontan.

4.2.2 Variasi Waktu Sirkulasi

Variasi waktu sirkulasi bertujuan untuk mengetahui pengaruh sirkulasi dengan waktu yang berbeda terhadap nilai konduktivitas larutan Na_2CO_3 . Waktu sirkulasi yang digunakan adalah 10, 20 dan 30 menit. Semakin lama waktu sirkulasi maka tumbukan antara ion-ion Na^+ dan CO_3^{2-} dengan molekul-molekul air akan semakin lama dan semakin banyak terjadi, dan semakin mudah bagi ion untuk saling berikatan dengan molekul-molekul air tersebut.

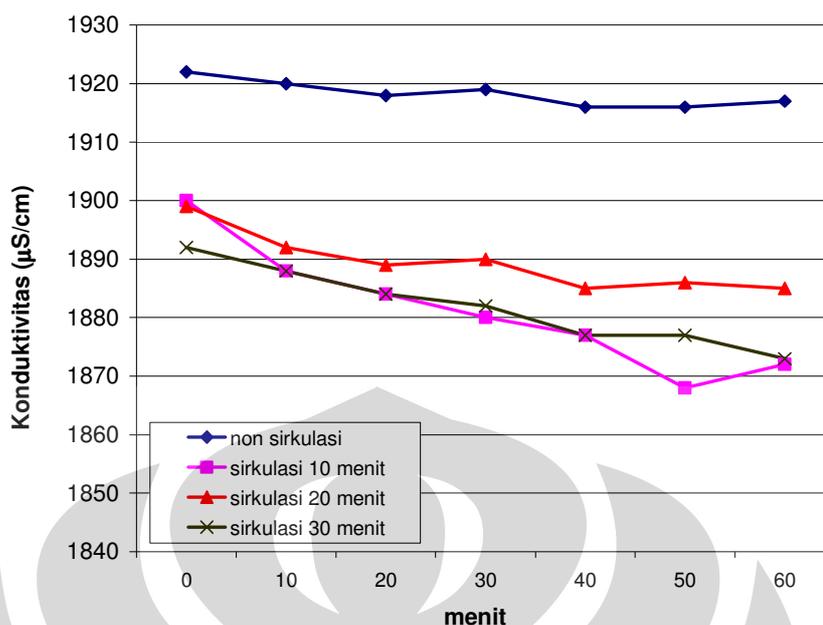
Berdasarkan penelitian Li, diketahui bahwa Na_2CO_3 meningkatkan ukuran rata-rata *cluster* air [7]. Dengan meningkatnya ukuran *cluster* air, maka mobilitas ion menjadi lebih sulit, sehingga konduktivitas menurun. Setelah selesai sirkulasi,

maka tidak ada lagi gangguan terhadap molekul-molekul air, yang akan menyebabkan ikatan antar molekul air menjadi lebih kuat, sehingga *cluster* air menjadi lebih besar. Kemungkinan lain yang mungkin terjadi adalah terjadinya penguatan atau penebalan hidrat pada ion, yang menyebabkan mobilitas berkurang sehingga konduktivitas menurun.



Gambar 4.12 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,001 M dengan variasi waktu sirkulasi.

Dari gambar di atas terlihat bahwa setelah sirkulasi 10, 20 dan 30 menit, terjadi penurunan konduktivitas yang cukup signifikan. Namun setelah sirkulasi 20 dan 30 menit, konduktivitas yang terukur tidak jauh berbeda. Penjelasan yang mungkin adalah bahwa sirkulasi 20 menit sudah cukup untuk membuat semua ion-ion yang ada di dalam larutan mengikat molekul air ke dalam hidratnya, dan membuat hidrat ion menjadi jenuh dengan H_2O . Dengan kata lain, pengaruh perubahan ion hidrat sudah optimum. Setelah 30 menit, hanya sedikit atau tidak ada ion yang mengikat molekul air lagi karena jumlah ion yang sedikit sebagai pengaruh dari rendahnya konsentrasi larutan.

