



PENENTUAN ENERGI AKTIVASI ION UNTUK MELEWATI MEMBRAN TEFLON PADA BERBAGAI LARUTAN ELEKTROLIT

IPB University

Halaman ini adalah...
1. Diambil dari...
2. Diambil dari...
3. Diambil dari...
4. Diambil dari...
5. Diambil dari...
6. Diambil dari...
7. Diambil dari...
8. Diambil dari...
9. Diambil dari...
10. Diambil dari...

Oleh :
Sulistiyani Purnaningsih
G07499026



DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

2006

IPB University

ABSTRAK

SULISTIYANI PURNANINGSIH. Penentuan Energi Aktivasi Ion untuk Melewati Membran Teflon pada Berbagai Larutan Elektrolit. Dibimbing oleh Dr. Kiagus Dahlan dan Jajang Juansah, M. Si

Kaseno (1999) menyatakan bahwa dalam teknologi pemisahan, membran adalah bahan yang dapat memisahkan dua komponen dengan cara yang spesifik yaitu menahan atau melewatkan salah satu komponen lebih cepat dari komponen lainnya. Kemampuan pemisahan yang dimiliki oleh membran untuk melewatkan suatu senyawa kimia atau molekul diakibatkan oleh adanya perbedaan sifat fisika atau kimia antara membran dengan senyawa kimia.

Konduktansi membran merupakan salah satu sifat kelistrikan karakteristik membran. Konduktansi membran dapat ditentukan dengan mengukur arus dan tegangan membran. Konduktansi membran berbanding lurus terhadap pertambahan suhu. Penentuan tegangan membran dilakukan dengan cara meletakkan membran di dalam *chamber* yang berisi larutan elektrolit. Dalam penelitian ini digunakan 9 variasi larutan elektrolit berbagai konsentrasi. Nilai tegangan membran digunakan untuk menghitung nilai konduktansi membran. Dari pengolahan nilai konduktansi, kita dapat mengetahui nilai energi aktivasi ion masing-masing larutan. Dari hasil penelitian ini, dapat dilihat bahwa variasi konsentrasi larutan dan valensi ion memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap nilai energi aktivasi ionnya.

Kata Kunci : Membran, konduktansi, konsentrasi, energi aktivasi.



**PENENTUAN ENERGI AKTIVASI ION UNTUK MELEWATI
MEMBRAN TEFLON PADA BERBAGAI LARUTAN ELEKTROLIT**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor**

**Oleh :
Sulistiyani Purnaningsih
G07499026**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

2006

**Judul : Penentuan Energi Aktivasi Ion untuk Melewati Membran Teflon
pada Berbagai Larutan Elektrolit**

Nama : Sulistiyani Purmaningsih

NRP : G07499026

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Kiagus Dahlan

NIP. 131 663 021

Jajang Juansah, M.Si

NIP. 132 311 933

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor



Prof. Dr. Ir. Yonny KoesModule, M.S

NIP. 131 473 999

Tanggal lulus :

Halaman 1 dari 1 halaman | Untuk lebih jelasnya, silakan kunjungi website resmi IPB University di www.ipb.ac.id atau hubungi kontak layanan pelanggan IPB University di nomor 021-87611111.

Riwayat Hidup

Penulis dilahirkan di Magelang, Jawa Tengah pada tanggal 2 September 1981 dari pasangan Ngatidjan dan Seniyati. Penulis merupakan anak keenam dari tujuh bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Gelangan 2 Magelang, sampai dengan tahun 1993. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SLTPN 8 Magelang, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMUN 3 Magelang. Setelah menyelesaikan pendidikan SMU pada tahun 1999, penulis melanjutkan pendidikan sarjana strata satu pada Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB (USMI).

Selama menjalani studinya, penulis aktif di berbagai Organisasi Kemahasiswaan, diantaranya sebagai staf Komisi Eksternal Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) FMIPA pada tahun 2000, Waka I DPM FMIPA IPB 2001, Staf Komisi Adkesma DPM KM IPB 2001-2002, dan anggota BP Rantap MPM KM IPB 2001-2002.

Penulis juga pernah menjadi asisten Pendidikan Agama islam (PAI) untuk mahasiswa TPB pada tahun 2002, serta asisten mata kuliah Fisika Dasar pada tahun 2001-2002.



IPB University
Institut Pertanian Bogor
Jalan Pajadiran, Bogor, Indonesia
Telp. (0251) 8622111
www.ipb.ac.id

IPB University

IPB University

IPB University

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.,

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala karunia dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berupa penelitian guna menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Sains. Penulis memilih judul “ Penentuan Energi Aktivasi Ion untuk Melewati Membran Teflon pada Berbagai Larutan Elektrolit” ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan terutama kepada Dr. Kiagus Dahlan dan Jajang Juansah M.Si selaku Pembimbing dan kepada banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan karya ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini jauh dari sempurna, untuk itu kritik, saran, ide atau pendapat sangat penulis harapkan.

Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan kontribusi positif dalam perkembangan dunia Fisika, khususnya di bidang Fisika membran.

Wassalamualaikum Wr. Wb.,

Bogor, Agustus 2006

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
RIWAYAT HIDUP	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	v
PENDAHULUAN	
Latar Belakang	1
Tujuan	1
Hipotesis	1
Perumusan Masalah	1
TINJAUAN PUSTAKA	
Membran	1
Klasifikasi Membran	1
Membran Teflon	2
Sifat Listrik Membran	3
Konduktansi Membran	3
Konduktivitas Larutan Elektrolit	3
Energi Aktivasi	3
Efek Suhu	4
Efek Konsentrasi Larutan Elektrolit Eksternal	4
Efek Valensi Ion Larutan Elektrolit Eksternal	4
BAHAN DAN METODE	
Waktu Dan Tempat Penelitian	4
Alat Dan Bahan	4
Metode Penelitian	5
Persiapan Penelitian	5
Persiapan Eksperimen	5
Prosedur Eksperimen	5
Eksperimen	5
Pengambilan Data	6
Analisis Data	6
HASIL DAN PEMBAHASAN	
Karakteristik I-V Membran Teflon pada Berbagai Suhu	6
Pengaruh Konsentrasi Larutan Elektrolit Eksternal	7
Pengaruh Valensi Ion Larutan Elektrolit Eksternal	8
SIMPULAN DAN SARAN	9

DAFTAR PUSTAKA	9
LAMPIRAN	10

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Membran Teflon	2
2. Kurva Hubungan Konduktansi dan Suhu Membran PTGC pada 0,2 mM KCl	4
3. Alat-Alat Penelitian	5
4. Diagram Skematik Alat Eksperimen pada <i>Chamber</i>	5
5. Grafik I-V Membran Teflon Berbagai Suhu pada Larutan NaCl.....	6
6. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu pada Larutan NaCl 1 mM	7
7. Grafik Hubungan Konsentrasi Larutan terhadap Energi Aktivasi Ion pada Larutan NaCl	7
8. Grafik Hubungan Energi Aktivasi terhadap Konsentrasi pada Larutan Bervalensi 1.....	8
9. Grafik Hubungan Energi Aktivasi terhadap Konsentrasi pada Ion Negatif Cl ⁻ Untuk Larutan KCl, CaCl ₂ , Dan AlCl ₃	8
10. Grafik Hubungan Energi Aktivasi Larutan Untuk Konsentrasi 1 mM	8

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Diagram alir penelitian	10
2. Data konduktansi larutan elektrolit NaCl dan KCl untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM dan 100 mM	11
3. Data konduktansi larutan elektrolit Na ₂ SO ₄ dan K ₂ SO ₄ untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM dan 100 mM.....	12
4. Data konduktansi larutan elektrolit MgCl ₂ dan CaCl ₂ untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM.....	13
5. Data konduktansi larutan elektrolit MgCO ₃ dan CaCO ₃ untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM dan 100 mM.....	14
6. Data konduktansi larutan elektrolit AlCl ₃ untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM dan 100 mM	15
7. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan NaCl 1 mM.....	16
8. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan NaCl 10 mM.....	16
9. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan NaCl 100 mM.....	17
10. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan KCl 1 mM	17
11. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan KCl 10 mM	18
12. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan KCl 100 mM	18
13. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan Na ₂ SO ₄ 1 mM	19

14. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan Na_2SO_4 10 mM	19
15. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan Na_2SO_4 100 mM	20
16. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan K_2SO_4 1 mM	20
17. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan K_2SO_4 10 mM	21
18. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan K_2SO_4 100 mM	21
19. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCl_2 1 mM	22
20. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCl_2 10 mM	22
21. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCl_2 100 mM	23
22. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCl_2 1 mM	23
23. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCl_2 10 mM	24
24. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCl_2 100 mM	24
25. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCO_3 1 mM	25
26. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCO_3 10 mM	25
27. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCO_3 100 mM	26
28. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCO_3 1 mM	26
29. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCO_3 10 mM	27
30. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCO_3 100 mM	27
31. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan AlCl_3 1 mM	28
32. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan AlCl_3 10 mM	28
33. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan AlCl_3 100 mM	29
34. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan NaCl 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM	30
35. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan KCl 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM	31
36. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan Na_2SO_4 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM	32
37. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan K_2SO_4 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM	33
38. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan MgCl_2 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM	34
39. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan CaCl_2 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM	35
40. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan MgCO_3 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM	36
41. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan CaCO_3 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM	37
42. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan AlCl_3 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM	38