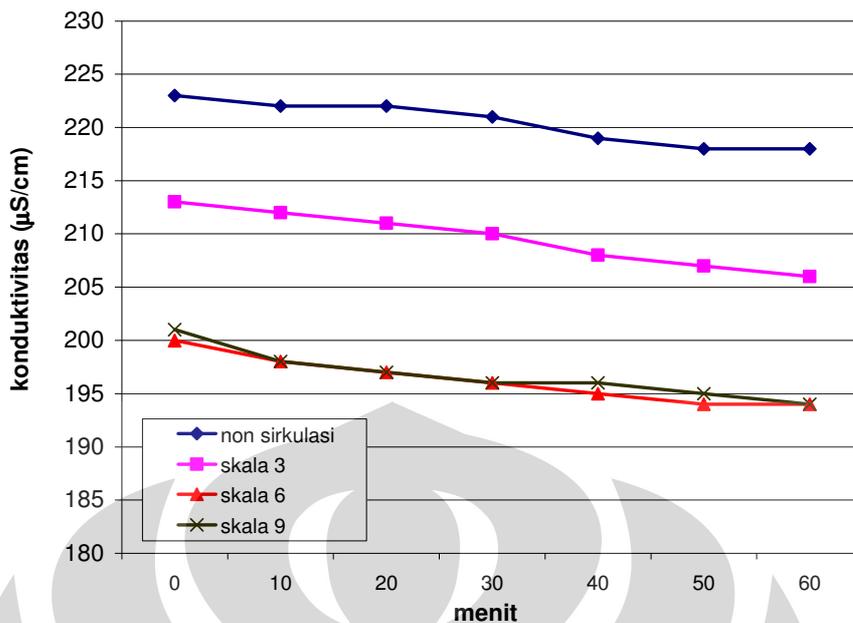


Gambar 4.13 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M dengan variasi waktu sirkulasi.

Pada gambar 4.13 terlihat bahwa konduktivitas larutan sesaat setelah disirkulasi 10, 20 dan 30 menit tampak tidak berpola dan terjadi *overlap*. Penjelasan yang mungkin mengenai kondisi ini adalah pada konsentrasi 0,01 M, waktu sirkulasi tidak akan secara langsung mempengaruhi perubahan konduktivitas.

4.2.3 Variasi Laju Alir

Variasi laju alir sirkulasi bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir pada saat sirkulasi terhadap nilai konduktivitas larutan Na_2CO_3 . Laju alir yang digunakan adalah 7,28 ml/detik (skala 3), 15,46 ml/detik (skala 6) dan 22,22 ml/detik (skala 9). Semakin besar laju alir, maka akan terjadi semakin banyak tumbukan antara ion-ion Na^+ dan CO_3^{2-} dengan molekul-molekul air, dan semakin mudah bagi ion untuk saling berikatan dengan molekul-molekul air tersebut, yang menyebabkan hidrat ion semakin besar.

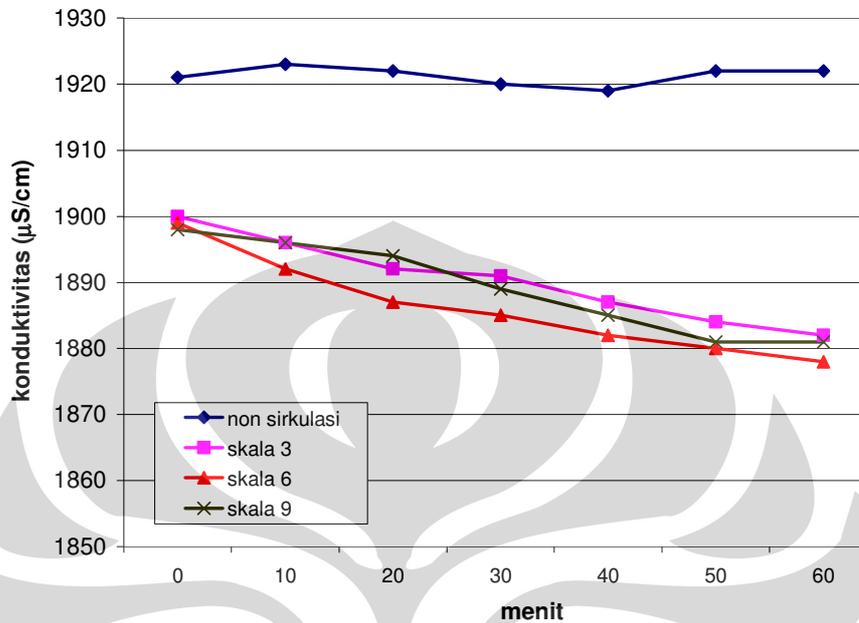


Gambar 4.14 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,001 M dengan variasi laju alir sirkulasi.

Dari gambar 4.14 di atas dapat dilihat bahwa setelah sirkulasi dengan laju alir skala 3, 6 dan 9, terjadi penurunan konduktivitas yang cukup signifikan. Pada konsentrasi rendah, ikatan antar molekul-molekul air di dalam *cluster* air lebih besar daripada ikatan antara hidrat ion dengan molekul air. Sirkulasi dengan laju alir rendah (skala 3) menyebabkan tidak banyak terjadi pemutusan ikatan hidrogen pada molekul-molekul air di *cluster* air, sehingga ion-ion hanya mengikat sedikit molekul air.

Sirkulasi dengan laju alir yang lebih besar yaitu skala 6, membuat lebih banyak terjadi pemutusan ikatan hidrogen pada *cluster* air, dan ion-ion mengikat molekul air lebih banyak ke dalam hidrat ionnya, yang menyebabkan mobilitas ion berkurang dan konduktivitas turun. Namun setelah sirkulasi dengan laju alir skala 9, konduktivitas yang terukur tidak jauh berbeda dengan sirkulasi laju alir skala 6. Penjelasan dari kondisi ini adalah bahwa sirkulasi dengan laju alir skala 6 sudah cukup untuk membuat semua ion-ion yang ada di dalam larutan mengikat molekul air ke dalam hidratnya, dan membuat hidrat ion menjadi jenuh dengan H_2O . Setelah sirkulasi dengan laju alir skala 9, hanya sedikit atau tidak ada ion

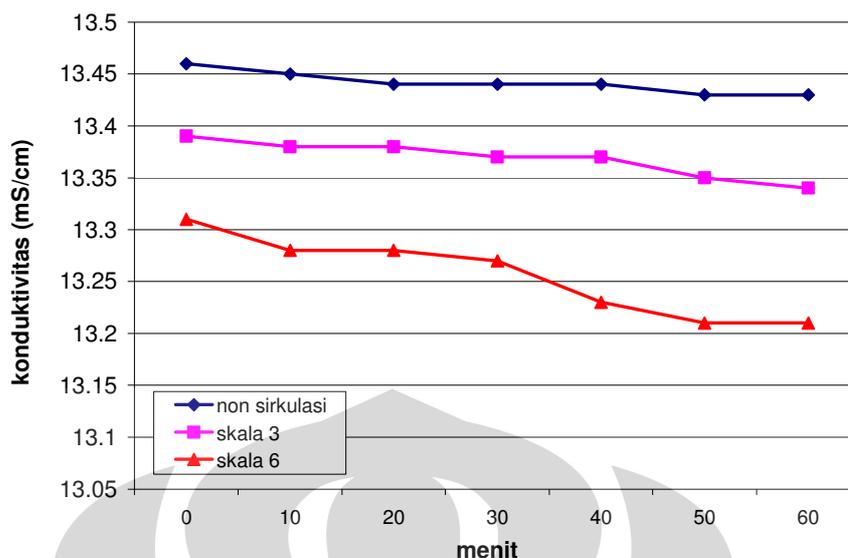
yang mengikat molekul air lagi karena jumlah ion yang sedikit sebagai pengaruh dari rendahnya konsentrasi larutan.



Gambar 4.15 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,01 M dengan variasi laju alir sirkulasi.

Pada gambar 4.15 terlihat bahwa konduktivitas larutan sesaat setelah disirkulasi dengan laju alir skala 3, 6 dan 9, tidak jauh berbeda. Pada saat sirkulasi, *cluster* air terganggu dan terputus, sehingga ion-ion di dalam larutan dapat lebih mudah bertumbukan dan mengikat molekul-molekul air ke dalam hidrat ionnya. Karena mengikat molekul air lebih banyak, maka mobilitasnya menjadi lebih sulit dan konduktivitas menurun.

Nilai konduktivitas larutan yang hampir sama pada ketiga laju alir mungkin terjadi karena pengaruh konsentrasi larutan. Pada sirkulasi larutan Na_2CO_3 konsentrasi 0,01 M, diperkirakan jumlah atau ukuran *cluster* air yang terputus tidak terpengaruh oleh besarnya laju alir. Sehingga pada laju alir kecil maupun besar, *cluster* air bulk yang terputus sama besarnya, dan hidrat ion mengikat molekul-molekul air ke dalam hidratnya dalam jumlah yang sama.



Gambar 4.16 Konduktivitas larutan Na_2CO_3 0,1 M dengan variasi laju alir sirkulasi.

Larutan Na_2CO_3 0,1 M disirkulasi dengan laju alir skala 3 dan 6, kemudian setelah 30 menit, konduktivitasnya diukur. Hasil pengukuran konduktivitasnya dapat dilihat pada Gambar 4.16. Pada konsentrasi tinggi, ikatan antara ion-ion hidrat diduga lebih kuat daripada ikatan antara molekul-molekul air pada *cluster* air. Sehingga walaupun disirkulasi dan struktur *cluster* air terputus, ion-ion hidrat tetap akan berikatan lebih kuat dengan sesama ion hidrat, dan mengikat sedikit molekul air. Karena terikat dengan ion-ion hidrat lainnya, maka mobilitas ion berkurang dan konduktivitas pun menurun.

Setelah sirkulasi dengan laju alir skala 6, konduktivitas larutan mengalami penurunan yang lebih besar dari larutan yang disirkulasi dengan laju alir skala 3. Karena laju alir yang semakin besar, maka tumbukan antara ion hidrat dan molekul air akan semakin banyak. Kemungkinan yang terjadi karena laju alir yang semakin besar adalah ion-ion hidrat berikatan dengan lebih banyak ion-ion hidrat lainnya, atau mengikat molekul air lebih banyak ke dalam hidrat ionnya. Hidrat ion yang semakin besar menyebabkan mobilitas ion menjadi lebih sulit, dan konduktivitas menurun.

Persentase penurunan konduktivitas larutan Na_2CO_3 dengan variasi laju alir dan konsentrasi larutan sampel dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini. Persentase penurunan dihitung dengan mengambil titik awal sesaat setelah

sirkulasi, dan dibandingkan dengan konduktivitas larutan Na_2CO_3 yang tidak disirkulasi (blanko).