43. Grafik Hubungan Konsentrasi terhadap Energi Aktivasi (ΔU) pada Larutan bervalensi 1 (NaCl, KCl, Na ₂ SO ₄ , dan K ₂ SO ₄).....	39
44. Grafik Hubungan Konsentrasi terhadap Energi Aktivasi (ΔU) pada Larutan bervalensi 2 (MgCl ₂ , CaCl ₂ , MgCO ₃ , dan CaCO ₃).....	40
45. Grafik Hubungan Konsentrasi terhadap Energi Aktivasi (ΔU) pada Larutan bervalensi 3 (AlCl ₃).....	41
46. Grafik Hubungan Energi Aktivasi Larutan Konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM....	42
47. Grafik Hubungan Konsentrasi terhadap Energi Aktivasi (ΔU) pada Larutan valensi 1, valensi 2, dan valensi 3	43
48. Data jari-jari atom unsur utama dan data energi aktivasi larutan untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM	44

PENDAHULUAN

Latar belakang

Teknologi membran telah banyak dimanfaatkan dalam bidang industri, biologi, kimia, fisika, dan kesehatan, sehingga semakin banyak penelitian mengenai fenomena membran baik membran alam maupun membran sintetik. Teknologi membran tergolong teknologi yang hemat dan bersih, karena tidak memerlukan energi yang besar dalam pengoperasian dan tidak diperlukan zat-zat kimia pendukung.

Membran merupakan pilihan yang tepat untuk keperluan penyaringan, pemisahan, dan pemurnian zat-zat yang peka terhadap senyawa kimia dan lingkungan.

Fokus penelitian ini adalah karakterisasi membran secara fisika, yaitu melalui sifat listrik yang dapat dilihat dari nilai konduktansi membran. Besarnya energi aktivasi ion, yaitu energi minimal yang harus dimiliki ion untuk melewati energi barrier membran dapat dianalisis dari pengukuran konduktansi membran ini. Mekanisme transportasi ion yang terjadi dapat diketahui dari nilai konduktansi membran dan hubungannya dengan energi aktivasi.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh perbedaan konsentrasi larutan elektrolit dan valensi ion terhadap nilai energi aktivasi ion ketika melintasi membran teflon.

Hipotesis

Variasi konsentrasi larutan eksternal dan valensi ion akan mempengaruhi nilai energi aktivasinya. Nilai energi aktivasi ini dapat kita analisa melalui nilai konduktansi membran yang terukur. Semakin besar konsentrasi larutan eksternal yang diaplikasikan pada membran, nilai konduktansinya akan semakin besar. Selain itu, akan diteliti pula bahwa variasi nilai valensi ion eksternal pada membran juga akan mempengaruhi nilai konduktansinya. Jenis muatan ion larutan eksternal akan memberikan gambaran terhadap jenis muatan membran secara kualitatif.

Perumusan masalah

Membran secara umum berfungsi sebagai filter pada suatu sistem transport. Proses transport melalui membran ditentukan oleh bentuk, ukuran, dan muatan porinya yang dapat ditentukan melalui teknik-teknik

mikroskopik atau dengan aliran partikel-partikel bermuatan.

Kemampuan ion melewati membran dapat ditentukan melalui pengukuran sifat listrik interaksi antara ion dan membran. Sedangkan energi aktivasi ion dapat dianalisis dari pengukuran konduktansi membran. Hanya ion-ion yang memiliki energi minimal sama dengan energi aktivasi ion sajalah yang dapat melewati membran. Dengan demikian kita dapat menentukan kemampuan ion dalam melewati membran.

TINJAUAN PUSTAKA

Membran

Membran merupakan fase permiabel atau semipermiabel yang biasanya berupa padatan polimer tipis yang dapat menahan pergerakan bahan tertentu (Scoat dan Hughes, 1996). Menurut Osada dan Nakagawa (1992), membran adalah suatu selaput semipermiabel yang berupa lapisan tipis, dapat memisahkan dua fasa dengan cara menahan komponen tertentu dan melewatkan komponen lainnya melalui pori-pori. Kaseno (1999) menyatakan bahwa dalam teknologi pemisahan, membran adalah bahan yang dapat memisahkan dua komponen dengan cara yang spesifik yaitu menahan atau melewatkan salah satu komponen lebih cepat dari komponen lainnya. Kemampuan pemisahan yang dimiliki oleh membran untuk melewatkan suatu senyawa kimia atau molekul diakibatkan oleh adanya perbedaan sifat fisika atau kimia antara membran dengan senyawa kimia.

Proses pemisahan ini pada hakikatnya merupakan perpindahan materi secara selektif yang disebabkan oleh gaya yang berhubungan dengan parameter tertentu antara dua media yang dipisahkan seperti perbedaan konsentrasi, tekanan, temperatur dan potensial listrik.

Klasifikasi Membran

Membran dapat diklasifikasikan atas beberapa hal, antara lain berdasarkan bahan pembuatannya, ada atau tidaknya pori, morfologi dan sifat geometris (Mallevalle *et al.*, 1996).

Berdasarkan bahan pembuatannya, membran dapat dibedakan menjadi membran organik dan anorganik. Membran organik dibedakan menjadi dua, yaitu membran alami dan membran sintesis.

Berdasarkan ukuran pori dikenal membran nanofiltrasi, mikrofiltrasi, ultrafiltrasi dan hiperfiltrasi.

Berdasarkan proses yang menyebabkan transfer zat atau mekanisme pemisahan dikenal dengan membran filtrasi dan elektrodialisis.

Berdasarkan morfologi, terdiri dari membran simetrik dan asimetrik. Membran simetrik memiliki struktur pori yang homogen dengan ketebalan antara 10-200 μm . Sedangkan membran asimetrik memiliki ukuran dan kerapatan yang tidak sama. Membran jenis ini memiliki dua lapisan yaitu lapisan kulit yang tipis dan rapat dengan ketebalan 20,5 μm serta lapisan pendukung yang berpori dengan ketebalan 50-200 μm .

Berdasarkan bentuk, membran terbagi menjadi dua yaitu membran datar yang memiliki bentuk melebar dan penampang lintang yang besar, dan membran turbular. Beberapa jenis membran datar, antara lain, membran datar yang terdiri dari satu lembar, membran datar bersusun yang terdiri dari beberapa lembar bertingkat dengan menempatkan pemisah antara dua membran yang berdekatan, dan membran spiral bergulung yang merupakan membran yang tersusun bertingkat dan digulung dengan pipa sentral membentuk spiral. Membran turbular terdiri dari membran sekat berongga dengan diameter <0,5 mm, membran kapiler dengan diameter 0,5-5,0 mm dan membran turbular dengan diameter >5,0 mm.

Berdasarkan fungsi, membran terbagi menjadi membran mikrofiltrasi, membran ultrafiltrasi, membran osmosis balik, membran dialisis, dan membran elektrodialisis. Membran mikrofiltrasi digunakan pada proses pemisahan antara partikel, berfungsi untuk menyaring makromolekul >500.000 g/mol atau partikel berukuran 0,1-10 μm , dan tekanan 0,5-2 atm. Membran ini memiliki struktur asimetrik dan simetrik. Membran ultrafiltrasi digunakan pada proses pemisahan makromolekul >5000 g/mol atau partikel berukuran 0,001-0,1 μm dan tekanan 1,0-3,0 atm. Membran ini memiliki struktur asimetrik. Tekanan osmotik diabaikan karena adanya beda konsentrasi. Membran osmosis balik berfungsi menyaring garam-garam organik >50 g/mol atau partikel berukuran 0,0001-0,001 μm dan tekanan 8,0-120 atm. Membran dialisis berfungsi memisahkan larutan koloid yang mengandung elektrolit dengan bobot molekul kecil. Zat terlarut pada larutan konsentrasi tinggi akan menembus membran ke arah larutan yang konsentrasinya rendah, sehingga konsentrasi merupakan gaya pendorong. Membran elektrodialisis berfungsi memisahkan larutan

melalui pemberian muatan listrik yang menjadi gaya pendorong.

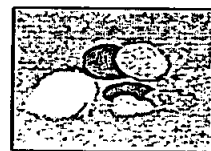
Pada proses pembuatannya, membran dapat dibuat bermuatan tetap atau netral. Membran bermuatan tetap terbentuk karena molekul-molekul ionik menempel pada lathie membran tersebut secara kimiawi. Membran terbuat dari bahan polimer yang membentuk suatu jaringan lathie yang tidak menghantar. Ion-ion ini tidak bisa berpindah-pindah dan membentuk lapisan tipis bermuatan pada membran sehingga disebut membran bermuatan tetap. Ion-ion ini berperan penting dalam karakteristik kelistrikan membran.