Tabel 4.2 Persentase Penurunan Konduktivitas Pada Larutan Na_2CO_3 Dengan Variasi Konsentrasi dan Laju Alir Pada Awal Pengukuran

Skala Laju Alir	Persentase Penurunan Konduktivitas (%) Pada Larutan Na_2CO_3 Dengan Konsentrasi:		
	0,001 M	0,01 M	0,1 M
3	4,48	1,09	0,52
6	10,31	1,15	1,11
9	9,87	1,20	-

Dari tabel di atas, pada konsentrasi 0,01 M, terlihat bahwa persentase penurunan konduktivitas semakin besar seiring meningkatnya laju alir. Terlihat juga bahwa persentase penurunan konduktivitas lebih besar pada larutan Na_2CO_3 konsentrasi rendah, dan lebih kecil pada larutan Na_2CO_3 konsentrasi tinggi. Penjelasan adalah bahwa pada konsentrasi rendah, masih banyak terdapat molekul-molekul air bebas, sehingga lebih banyak yang dapat ditarik oleh ion hidrat. Sebaliknya, pada konsentrasi tinggi, tidak terdapat molekul-molekul air dalam jumlah yang banyak, sehingga ion-ion hidrat hanya dapat menarik sedikit molekul-molekul air.

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh sirkulasi, suhu dan medan magnet terhadap konduktivitas larutan Na_2CO_3 dan presipitasi CaCO_3 yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

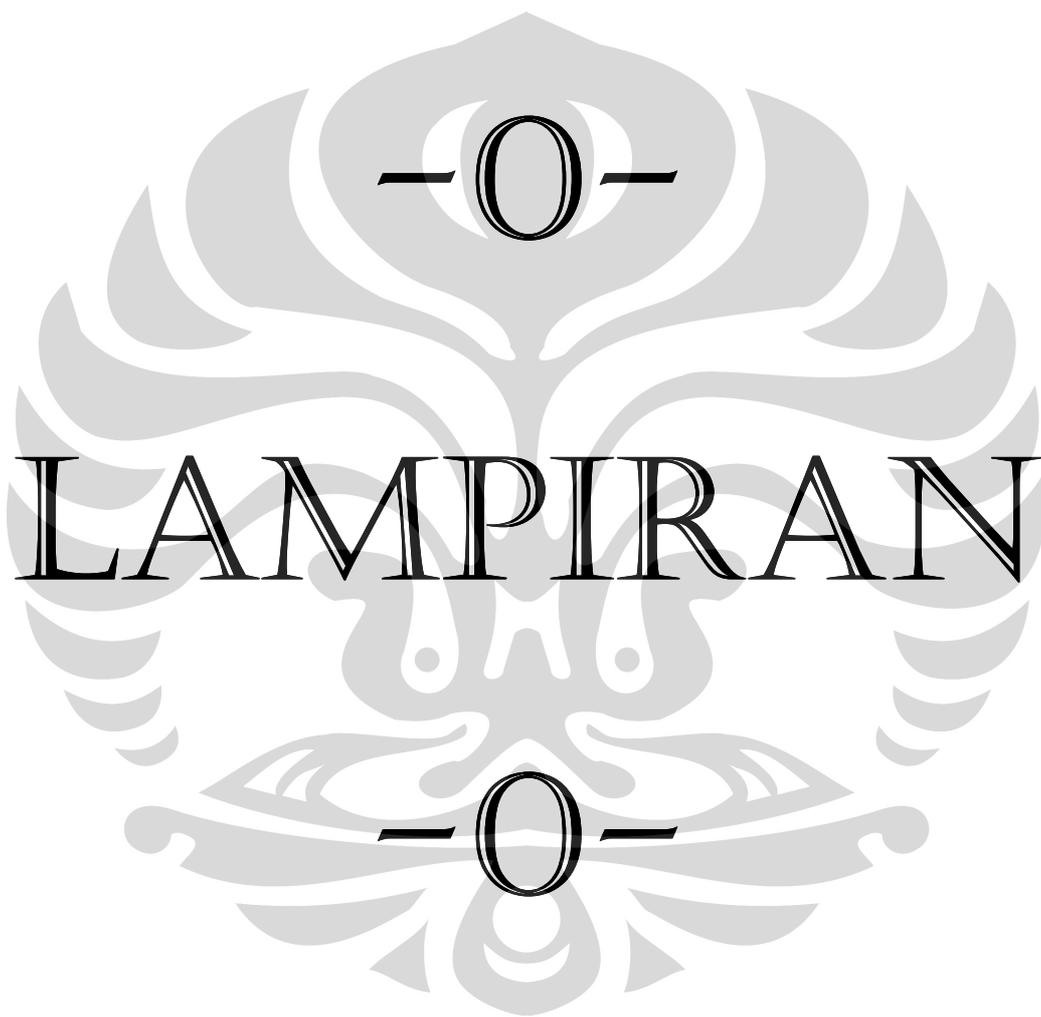
1. Larutan Na_2CO_3 yang disirkulasi memiliki konduktivitas yang lebih rendah daripada larutan yang tidak disirkulasi.
2. Waktu sirkulasi yang semakin lama dan laju alir sirkulasi yang semakin besar menyebabkan penurunan konduktivitas larutan Na_2CO_3 yang semakin besar.
3. Sirkulasi yang dilakukan terhadap larutan Na_2CO_3 mempercepat nukleasi dan meningkatkan presipitasi CaCO_3 .
4. Kenaikan suhu dapat menaikkan konduktivitas larutan Na_2CO_3 , dan persentase kenaikannya berbanding terbalik dengan konsentrasi larutannya.
5. Kenaikan suhu mempercepat nukleasi dan meningkatkan presipitasi CaCO_3 .
6. Medan magnet menyebabkan penurunan konduktivitas larutan Na_2CO_3 .
7. Medan magnet mempercepat nukleasi CaCO_3 dan meningkatkan presipitasi CaCO_3 . Namun peningkatan tersebut tidak terlalu signifikan.
8. Perlakuan sirkulasi, suhu dan medan magnet terhadap larutan elektrolit terutama berpengaruh terhadap sifat hidrat ion dan *cluster* air bulk di dalam larutan.