Membran bermuatan tetap hanya dapat dilalui oleh ion-ion tertentu saja. Membran bermuatan tetap yang hanya dapat dilalui oleh kation saja disebut membran penukar kation (MPK), sedangkan jika anion saja disebut Membran penukar anion (MPA). Selain itu ada juga gabungan dari keduanya yang disebut *Double Fixed Charge Membrane*. MPA dan MPK memiliki karakter yang berbeda-beda, namun pada aplikasinya dapat digunakan bersamaan. Membran bermuatan tetap ini dapat digunakan dalam proses-proses industri, seperti elektrodialisis, *fuel cell* atau berbagai proses filtrasi lainnya.

Membran yang relatif tidak memiliki muatan tetap disebut dengan membran netral. Membran ini banyak digunakan pada aplikasi bidang-bidang sains dan teknologi. Membran netral terdiri dari polimer yang tidak mengikat ion-ion sebagai ion tetap. Membran netral juga dapat bersifat selektif terhadap larutan-larutan kimiawi. Selektifitas membran netral ditentukan juga oleh unsur-unsur penyusun (monomer), ukuran pori, ukuran kimia, daya tahan terhadap suhu dan tekanan, resistivitas, konduktansi dan karakteristik kelistrikan lainnya.

Membran Teflon

Membran teflon terbuat dari zat padat, polimer *tetrafluoroethylene* (C_2F_2), $\text{F}_2\text{C}(\text{dbond})\text{CF}_2$, disingkat PTFE, yang secara kimia bersifat lembam dan stabil pada temperatur sekitar 572°F (300°C / 573 K). Titik leleh Teflon 327°C (600 K), tetapi sifat fisiknya terdegradasi pada 260°C (533 K) (gambar 1).



Gambar 1. Membran Teflon

Membran teflon yang digunakan dalam penelitian ini berdiameter 25 mm dan berjari-jari 0,2 nm.

Sifat Listrik Membran
Konduktansi membran

Konduktivitas membran muncul karena adanya interaksi ion dengan membran. Konduktansi (G) membran dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan

$$G = n G_p \dots \dots \dots (1)$$

Dengan n adalah jumlah pori membran dan Gp adalah konduktansi tiap pori dengan asumsi pori-porinya identik. Ada beberapa hal yang mempengaruhi nilai Gp diantaranya faktor geometri pori membran, konsentrasi pori membran, dan mobilitas ionnya. Dengan asumsi bahwa ion di dalam suatu medium di sekitarnya akan mengalami interaksi elektrostatik, maka ion tersebut memiliki energi diri sebesar U. Energi ini merupakan integral dari medan listrik di permukaan, sehingga besarnya energi diri (U) untuk suatu ion yang bervalensi z dan berjari-jari ion d pada medium tak terbatas dengan konstanta dielektrik ε adalah

$$U = z^2 q^2 / 8\pi \epsilon_0 \epsilon_d \dots \dots \dots (2)$$

Nilai U sangat bergantung pada ε. Nilai ε untuk membran nilainya sekitar 3-4 dan ε larutan air 78,5. Untuk melewati pori membran akibat adanya interaksi dengan ε membran yang bergantung dari seberapa dekatnya ion pada membran, diperlukan energi aktivasi

$$\Delta U = z^2 q^2 \alpha / 4\pi \epsilon_0 \epsilon_m b \dots \dots \dots (3)$$

Dengan b jari-jari pori, ε₀ konstanta resapan, ε_m konstanta dielektrik membran, z bilangan valensi ion, q muatan ion dan α tergantung konstanta dielektrik dan geometri (pendekatan 0,2). C₀ sebagai konsentrasi ion yang jauh dari membran dan C sebagai konsentrasi ion yang berada pada pusat pori membran, maka γ koefisien partisi dari konsentrasi pada kesetimbangan dikalkulasikan melalui statistik Boltzman yaitu

$$\gamma = C_0 / C = \exp (-\Delta U / RT) \dots \dots \dots (4)$$

Nilai Gp tiap pori membran terhadap ion yang mengalir diberikan oleh

$$G_p = q^2 C_0 (z_p \gamma_p D_p + z_n \gamma_n D_n) \pi b^2 / kTL \dots (5)$$

Dengan

- $\gamma_p = \exp (-z_p^2 q^2 \alpha / 4\pi \epsilon_0 \epsilon_m bRT)$
- $\gamma_n = \exp (-z_n^2 q^2 \alpha / 4\pi \epsilon_0 \epsilon_m bRT)$
- b = Jari-jari pori
- L = Tebal membran
- K = Konstanta Boltzman ($1,38662 \times 10^{-23}$ J/K)
- T = Suhu (K)
- R = Konstanta molar gas (0, 891441 J/mol K)

Konduktivitas larutan elektrolit

Bila suatu larutan elektrolit dialiri arus maka akan terjadi proses transport ion. Transport ion ini dipengaruhi oleh resistivitas dan konduktivitas larutan elektrolit.

Konduktivitas larutan elektrolit didefinisikan sebagai ukuran kemampuan larutan membawa arus listrik. Konduktivitas larutan dipengaruhi oleh kehadiran ion-ion, mobilitas ion, ion valensi, transport ion, aktivitas ion, dan suhu. Ion-ion dalam larutan akan mengalir dan menembus membran dengan aktivitas berbeda-beda.

Svante Arrhenius pada tahun 1887 mengusulkan sebuah teori ionisasi untuk menjelaskan sifat-sifat larutan elektrolit. Pokok-pokok teori Arrhenius adalah sebagai berikut :

- 1. Molekul elektrolit pada larutan dengan pelarut air akan berdisosiasi menjadi dua partikel atau lebih yang kita sebut dengan ion.
- 2. Ion-ion bermuatan listrik (positif atau negatif) dan muatan-muatan inilah yang dapat menyebabkan arus listrik dapat mengalir larutan.

Pada pengenceran tak berhingga, elektrolit kuat maupun lemah akan berionisasi sempurna. Arrhenius menyarankan suatu besaran yaitu derajat ionisasi α.

$$\alpha = A / A_0 \dots \dots \dots (6)$$

dimana A adalah konduktansi ekivalen pada suatu konsentrasi tertentu, A₀ adalah konduktansi ekivalen pada pengenceran tak berhingga. Derajat ionisasi elektrolit kuat kurang dari 100 %. Hal ini disebabkan karena interaksi elektrolit yang kuat antara ion-ion yang terdapat dalam larutan. Bila zat terlarut tidak berdisosiasi maka aktivitasnya (a) sama dengan konsentrasi (C) dikalikan dengan koefisien aktivitas (γ)

$$a = C \gamma \dots \dots \dots (7)$$

Energi aktivasi

Jika menggunakan tinjauan energi, pada umumnya berbagai proses itu berlangsung dengan suatu 'syarat'. 'Syarat ini dalam beberapa proses dimodelkan sebagai suatu 'Barrier /Potensial Penghalang' sebesar ΔU (disebut juga Energi Aktivasi).

Nilai konduktansi terhadap suhu dan energi aktivasi dengan menggunakan pendekatan distribusi boltzman adalah

$$G = G_0 \exp (-\Delta U / kT) \dots \dots \dots (8)$$

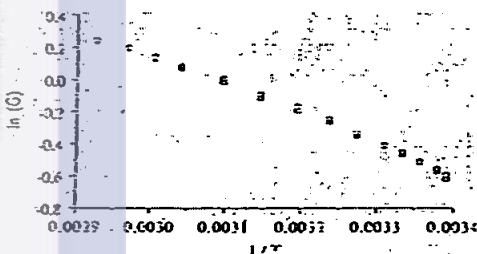
dimana k : konstanta Boltzman, T : temperatur (K), G₀ dan ΔU harganya spesifik untuk setiap proses.

Pada penelitian ini dilakukan variasi suhu 30 °C sampai 60 °C dengan selang 5 °C. Dengan variasi ini akan terjadi kenaikan nilai konduktansi, yang berguna untuk menentukan nilai energi aktivasi ion.

Selain mengkaji pengaruh perbedaan konsentrasi larutan elektrolit eksternal terhadap nilai konduktansi, penelitian ini juga akan mengkaji hubungan valensi ion terhadap energi aktivasi ion ketika melewati membran teflon. Diharapkan dari hasil penelitian ini, kita dapat menganalisa seberapa besar pengaruh perbedaan konsentrasi larutan elektrolit eksternal dan valensi ion ini terhadap nilai energi aktivasi ion.

Efek suhu

Nilai Gp berisi parameter-parameter yang nilainya belum diketahui kecuali Dp dan Dn yang dimungkinkan karena suhu. Pori-pori membran ultrafiltrasi secara signifikan lebih besar dari ion maka Dp dan Dn seharusnya berbeda tergantung larutan eksternal. Setelah koreksi dan variasi suhu dalam konduktansi harus menjadi konsekuensi dari variasi konsentrasi ion dalam pori dan menghasilkan koefisien partisi γ dan jari-jari pori membran b . Sehingga untuk menentukan b dari kemiringan plot grafik dari $\ln G$ terhadap $1/T$ pada konsentrasi larutan elektrolit eksternal pada membran tertentu.



Gambar 2. Grafik hubungan konduktansi terhadap suhu membran PTGC pada 0,2 mM KCl.