DAFTAR ACUAN

- [1] Ko Higashitani, Akiko Kage, Shinichi Katamura, Katsunori Imai, dan Shintaro Hatade, "Effects of Magnetic Field on the Formation CaCO₃ Particles", *J. Colloid Interface Sci.*, 156, hal. 90-95 (1993).
- [2] Ko Higashitani, Keisuke Okuhara, dan Shintaro Hatade, "Effects of Magnetic Fields on Stability of Nonmagnetic Ultrafine Colloidal Particles", *J. Colloid Interface Sci.*, 152, hal. 125-131 (1992).
- [3] Lucyna Holysz, Aleksandra Szczes, dan Emil Chibowski, "Effects of A Static Magnetic Field on Water and Electrolyte Solutions", *J. Colloid Interface Sci.*, 316, hal. 2065-2070 (2007).
- [4] www.jp.horiba.com/story_e/conductivity.
- [5] Aquarius Technical Bulletin No.08, Aquarius Technologies Pty Ltd., Water Quality Control.
- [6] L.T. Vlaev, S.D. Genieva, dan M.P. Tavlieva, "Concentration Dependence of The Activation Energy of Conductivity in Aqueous Sodium Selenite and Potassium Tellurite", *J. Struct. Chem.*, 44, no.6, hal 995-1000 (2003).
- [7] Ruihua Li, Zhanpeng Jiang, Hongwei Yang, dan Yuntao Guan, "Effets of Ions in Natural Water on the ¹⁷O NMR Chemical Shift of Water and Their Relationship to Water Cluster", *J. Mol. Liq.*, 126, hal. 14-18 (2006).
- [8] Yizhak Marcus, "A Simple Empirical Model Describing the Thermodynamics of Hydration of Ions of Widely Varying Charges, Sizes, and Shapes", *Biophys. Chem.*, 51, hal. 111-127 (1994).
- [9] Y. Wang, A.J. Babchin, L.T. Chernyi, R.S. Chow, dan R.P. Sawatzky, "Rapid Onset of Calcium Carbonate Crystallization Under the Influence of A Magnetic Field", *Wat. Res.*, 31, no.2, hal. 346-350 (1997).
- [10] N. Abdel-Aal, K.Satoh, dan K.Sawada, "Study of the Adhesion Mechanism of CaCO₃ Using a Combined Bulk Chemistry/QCM Technology", *J. Crystal Growth*, 245, hal. 87-100 (2002).
- [11] Emil Chibowski, Lucyna Holysz, dan Aleksandra Szczes, "Adhesion of In Situ Precipitated Calcium Carbonate in the Presence and Absence of

Magnetic Field in Quiscent Condition on Different Solid Surfaces”, *Wat. Res.*, 37, hal.4685-4692 (2003).

- [12] L.T. Vlaev, dan S.D. Genieva, “Electron Transport Properties of Ions in Aqueous Solutions of Sodium Selenite”, *J. Struct. Chem.*, 45, no.5, hal 825-831 (2004).
- [13] Jian Zhou, Xiaohua Lu, Yanru Wang, dan Jun Shi, “Molecular Dynamics Study on Ionic Hydration”, *Fluid Phase Equilibria*, 194-197, hal.257-270 (2001).
- [14] Alimi Fathi, Tlili Mohamed, Gabrielli Claude, Georges Maurin, dan Ben Amor Mohamed, “Effect of Magnetic Water Treatment on Homogeneous and Heterogeneous Precipitation of Calcium Carbonate”, *Wat. Res.*, 40, hal.1941-1950 (2006).
- [15] M. Ben Amor, D. Zgolli, M.M. Tlili, dan A.S. Manzola, “Influence of Water Hardness, Substrate Nature and Temperature on Heterogeneous Calcium Carbonate Nucleation”, *Desalination*, 166, hal.79-84 (2004).
- [16] Klaus J. Kronenberg, “Experimental Evidence for Effects of Magnetic Fields on Moving Water”, *IEEE Transactions on Magnetics*, 21, no.5, hal.2059-2061 (1985).



A. DATA KONDUKTIVITAS

A.1 Variasi Suhu Larutan

Larutan sampel yang digunakan: Na_2CO_3 sebanyak 10 ml

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Konduktivitas		
	0,001 M ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,01 M ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,1 M (mS/cm)
27	232	1921	13.88
35	279	1980	16.17
40	300	2122	16.90
45	314	2201	18.04
50	323	2620	18.65

A.2 Variasi Waktu Sirkulasi

- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 sebanyak 120 ml
- Laju Alir Sirkulasi = skala 6 (15.46 ml/detik)

a. Konsentrasi 0,001 M

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), setelah disirkulasi selama:			
	0 menit	10 menit	20 menit	30 menit
Sebelum sirkulasi	222	219	215	214
0	222	210	202	200
10	222	207	198	199
20	221	207	198	198
30	220	207	197	197
40	219	206	197	196
50	219	205	196	195
60	218	205	195	194

b. Konsentrasi 0,01 M

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), setelah disirkulasi selama:			
	0 menit	10 menit	20 menit	30 menit
Sebelum sirkulasi	1924	1921	1923	1921
0	1922	1900	1899	1892
10	1920	1888	1892	1888
20	1918	1884	1889	1884
30	1919	1880	1890	1882
40	1916	1877	1885	1877
50	1916	1868	1886	1877
60	1917	1872	1885	1873

c. Konsentrasi 0,1 M

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S/cm}$), setelah disirkulasi selama:			
	0 menit	10 menit	20 menit	30 menit
Sebelum sirkulasi	13.83	13.83	13.84	13.82
0	13.83	13.67	13.69	13.71
10	13.81	13.64	13.66	13.68
20	13.82	13.64	13.64	13.67
30	13.83	13.64	13.65	13.66
40	13.83	13.62	13.61	13.64
50	13.81	13.60	13.61	13.60
60	13.83	13.63	13.62	13.60

A.3 Variasi Laju Alir Sirkulasi

- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 sebanyak 120 ml
- Lama Sirkulasi = 30 menit

a. Konsentrasi 0,001 M

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S/cm}$), setelah disirkulasi dengan laju alir:			
	0	Skala 3	Skala 6	Skala 9
Sebelum sirkulasi	223	220	216	212
0	223	213	200	201
10	222	212	198	198
20	222	211	197	197
30	221	210	196	196
40	219	208	195	196
50	218	207	194	195
60	218	206	194	194

b. Konsentrasi 0,01 M

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S/cm}$), setelah disirkulasi dengan laju alir:			
	0	Skala 3	Skala 6	Skala 9
Sebelum sirkulasi	1922	1920	1922	1921
0	1921	1900	1899	1898
10	1923	1896	1892	1896
20	1922	1892	1887	1894
30	1920	1891	1885	1889
40	1919	1887	1882	1885
50	1922	1884	1880	1881
60	1922	1882	1878	1881

c. Konsentrasi 0,1 M

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), setelah disirkulasi dengan laju alir:			
	0	Skala 3	Skala 6	Skala 9
Sebelum sirkulasi	13.46	13.44	13.45	13.44
0	13.46	13.39	13.31	13.38
10	13.45	13.38	13.28	13.37
20	13.44	13.38	13.28	13.37
30	13.44	13.37	13.27	13.37
40	13.44	13.37	13.23	13.35
50	13.43	13.35	13.21	13.34
60	13.43	13.34	13.21	13.33



B. DATA KONDUKTIVITAS UNTUK UJI PRESIPITASI

B.1 **Blanko Test (Non-Sirkulasi & Non-Magnetisasi)**

- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M sebanyak 10 ml

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), selama pengamatan selama 120 menit:
Sebelum pengamatan	1924
0	1923
10	1922
20	1920
30	1919
40	1908
50	1907
60	1906
70	1900
80	1891
90	1887
100	1887
110	1882
120	1875

B.2 **Non-Magnetisasi**

a. **Volume 120 ml**

- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M sebanyak 120 ml
- Sirkulasi = laju alir skala 9 selama 30 menit

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), setelah sirkulasi:
Sebelum pengamatan	1922
0	1910
10	1900
20	1889
30	1880
40	1873
50	1868
60	1861
70	1855
80	1847
90	1845
100	1846
110	1844
120	1843

b. Volume 40 ml

- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M sebanyak 40 ml
- Sirkulasi = laju alir skala 9 selama 30 menit

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), setelah sirkulasi:
Sebelum pengamatan	1919
0	1858
10	1832
20	1824
30	1815
40	1811
50	1806
60	1800
70	1800
80	1799
90	1794
100	1792
110	1789
120	1789