Pada umumnya banyak penelitian tentang membran sintetik terutama mengenai variasi suhu yang digunakan untuk mengukur konduktansi membran berkisar pada suhu 20-50 °C (gambar 2). Dengan menganggap Gp adalah sama maka dapat diketahui (Coster, Smith J.R, Dahlan K, 1990).

Efek konsentrasi larutan elektrolit eksternal

Konsentrasi larutan eksternal menentukan jumlah ion dalam larutan, semakin besar konsentrasi larutan kuantitas ion yang ada dalam larutan tersebut semakin banyak.

Kenaikan kuantitas ion dalam sistem menyebabkan penurunan resistivitas larutan tersebut. Konsentrasi larutan mempengaruhi mobilitas ion dan secara tidak langsung mempengaruhi konduktivitas larutan dan memberikan efek pada karakteristik konduktansi membran yang akan digunakan. Nilai konduktansi membran larutan elektrolit eksternal berbanding lurus dengan nilai konduktansi pori Gp. Kenaikan konsentrasi larutan, diikuti dengan peningkatan nilai konduktansi pori.

Efek valensi ion larutan elektrolit eksternal

Jenis valensi ion ditentukan oleh jenis larutan elektrolit eksternal. Valensi ion larutan berpengaruh terhadap nilai energi aktivasi ΔU dan secara kualitatif jenis muatan membran yang digunakan dapat ditentukan melalui variasi ion eksternal dalam sistem transport ion melewati membran.

Interaksi valensi ion eksternal dengan membran menurut persamaan (5) secara tidak langsung mempengaruhi nilai konduktansi pori melalui koefisien partisi pada dua persamaan dibawahnya.

Energi aktivasi selain dipengaruhi oleh jenis valensi ion juga dapat dipengaruhi oleh jari-jari ion. Ukuran jari-jari ion unsur utama dapat kita lihat pada lampiran 48 tabel 1.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2006-Agustus 2006 di Laboratorium Biofisika Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

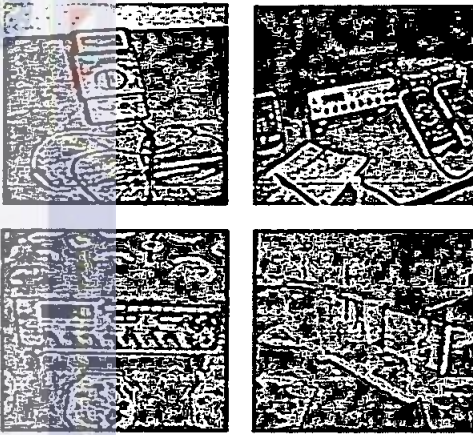
Alat dan bahan

Alat eksperimen karakterisasi membran (gambar 3) :

1. Multimeter
2. *Waterbath*
3. *Heater* (pemanas)
4. Osiloskop
5. Penguat sinyal
6. *Termostate* dan sensornya
7. *Chamber* membran

Sedangkan bahan-bahan yang akan dipakai untuk keperluan diatas adalah sebagai berikut

1. Aquades
2. Larutan elektrolit (KCl, NaCl, Na₂SO₄, K₂SO₄, CaCl₂, MgCl₂, CaCO₃, MgCO₃, AlCl₃)
3. Membran teflon
4. Elektroda perak Ag/AgCl

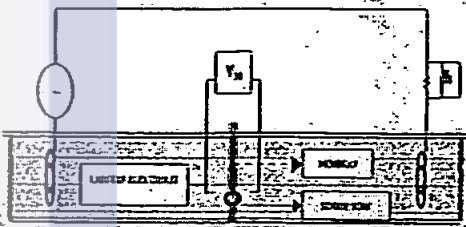


Gambar 3. Alat-alat penelitian

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian kali ini adalah mengukur nilai energi aktivasi membran dengan menggunakan parameter konduktansi. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan rangkaian yang didalamnya terdapat osiloskop, multimeter dan lain-lain yang digunakan untuk menentukan nilai karakteristik membran yaitu konduktansi yang diturunkan dari impedansinya.

Perlengkapan eksperimen utama berupa *chamber* dengan empat elektroda terpisah, sepasang elektroda pertama digunakan untuk memasang arus listrik bolak-balik dan sepasang elektroda lainnya untuk mengukur beda potensial membran dari larutan eksternalnya (gambar 4).



Gambar 4. Diagram skematik alat eksperimen pada *chamber*

Persiapan penelitian

Persiapan penelitian meliputi studi literatur yang diperlukan dalam penelitian baik berupa pengumpulan sumber-sumber acuan berupa buku, jurnal, skripsi, referensi dan sebagainya. Selain itu dipersiapkan dasar-dasar teori serta perumusan fisika dan matematika yang dibutuhkan dalam penelitian.

Persiapan eksperimen

Persiapan eksperimen yang dilakukan meliputi persiapan alat dan bahan membran,

persiapan pembuatan larutan elektrolit dan persiapan alat uji yang dipakai. Selanjutnya adalah pembuatan prosedur eksperimen secara lengkap.

Perlengkapan selanjutnya adalah pemanas (*heater*) dan *termostate*. Alat-alat ini digunakan untuk memvariasikan suhu larutan elektrolit terhadap nilai konduktansi membran akibat pengaruh konsentrasi ion dan valensi ion.

Prosedur eksperimen

Prosedur eksperimen lengkap penelitian ini adalah sebagai berikut:

Pengesetan alat eksperimen sedemikian rupa. Posisi *chamber* bersatu dengan *waterbath* dan pemanas suhu agak berjauhan dengan set alat lainnya. Hal ini dilakukan untuk menghindari efek pemanasan karena suhu pada *waterbath*.

Persiapan *waterbath*, meliputi pengisian air pada *waterbath*, usahakan agar air dapat menutup dinding *chamber*. Posisi *termostate* harus sedekat mungkin dengan letak membran, sebab alat inilah yang mendeteksi suhu larutan saat eksperimen, yang disebut suhu aktual.

Persiapan membran yang digunakan meliputi penempatan membran pada *chamber*. Elektroda di kedua sisi diletakkan tegak dan sejajar bidang horizontal, sedekat mungkin dengan membran dan stabil.

Eksperimen

Pada saat eksperimen dilakukan pengukuran parameter yang dapat menunjukkan berapa besar energi aktivasi ion, yaitu melalui pengukuran nilai konduktansi membran teflon yang kita gunakan. Parameter-parameter yang divariasikan dalam hal ini adalah konsentrasi larutan elektrolit dan valensi ionnya

Larutan yang digunakan untuk variasi valensi ion adalah KCl, NaCl, Na_2SO_4 , K_2SO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , CaCO_3 , MgCO_3 , dan AlCl_3 . Adapun variasi konsentrasi yang digunakan adalah 1 mM, 10 mM, dan 100 mM. Pembuatan larutan dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran dan pemekatan dengan menggunakan timbangan digital dan dilarutkan dalam gelas ukur 300 ml. Jadi larutan elektrolit yang digunakan pada *chamber* adalah larutan teknis.

Dari pengesetan yang telah dilakukan diharapkan didapatkan nilai konduktansi membran, dengan variasi suhu setiap kenaikan 5°C mulai 30°C sampai dengan 60°C , dan ketelitian 1 K atau 1°C dari masing-masing

konsentrasi larutan eksternal. Nilai didapat melalui pembacaan nilai tegangan membran dan tegangan standar yang terbaca melalui nilai yang ada di DVM, kemudian hasil pembacaan dicatat pada tabel data.

Pengambilan data

Pengambilan data dimulai pada larutan KCl dengan konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100mM tanpa membran. Pada saat pengambilan data awal suhu diset pada nilai terendah yaitu 30 °C, lalu dilanjutkan dengan penambahan setiap 5 °C sampai dengan suhu maksimum 60 °C. Lalu nilai yang tertera pada DVM yang merupakan nilai tegangan membrannya dicatat pada tabel data. Pengambilan data selanjutnya dilakukan pada larutan KCl dengan membran teflon dipasang pada chamber. Prosedur ini dilakukan 2 kali dengan konsentrasi dan membran yang sama. Lalu dilanjutkan dengan menggunakan larutan elektrolit yang lain.

Analisis data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear. Setelah mendapatkan nilai impedansi R, maka kita dapat menentukan nilai konduktansi yaitu

$$G = 1/R$$

Dalam penelitian ini digunakan nilai R yang diturunkan dari impedansi membran Z pada persamaan :

$$R = Z (1 + \tan^2 \theta)$$

Dengan θ adalah beda fase dua gelombang terhadap perioda gelombang citra pada osiloskop yang besarnya :

$$\theta = (\Delta V/T) \times 360^\circ$$

Nilai impedansi membran Z diperoleh dari hubungan matematis sebagai berikut

$$Z = (V_m / V_s) \times R_s$$

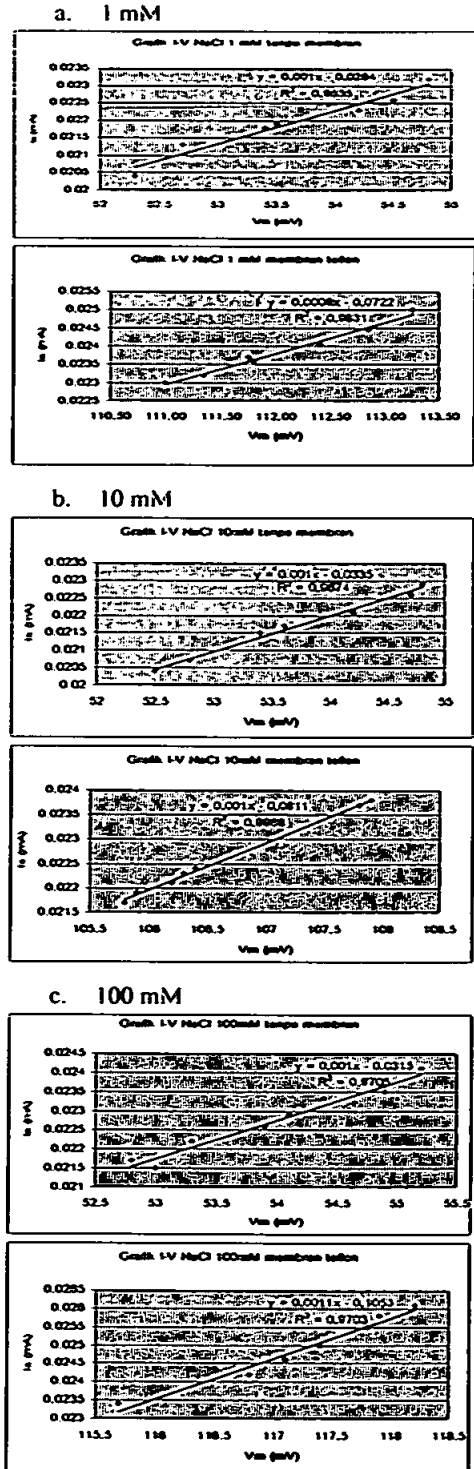
Dengan V_m adalah potensial membran, V_s potensial standar dan R_s hambatan standar. Karena nilai $\theta \pm 0$ sehingga $R = Z$ sehingga nilai konduktansi langsung dapat diperoleh dari kebalikan resistansinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik I-V Membran Teflon pada Berbagai Suhu

Salah satu karakteristik yang diamati dalam penelitian ini adalah karakteristik I-V membran teflon dikaitkan dengan perubahan suhu yang diberikan. Hasil karakteristik I-V diperlihatkan pada lampiran 7-33, yang menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu larutan, semakin besar gradien grafik I-V.

Grafik I-V NaCl 1mM, 10 mm, dan 100 mM dapat kita lihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik I-V membran teflon dalam pada berbagai suhu pada larutan NaCl.

Dapat dilihat dari grafik I-V bahwa kenaikan suhu mengakibatkan gradien atau kemiringan grafik naik secara linear. Pertambahan nilai suhu berbanding lurus dengan pertambahan nilai konduktansi membran, sehingga pertambahan suhu secara tidak langsung mempengaruhi karakteristik membran itu sendiri.

Hasil perhitungan nilai konduktansi pada berbagai konsentrasi larutan dapat dilihat pada lampiran 2-6. Meningkatnya nilai konduktansi karena pertambahan suhu dapat disebabkan beberapa faktor, antara lain faktor larutan. Ketika suhu dinaikkan, akan ada tambahan energi kinetik dari panas yang diberikan. Hal ini akan mengakibatkan ion-ion dan elektron mudah lepas, dan mudah bergerak, sehingga arus yang dibawa oleh ion-ion akan semakin besar pula. Akibatnya aliran arus yang melewati membran akan meningkat, sehingga nilai konduktansi pun meningkat.

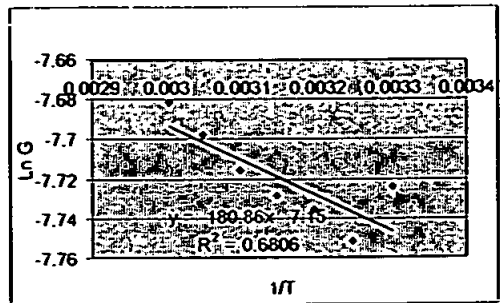
Selain faktor larutan, faktor membran juga berpengaruh dalam hal ini. Kenaikan suhu, akan menyebabkan kemampuan membran untuk mempertahankan bentuk pori-porinya semakin berkurang, ion-ion semakin mudah melewati membran dan aliran arus ion pun semakin besar, sehingga nilai konduktansi membran akan meningkat.

Pengaruh Konsentrasi Larutan Elektrolit Eksternal

Variasi konsentrasi larutan eksternal menentukan jumlah ion dalam larutan. Kenaikan konsentrasi akan meningkatkan kuantitas ion yang ada dalam larutan tersebut. Kenaikan kuantitas ion dalam sistem akan menurunkan resistivitas larutan tersebut. Konsentrasi larutan mempengaruhi mobilitas ion dan secara tidak langsung mempengaruhi konduktivitas larutan dan memberikan efek pada karakteristik konduktansi membran yang akan digunakan. Nilai konduktansi membran larutan elektrolit eksternal berbanding lurus dengan nilai konduktansi pori Gp. Kenaikan nilai konsentrasi larutan, diikuti dengan kenaikan nilai konduktansi pori.

Variasi konsentrasi ion larutan elektrolit eksternal yang digunakan dalam penelitian ini cukup memberikan hasil yang signifikan terhadap nilai konduktansi membran secara langsung. Kenaikan konsentrasi, diikuti konduktansi membran yang dihasilkan. Dari nilai konduktansi membran ini, kita dapat memplotkan grafik Ln G membran terhadap $1/T$ (lampiran 34-42). Dari gradien grafik, akan diperoleh suatu nilai yang apabila dikalikan dengan konstanta Boltzman dan

bilangan avogadro akan menghasilkan suatu nilai baru lagi yang dinamakan Energi aktivasi, seperti terlihat pada gambar 6, untuk larutan NaCl 1 mM.

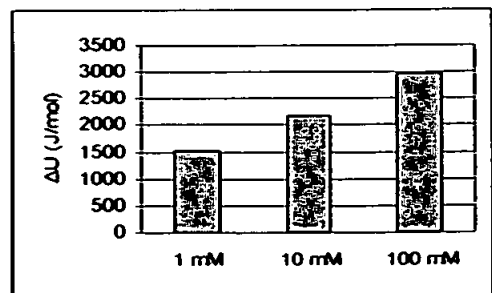


Gambar 6. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap suhu pada larutan NaCl 1 mM.

Nilai energi aktivasi untuk NaCl 1 mM dapat kita hitung dari gambar 6 dengan m (gradien) = $-180,86$; k (konstanta Boltzman) = $1,38662 \times 10^{-23}$ J/K; dan bilangan avogadro $L = 6,022 \times 10^{23}$ K/mol adalah 1510.221809 J/mol

Jika menggunakan tinjauan energi, pada umumnya berbagai proses berlangsung dengan suatu 'syarat'. 'Syarat ini dalam beberapa proses di modelkan sebagai suatu 'Barrier /Potensial Penghalang' sebesar ΔU (disebut juga Energi Aktivasi).

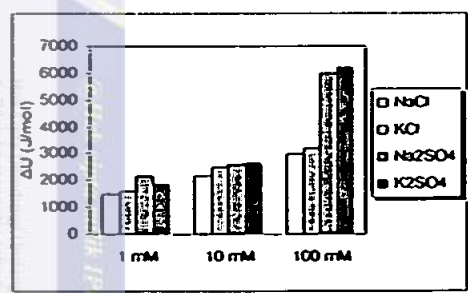
Energi aktivasi masing-masing larutan yang digunakan dalam penelitian ini dapat kita lihat pada lampiran 43-45. khusus untuk larutan NaCl, dapat kita lihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan antara konsentrasi larutan terhadap energi aktivasi ion pada larutan NaCl

Dari gambar 7 dapat kita lihat bahwa nilai energi aktivasi bervariasi terhadap pertambahan konsentrasi. Konsentrasi ion menentukan banyaknya ion yang ada pada larutan. Kenaikan konsentrasi larutan, akan meningkatkan jumlah ion yang terdapat dalam larutan tersebut. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi, nilai konduktansi pada sistem tersebut semakin meningkat juga.

Energi aktivasi untuk masing-masing konsentrasi larutan berbagai valensi yang digunakan dalam penelitian ini dapat kita lihat pada lampiran 46, dan untuk larutan bervalensi 1 dapat kita lihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan energi aktivasi terhadap konsentrasi pada larutan bervalensi 1

Pada konsentrasi rendah, ion-ion yang ada dimungkinkan hampir seluruhnya mampu melewati membran. Namun pada konsentrasi tinggi, jumlah ion yang mampu melewati membran maupun yang terhalang oleh membran juga semakin besar. Nilai konduktansi membran yang semakin besar menunjukkan bahwa ion yang mampu melewati membran semakin banyak, namun nilai energi aktivasi yang semakin besar juga menyatakan bahwa jumlah ion yang terhalang oleh membran juga semakin banyak.