B.3 Magnetisasi

a. Volume 120 ml

- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M sebanyak 120 ml
- Sirkulasi = laju alir skala 9 selama 30 menit
- Jumlah magnet = 7 pasang

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), setelah sirkulasi:
Sebelum pengamatan	1921
0	1900
10	1890
20	1879
30	1873
40	1870
50	1868
60	1860
70	1853
80	1845
90	1844
100	1844
110	1843
120	1841

b. Volume 40 ml

- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M sebanyak 40 ml
- Sirkulasi = laju alir skala 9 selama 30 menit
- Jumlah magnet = 7 pasang

Waktu Pengamatan (menit)	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), setelah sirkulasi:
Sebelum pengamatan	1924
0	1842
10	1828
20	1817
30	1810
40	1807
50	1806
60	1800
70	1799
80	1799
90	1793
100	1791
110	1789
120	1787

C. DATA HASIL TITRASI

C.1 **Blanko Test (Non-Sirkulasi & Non-Magnetisasi)**

- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M & CaCl_2 0,01 M, masing-masing 10 ml
- Suhu larutan = sesuai suhu kamar (27°C)
- Volume EDTA standarisasi = 2.64 ml
- Bobot CaCO_3 standar = 0.0516 gram
- Volume CaCO_3 standar = 100 ml

Waktu (menit)	Volume EDTA (ml)	[CaCO_3] standar	[EDTA]	ppm CaCO_3 sampel	Presipitasi Total (%)
0	8.33	0.00516	0.009773	814.0682	0.00
10	5.94	0.00516	0.009773	580.5000	28.69
30	4.94	0.00516	0.009773	482.7727	40.70
60	2.86	0.00516	0.009773	279.5000	65.67
120	1.50	0.00516	0.009773	146.5909	81.99

C.2 **Variasi Suhu**

- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M & CaCl_2 0,01 M, masing-masing 10 ml
- Suhu Larutan = 50°C
- Volume EDTA standarisasi = 2.64 ml
- Bobot CaCO_3 standar = 0.0516 gram
- Volume CaCO_3 standar = 100 ml

Waktu (menit)	Volume EDTA (ml)	[CaCO_3] standar	[EDTA]	ppm CaCO_3 sampel	Presipitasi Total (%)
0	8.25	0.00516	0.009773	806.2500	0.00
10	1.38	0.00516	0.009773	134.8636	83.27
30	0.80	0.00516	0.009773	78.1818	90.30
60	0.64	0.00516	0.009773	62.5455	92.24
120	0.36	0.00516	0.009773	35.1818	95.64

C.3 Non-Magnetisasi

a. Volume 120 ml

- Larutan sampel yang disirkulasi = Na_2CO_3 0,01 M sebanyak 120 ml
- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M & CaCl_2 0,01 M, masing-masing 10 ml
- Sirkulasi = laju alir skala 9 selama 30 menit
- Volume EDTA standarisasi = 2.64 ml
- Bobot CaCO_3 standar = 0.0516 gram
- Volume CaCO_3 standar = 100 ml

Waktu (menit)	Volume EDTA (ml)	[CaCO_3] standar	[EDTA]	ppm CaCO_3 sampel	Presipitasi Total (%)
0	8.33	0.00516	0.009773	814.0682	0.00
10	4.40	0.00516	0.009773	430.0000	47.18
30	2.72	0.00516	0.009773	265.8182	67.35
60	2.66	0.00516	0.009773	259.9545	68.07
120	1.42	0.00516	0.009773	138.7727	82.95

b. Volume 40 ml

- Larutan sampel yang disirkulasi = Na_2CO_3 0,01 M sebanyak 40 ml
- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M & CaCl_2 0,01 M, masing-masing 10 ml
- Sirkulasi = laju alir skala 9 selama 30 menit
- Volume EDTA standarisasi = 2.64 ml
- Bobot CaCO_3 standar = 0.0516 gram
- Volume CaCO_3 standar = 100 ml

Waktu (menit)	Volume EDTA (ml)	[CaCO_3] standar	[EDTA]	ppm CaCO_3 sampel	Presipitasi Total (%)
0	8.32	0.00516	0.009773	813.0909	0.00
10	2.62	0.00516	0.009773	256.0455	68.51
30	2.39	0.00516	0.009773	233.5682	71.27
60	2.21	0.00516	0.009773	215.9773	73.44
120	2.12	0.00516	0.009773	207.1818	74.52

C.4 Magnetisasi

a. Volume 120 ml

- Larutan sampel yang disirkulasi = Na_2CO_3 0,01 M sebanyak 120 ml
- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M & CaCl_2 0,01 M, masing-masing 10 ml
- Sirkulasi = laju alir skala 9 selama 30 menit
- Jumlah Magnet = 7 pasang
- Volume EDTA standarisasi = 2.64 ml
- Bobot CaCO_3 standar = 0.0516 gram
- Volume CaCO_3 standar = 100 ml