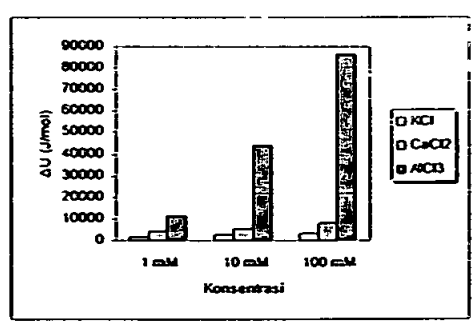
Dari nilai ΔU yang telah didapat dari eksperimen (lampiran 48 tabel. 2), kita juga dapat melakukan pendekatan perhitungan secara teoritis, melalui persamaan 3.

Energi aktivasi untuk larutan KCl dengan nilai $\epsilon_m = 3$ dan jari-jari membran $b = 10^{-9}$, $q = -1,6 \times 10^{-19}$, $\pi = 3,14$, $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$, didapat nilai ΔU sebesar $9,275 \times 10^3$. Nilai ΔU hasil perhitungan teoritis ini cukup mendekati ordenya dengan nilai ΔU .

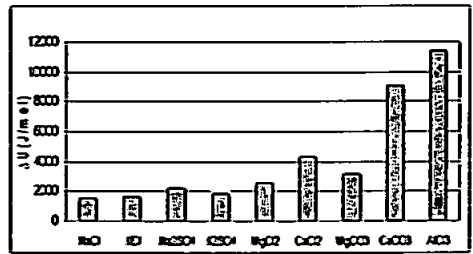
Pengaruh Valensi Ion Larutan Elektrolit Eksternal

Variasi valensi ion yang digunakan pada penelitian ini adalah K^+Cl^- , Na^+Cl^- , $K^+_2SO_4^{2-}$, $Na^+_2SO_4^{2-}$, $Ca^{+2}CO_3^{2-}$, $Mg^{+2}CO_3^{2-}$, $Ca^{+2}Cl_2$, $Mg^{+2}Cl_2$ dan $Al^{+3}Cl_3$, yang merupakan jenis elektrolit kuat dan mewakili valensi 1,2 dan 3. Pengaruh perbedaan valensi ion terhadap nilai energi aktivasi ion atau *energy barrier* membran dapat kita lihat pada lampiran 47.

Energi aktivasi ion negatif Cl⁻ berbagai valensi dapat kita lihat pada gambar 9, dan energi aktivasi berbagai larutan elektrolit untuk konsentrasi 1 mM dapat kita lihat pada gambar 10.



Gambar 9. Grafik hubungan energi aktivasi terhadap konsentrasi pada ion negatif Cl⁻ untuk larutan KCl, CaCl₂, dan AlCl₃.



Gambar 10. Grafik energi aktivasi larutan untuk konsentrasi 1 mM.

Dari gambar 9 dan gambar 10 dapat kita lihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan, nilai energi aktivasi ionnya akan semakin besar dan semakin tinggi nilai valensi ion positif yang melewati membran, nilai energi aktivasi ionnya juga semakin besar. Hal ini terjadi karena perubahan konsentrasi dan nilai valensi ion akan mempengaruhi nilai konduktansi membran yang akan mengakibatkan perubahan nilai energi valensi.

Dari grafik (lampiran 47) dan khususnya pada gambar 9 untuk ion negatif yang sama (Cl⁻) dapat dilihat bahwa nilai energi aktivasi terbesar adalah AlCl₃ untuk konsentrasi 1, 10 dan 100 mM. Dari grafik juga dapat dilihat bahwa secara umum, nilai ΔU larutan elektrolit bervalensi 3 > valensi 2 > valensi 1. Hal ini berarti bahwa membran teflon yang dipakai pada penelitian ini adalah membran yang bermuatan, sehingga semakin besar muatan atau valensi ion larutan elektrolit eksternalnya, maka *energy barrier* atau penolakan membrannya semakin besar pula. Lebih jauh lagi sebenarnya kita dapat menduga muatan membrannya secara kualitatif, namun pada penelitian ini, tidak akan membahas hal tersebut lebih lanjut.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Konduktansi membran berbanding lurus terhadap pertambahan suhu, dan karakteristik I-V membran teflon bersifat *Ohmik*.

Pertambahan konsentrasi larutan elektrolit eksternal mengakibatkan kenaikan nilai konduktansi membran. Hal ini berimplikasi terhadap nilai energi aktivasi ion yang menjadi semakin besar pula. Dari perbandingan nilai ΔU juga dapat disimpulkan bahwa valensi ion juga berpengaruh terhadap nilai energi aktivasi yang dihasilkan. Secara umum, semakin besar valensi ion, nilai ΔU membrannya semakin besar pula.

Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan alat yang dapat mempertahankan suhu pada saat pencatatan nilai arus sumber dan tegangan membran.

DAFTAR PUSTAKA

Azis, Eli Rohaeti. 1995. Pembuatan dan karakterisasi membran Polisulfon. Laporan Magang Peneliuan Dosen MIPA Universitas : Kimia, ITB. Bandung. Tidak diterbitkan.

Atkins, A.W. 1995. Physical Chemistry International Student Fifth Edition. Addison Wesley. New York.

Futselaar, Harry. 1964. The Transverse Flow Membrane Module. The Netherland. Den Haag.

Giancoli, Douglas C.1999. Fisika jilid 1. Jakarta : Erlangga.

Hartomo AJ, Widiatmoko. 1964. Teknologi Pemurnian Air. Yogyakarta : Andi Offset.

Juansah, Jajang. 2000. Karakteristik Arus Tegangan Membran Polisulfon dalam Larutan Elektrolit pada Berbagai Frekuensi, Konsentrasi dan Suhu [Skripsi]. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

Kaseno. 1999. Teknologi Membran : Prinsip Dasar, Pembuatan dan Aplikasinya. Makalah Seminar Pengembangan Teknologi Membran di Indonesia. BPPT. Jakarta.

Mallevalle, J., Odendaal, P. E., Wicseher, M. R. 1996. Water Treatment Membrane Processess. Mc. Graw Hill. New York.

Ningsih, Ucu. 2002. Kajian Berbagai Jenis Membran untuk Pemisahan Mikroba dari

Limbah Cair Industri Karet [Skripsi]. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

Osada, Y., Nakagawa, T. 1992. Membrane Science and Technology. Marcel Dekker, Inc. New York.

Rahmat, Mamat. 2000. Penentuan Impedansi Membran pada Berbagai Konsentrasi Larutan Eksternal dengan Metode Spektroskopi Impedansi [Skripsi]. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

Scott, K., R. Hughes. 1996. Industrial Membran Separation Technology. Blackie Academic and Profesional, London.

Tipler, Paul A. 2001. Fisika Untuk Sains dan Tekhnik. Jakarta: Erlangga.

Yustina, Nina.2001. Pengaruh Konsentrasi dan Valensi Ion Larutan Elektrolit Eksternal terhadap Konduktansi Membran Milipore pada Berbagai Suhu [Skripsi]. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

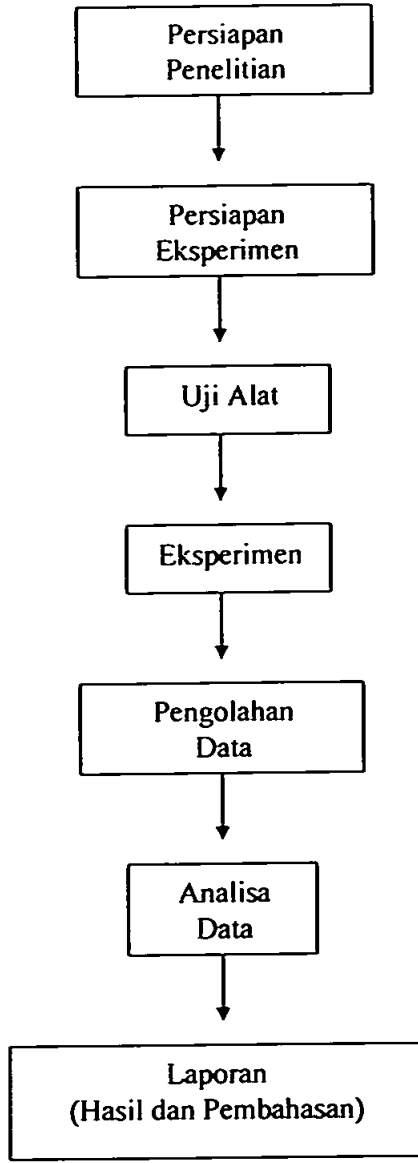


LAMPIRAN

Makalah Praktikum Usahung Usahung

1. Diketahui sebagai sebagai data sebagai karya yang terdapat menggunakan data menggunakan sumber :
2. Berwujudnya bentuk untuk mengetahui prosedur, analisis, penilaian karya ilmiah, permasalahan seperti, permasalahan bentuk atau mungkin dalam masalah
3. Yang tidak tidak masalah dengan prosedur yang wajar IPB University
4. Dengan menggunakan dan menggunakan sebagai data sebagai karya tulis ini dalam bentuk laporan terapan dari IPB University

Lampiran I. Alur Kerja Penelitian



Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi website resmi IPB University.