Waktu (menit)	Volume EDTA (ml)	[CaCO_3] standar	[EDTA]	ppm CaCO_3 sampel	Presipitasi Total (%)
0	8.25	0.00516	0.009773	806.2500	0.00
10	4.23	0.00516	0.009773	413.3864	48.73
30	2.56	0.00516	0.009773	250.1818	68.97
60	2.09	0.00516	0.009773	204.2500	74.67
120	1.34	0.00516	0.009773	130.9545	83.76

b. Volume 40 ml

- Larutan sampel yang disirkulasi = Na_2CO_3 0,01 M sebanyak 40 ml
- Larutan sampel yang digunakan = Na_2CO_3 0,01 M & CaCl_2 0,01 M, masing-masing 10 ml
- Sirkulasi = laju alir skala 9 selama 30 menit
- Jumlah Magnet = 7 pasang
- Volume EDTA standarisasi = 2.64 ml
- Bobot CaCO_3 standar = 0.0516 gram
- Volume CaCO_3 standar = 100 ml

Waktu (menit)	Volume EDTA (ml)	[CaCO_3] standar	[EDTA]	ppm CaCO_3 sampel	Presipitasi Total (%)
0	8.32	0.00516	0.009773	813.0909	0.00
10	2.26	0.00516	0.009773	220.8636	72.84
30	1.24	0.00516	0.009773	121.1818	85.10
60	0.92	0.00516	0.009773	89.9091	88.94
120	0.86	0.00516	0.009773	84.0455	89.66

D. CONTOH PERHITUNGAN PRESIPITASI CaCO₃

❖ Perhitungan untuk sampel di titik awal (0 menit)

Diketahui:

- Volume EDTA standarisasi = 2.64 ml
- Bobot CaCO₃ standar = 0.0516 gram
- Volume CaCO₃ standar = 100 ml
- BM CaCO₃ = 100 gram/mol
- Volume CaCO₃ sampel = 5 ml

$$[EDTA] = \left(\frac{m \text{ CaCO}_3}{BM \text{ CaCO}_3} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ ml/l}}{V \text{ CaCO}_3 \text{ standar}} \right) \times \left(\frac{V \text{ CaCO}_3 \text{ sampel}}{V_{EDTA} \text{ standarisasi}} \right)$$

$$[EDTA] = \left(\frac{0.0516 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ ml/l}}{100 \text{ ml}} \right) \times \left(\frac{5 \text{ ml}}{2.64 \text{ ml}} \right)$$

$$[EDTA] = 0.009773 \text{ mol/l}$$

Sehingga ppm CaCO₃ adalah:

- V_{EDTA} = 8.33 ml
- V CaCl₂ = 10 ml

$$\text{ppm CaCO}_3 = \frac{[EDTA] \times V_{EDTA} \times BM \text{ CaCO}_3 \times \left(1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}} \right)}{V \text{ CaCl}_2}$$

$$\text{ppm CaCO}_3 = \frac{(0.009773 \text{ mol/l}) \times 8.33 \text{ ml} \times 100 \text{ g/mol} \times \left(1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}} \right)}{10 \text{ ml}}$$

$$\text{ppm CaCO}_3 = 814.0682 \text{ ppm}$$

❖ Perhitungan untuk sampel di titik kedua (10 menit)

Diketahui:

- Volume EDTA standarisasi = 2.64 ml
- Bobot CaCO₃ standar = 0.0516 gram
- Volume CaCO₃ standar = 100 ml
- BM CaCO₃ = 100 gram/mol
- Volume CaCO₃ sampel = 5 ml

Konsentrasi EDTA sama dengan perhitungan pada titik awal (0 menit), yaitu 0.009773 mol/l.

Sehingga ppm CaCO_3 adalah:

$$\blacksquare V_{\text{EDTA}} = 4.40 \text{ ml}$$

$$\blacksquare V_{\text{CaCl}_2} = 10 \text{ ml}$$

$$\text{ppm CaCO}_3 = \frac{[\text{EDTA}] \times V_{\text{EDTA}} \times \text{BM CaCO}_3 \times \left(1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}}\right)}{V_{\text{CaCl}_2}}$$

$$\text{ppm CaCO}_3 = \frac{(0.009773 \text{ mol/l}) \times 4.40 \text{ ml} \times 100 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times \left(1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}}\right)}{10 \text{ ml}}$$

$$\text{ppm CaCO}_3 = 430.0000 \text{ ppm}$$

Dan persentase presipitasi CaCO_3 total adalah:

$$\% \text{ presipitasi} = \left[\frac{(\text{ppm CaCO}_3)_{\text{awal}} - (\text{ppm CaCO}_3)_{\text{akhir}}}{(\text{ppm CaCO}_3)_{\text{awal}}} \right] \times 100\%$$

$$\% \text{ presipitasi} = \left[\frac{814.0682 - 430.0000}{814.0682} \right] \times 100\%$$

$$\% \text{ presipitasi} = 47.18\%$$