Lampiran 2. Data konduktansi larutan elektrolit NaCl dan KCl untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM

Larutan	l (cm)	T (°C)	T (°K)	1/T (1/°K)	tanpa membran (larutan)				dengan membran teflon (total)				Hasil		Gradien	konstanta	ΔU (J/mol)		
					Vs (mV)	Vm (mV)	Is (mA)	Z=(Vm/Vs)xR _s	Vs (mV)	Vm (mV)	Is (mA)	Z=(Vm/Vs)xR _s	R _m = Z _m - Z _t -Z	G membran				Ln G membran	
NaCl	1 mM	30	303	0.003300330	20.4	52.3	0.0204	2583.72849	23.00	111.00	0.023	4828.086957	2262.361468	0.000442018	-7.724184443	-180.88	8.35022564	1510.221809	
		35	308	0.003248783	21.3	52.7	0.0213	2474.178404	23.20	111.35	0.0232	4766.588868	2325.390582	0.000430038	-7.751843287				
		40	313	0.003184888	21.8	53.4	0.0218	2449.541284	23.60	111.80	0.0238	4737.288138	2287.748851	0.000437111	-7.733322704				
		45	318	0.003144854	21.9	53.5	0.0219	2442.922374	23.70	111.75	0.0237	4715.189873	2272.287499	0.000440089	-7.72833351				
		50	323	0.003095978	22.3	54.2	0.0223	2430.483274	24.05	112.40	0.02408	4673.598874	2243.1034	0.000448811	-7.718815832				
		55	328	0.003048780	22.8	54.5	0.0226	2411.504423	24.45	112.85	0.02445	4615.541922	2204.037498	0.000453713	-7.698048184				
		60	333	0.003003003	23.2	54.8	0.0232	2382.088988	25.00	113.25	0.025	4530	2187.931634	0.000481289	-7.681528551				
		10 mM	30	303	0.003300330	20.4	52.8	0.0204	2573.526412	21.7	108.8	0.0217	4873.578037	2302.048825	0.000434398				-7.741853843
	35		308	0.003248783	20.7	52.8	0.0207	2550.724838	21.9	108.9	0.0219	4835.818438	2284.891801	0.000437837	-7.73407395				
	40		313	0.003184888	21.5	53.4	0.0218	2483.72093	22.1	108.2	0.0221	4805.429884	2321.708934	0.000430717	-7.750058803				
	45		318	0.003144854	21.7	53.8	0.0217	2470.048083	22.3	108.3	0.0223	4786.818143	2296.770081	0.000435384	-7.739235693				
	50		323	0.003095978	22.1	54.2	0.0221	2452.488888	22.4	108.4	0.0224	4750	2297.511312	0.000435254	-7.739581778				
	55		328	0.003048780	22.8	54.7	0.0226	2420.353982	23.7	107.8	0.0237	4548.523207	2128.189224	0.000489887	-7.68301737				
	60		333	0.003003003	22.9	54.8	0.0226	2393.0131	23.8	107.9	0.0238	4533.813445	2140.600348	0.000487159	-7.688841604				
	100 mM		30	303	0.003300330	21.5	53	0.0218	2465.118279	23.4	118.7	0.0234	4944.444444	2479.328185	0.000403335	-7.818742901	-354.72	8.35022564	2861.892039
		35	308	0.003248783	21.7	52.8	0.0217	2433.199724	24.2	118.8	0.0242	4828.446281	2393.286557	0.000417839	-7.780414472				
		40	313	0.003184888	22.2	53.3	0.0222	2400.900901	24.8	117.1	0.0248	4760.182802	2330.281701	0.000423881	-7.78810401				
		45	318	0.003144854	22.8	53.9	0.0226	2384.935752	25	117.4	0.025	4698.000000	2311.044248	0.000432705	-7.743454787				
		50	323	0.003095978	22.9	54.1	0.0226	2382.445415	25.8	117.8	0.0255	4619.807843	2257.182428	0.000443034	-7.721883741				
		55	328	0.003048780	23.5	54.9	0.0235	2336.170213	25.8	117.9	0.0258	4569.767442	2233.597226	0.000447708	-7.711388872				
		60	333	0.003003003	24.1	55.2	0.0241	2280.456432	28.1	118.2	0.0281	4528.735832	2238.279201	0.000448772	-7.713462638				
		KCl	1 mM	30	303	0.003300330	17.1	20.1	0.0171	1178.438898	24.4	84.2	0.0244	3450.819872	2275.381078	0.000439487			
	35			308	0.003248783	17.3	20.4	0.0173	1179.190781	24.7	84.8	0.0247	3425.101218	2245.910483	0.000448254	-7.716888289			
	40			313	0.003184888	18.2	21.2	0.0182	1184.835185	24.8	84.7	0.0248	3415.322581	2250.487418	0.000444348	-7.718992101			
45	318			0.003144854	18.4	21.3	0.0184	1187.608898	25.4	89.8	0.0254	3323.822047	2388.013352	0.000422852	-7.788981688				
50	323			0.003095978	21.3	24.2	0.0213	1138.150235	25.8	89.8	0.0258	3300	2383.849785	0.000423038	-7.788048823				
55	328			0.003048780	21.5	24.8	0.0218	1144.186047	28.3	92.4	0.0283	3283.017868	2120.831821	0.000471513	-7.859583585				
60	333			0.003003003	21.9	24.9	0.0219	1138.988301	28.4	92.8	0.0284	3287.042254	2120.059592	0.000471888	-7.85919778				
10 mM	30			303	0.003300330	18.7	21.2	0.0187	1133.888984	24.8	101.8	0.0248	4130.081301	2698.391411	0.000333735	-8.005183997	-297.74	8.35022564	2486.166182
	35		308	0.003248783	19.1	23.1	0.0191	1209.424084	24.8	102.1	0.0248	4118.935484	2607.5114	0.000343937	-7.975032805				
	40		313	0.003184888	19.8	24.7	0.0195	1286.888887	24.9	102.9	0.0249	4132.53012	2885.863434	0.000348935	-7.980824984				
	45		318	0.003144854	19.4	24.9	0.0194	1283.505155	25.1	103.7	0.0251	4131.474104	2847.988949	0.000351127	-7.95438137				
	50		323	0.003095978	19.8	25.3	0.0198	1277.777778	25.4	104.8	0.0254	4125.984252	2848.208474	0.000351098	-7.954444788				
	55		328	0.003048780	19.7	26	0.0197	1318.799984	25.8	104.9	0.0258	4097.85825	2777.859298	0.000359899	-7.926435873				
	60		333	0.003003003	20.2	27.5	0.0202	1381.588139	25.9	105.1	0.0259	4057.818058	2698.528919	0.000370847	-7.899720839				
	100 mM		30	303	0.003300330	20.8	23.2	0.0208	1118.384615	20.1	128.0	0.0201	6288.858718	5153.272101	0.000194051	-8.547387151			
35			308	0.003248783	21.5	24.8	0.0218	1183.488372	20.8	128.2	0.0208	6128.213592	4972.72522	0.000201097	-8.511723303				
40			313	0.003184888	21.8	24.1	0.0218	1118.740741	20.9	128.8	0.0209	6037.418288	4941.875527	0.000202381	-8.505459728				
45			318	0.003144854	21.7	24.9	0.0217	1147.488438	21.2	128.9	0.0212	6085.849037	4838.383819	0.000208881	-8.484335981				
50			323	0.003095978	21.9	25.2	0.0219	1160.884832	21.7	127.1	0.0217	6057.142857	4708.487928	0.000212474	-8.458890871				
55			328	0.003048780	22.0	25.8	0.022	1172.727273	21.8	127.3	0.0218	6039.449541	4688.722289	0.000214283	-8.448212235				
60			333	0.003003003	23.1	28.7	0.0231	1185.844188	22.3	128	0.0223	6739.910314	4584.088158	0.000218147	-8.430341691				

Lampiran 3. Data konduktansi larutan elektrolit Na₂SO₄ dan K₂SO₄ untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM

Larutan	T (°C)	T (°K)	1/T (1/°K)	tanpa membran (larutan)				dengan membran teflon (total)				Hasil		Gradien	konstanta	ΔU (J/mol)			
				Vs (mV)	Vm (mV)	Is (mA)	Z=(Vm/Vs)xR _s	Vs (mV)	Vm (mV)	Is (mA)	Z=(Vm/Vs)xR _s	R _m = Z _m = Z _t -Z _i	G membran				Ln G membran		
Na ₂ SO ₄	1 mM	30	303	0.003300330	15.2	82.3	0.0182	3440.789474	15.2	109.8	0.0182	7210.528318	3789.736842	0.000285271	-8.234780475	-280.98	8.35022584	2179.241888	
		35	308	0.003248783	16.3	82.7	0.0183	3233.128634	16.85	109.8	0.01885	7018.874441	3782.845807	0.000284351	-8.238231811				
		40	313	0.003194888	17.9	83.3	0.0179	2977.853831	18.9	110	0.0189	6918.238994	3940.583362	0.000283789	-8.27908458				
		45	318	0.003144854	18.2	83.9	0.0182	2961.838462	18.2	111.2	0.0182	8864.197831	3902.836089	0.000286238	-8.269413412				
		50	323	0.003095978	19.4	84.2	0.0184	2763.814433	17.1	111.9	0.0171	8843.859849	3750.048218	0.000288883	-8.229323177				
		55	328	0.003048780	21.3	84.7	0.0213	2568.078117	18.3	112.4	0.0183	8075.875878	3507.800558	0.000285085	-8.182887481				
	60	333	0.003003003	21.9	84.8	0.0219	2502.283108	18.7	113.4	0.0187	8084.171123	3581.888018	0.00028078	-8.178048025					
	10 mM	30	303	0.003300330	15.2	87.8	0.0182	3789.473684	15.2	79.2	0.0182	8210.828318	1421.052632	0.000703704	-7.259183188	-312.77	8.35022584	2811.700073	
		35	308	0.003248783	15.9	87.8	0.0189	3635.220128	17.1	81.2	0.0171	4748.538012	1113.317888	0.000898218	-7.018099922				
		40	313	0.003194888	19.2	88.2	0.0192	3631.25	19.3	83.4	0.0193	4321.243523	1289.993523	0.000778198	-7.162392477				
		45	318	0.003144854	19.8	88.9	0.0198	3005.102041	19.8	83.5	0.0198	4260.204082	1255.102041	0.000798748	-7.134972188				
		50	323	0.003095978	23.3	89.1	0.0233	2538.480687	23.5	87.8	0.0235	3727.838374	1191.178888	0.000839504	-7.082898758				
		55	328	0.003048780	24.8	89.2	0.0245	2418.328531	24.8	88.8	0.0248	3801.828018	1185.299488	0.000843689	-7.077780782				
	60	333	0.003003003	25.7	89.8	0.0257	2319.088148	25.3	89.4	0.0283	3533.598838	1214.83089	0.000823383	-7.102113018					
	100 mM	30	303	0.003300330	16.1	88.7	0.0181	3845.982733	16.1	118.0	0.0181	7204.988944	3559.068211	0.000289977	-8.177238831	-719.39	8.35022584	6007.068823	
		35	308	0.003248783	16.4	88.9	0.0184	3261.088937	17.3	118.2	0.0173	8718.783008	3515.878049	0.00028444	-8.184887118				
		40	313	0.003194888	19.8	89.1	0.0198	3030.798231	19.1	121.0	0.0191	8338.078534	3304.309303	0.000302838	-8.102882745				
		45	318	0.003144854	20.4	89.2	0.0204	2950.980392	20.1	122.8	0.0201	8108.452736	3159.472344	0.000318608	-8.057843784				
		50	323	0.003095978	21.3	81.9	0.0213	2908.103286	20.4	123.8	0.0204	8088.827451	3182.824185	0.000318203	-8.059125774				
		55	328	0.003048780	22.9	82.1	0.0229	2711.790393	21.3	124.7	0.0213	8854.480094	3142.889701	0.000318201	-8.052827841				
	60	333	0.003003003	23.1	82.3	0.0231	2698.989897	22.9	125.8	0.0229	8484.716187	2787.74648	0.000358713	-7.932888828					
	K ₂ SO ₄	1 mM	30	303	0.003300330	20.4	40.3	0.0204	1978.490198	20.90	119.85	0.0209	8754.449781	3758.959385	0.000288031	-8.231897487	-220.88	8.35022584	1841.725787
			35	308	0.003248783	22.8	42.9	0.0228	1881.878947	21.00	120.05	0.0210	8718.888887	3835.087719	0.00028078	-8.251847887			
			40	313	0.003194888	22.8	43.2	0.0228	1894.738842	21.26	120.18	0.0212	8687.45283	3772.718988	0.000285081	-8.235550442			
45			318	0.003144854	23.4	43.4	0.0234	1854.700883	21.90	121.15	0.0219	8531.98347	3877.282818	0.000271941	-8.2099239				
50			323	0.003095978	23.8	43.8	0.0235	1855.319149	22.10	121.45	0.0221	8495.478113	3840.158884	0.000274714	-8.199781807				
55			328	0.003048780	23.7	44.4	0.0237	1873.417722	22.30	121.85	0.0223	8480.872848	3877.284824	0.000279544	-8.182331004				
60		333	0.003003003	24.5	44.9	0.0245	1832.833081	22.48	121.90	0.0228	8429.844098	3597.191037	0.000277995	-8.187908552					
10 mM		30	303	0.003300330	21.8	47.5	0.0215	2209.302328	24.45	128.30	0.0245	8247.443783	3038.141437	0.000329149	-8.019001238	-317.27	8.35022584	2649.276089	
		35	308	0.003248783	21.7	48.1	0.0217	2218.589882	24.58	128.85	0.0248	8238.282548	3019.888284	0.000331183	-8.01280041				
		40	313	0.003194888	22.6	48.8	0.0228	2180.442478	24.80	129.10	0.0248	8205.645181	3055.202883	0.000327311	-8.024801214				
		45	318	0.003144854	22.9	49.2	0.0229	2148.471818	25.76	129.85	0.0257	8044.747082	2898.278488	0.000345271	-7.971180888				
		50	323	0.003095978	23.7	49.8	0.0237	2101.288823	26.05	130.00	0.0261	4990.403071	2889.137248	0.000348124	-7.968713207				
		55	328	0.003048780	24.1	50.7	0.0241	2103.73444	26.80	130.30	0.0268	4918.981132	2813.248892	0.000355481	-7.942084502				
60		333	0.003003003	24.9	51.2	0.0249	2086.2249	26.90	130.85	0.0269	4858.877323	2800.852424	0.00035708	-7.937807878					
100 mM		30	303	0.003300330	20.8	42.9	0.0208	2082.5	44.2	130.2	0.0442	2845.701357	883.2013578	0.001132245	-8.783553213	-743.83	8.35022584	8269.478293	
		35	308	0.003248783	21.2	43.4	0.0212	2047.189811	44.8	130.8	0.0448	2828.251121	881.0813088	0.001134989	-8.781149914				
		40	313	0.003194888	21.3	43.4	0.0213	2037.858885	44.8	130.9	0.0448	2821.878	884.3183148	0.001130817	-8.784814821				
		45	318	0.003144854	21.8	43.9	0.0218	2013.781488	43.4	131.3	0.0454	2892.070485	878.3090168	0.001138551	-8.777998487				
		50	323	0.003095978	21.8	45.2	0.0218	2073.584489	43.8	131.9	0.0488	2879.812884	808.5181883	0.001239889	-8.892728425				
		55	328	0.003048780	22.1	47.1	0.0221	2131.221718	48.5	132.4	0.0483	2847.311828	718.0901088	0.001388472	-8.873806009				
60		333	0.003003003	22.9	48.1	0.0229	2100.458881	46.7	132.8	0.0487	2839.400428	738.983747	0.001353248	-8.803248883					

Lampiran 4. Data konduktansi larutan elektrolit MgCl₂ dan CaCl₂ untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM

Larutan	()	T (°C)	T (°K)	1/T (1/K)	tanpa membran (larutan)				dengan membran teflon (total)				Hasil		Gradien	konstanta	ΔU (J/mol)		
					V _a (mV)	V _m (mV)	I _a (mA)	Z=(Vm/Va)xRs	V _a (mV)	V _m (mV)	I _a (mA)	Z=(Vm/Va)xRs	R _m =Z _m =Z _i -Z _i	G membran				Ln G membran	
MgCl ₂	1 mM	30	303	0.003300330	20.2	40.1	0.0202	1985.148518	23.30	117.15	0.0233	8027.896998	3042.748481	0.00032885	-8.020518491	-318.63	8.35022564	2643.931944	
		35	308	0.003248753	21.7	41.8	0.0217	1926.287281	24.35	118.50	0.02455	4826.88391	2900.618826	0.000344754	-7.972878824				
		40	313	0.003194888	21.9	41.9	0.0219	1913.242009	25.25	119.20	0.02525	4720.792078	2807.55007	0.000358182	-7.9400687521				
		45	318	0.003144854	22.5	42.8	0.0225	1893.333333	25.80	119.80	0.0258	4687.968873	2774.635417	0.000360408	-7.928274838				
		50	323	0.003095975	22.8	42.7	0.0228	1872.807018	25.90	120.05	0.0259	4635.135135	2782.328118	0.000362013	-7.923829124				
		55	328	0.003048780	22.9	42.9	0.0229	1873.362445	26.15	120.65	0.02615	4613.76873	2740.404285	0.00036491	-7.915860738				
		60	333	0.003003003	23.5	43.4	0.0235	1848.808511	26.30	120.90	0.0263	4598.958175	2750.149864	0.000363617	-7.919410813				
		10 mM	30	303	0.003300330	18.8	44.8	0.0185	2410.610811	19.8	123	0.0198	8212.121212	3801.310401	0.000263087				-8.243101129
	35	308	0.003248753	18.8	44.7	0.0188	2377.859574	19.9	123.1	0.0199	8185.929848	3808.270074	0.000262588	-8.244930318					
	40	313	0.003194888	19.7	45.8	0.0197	2324.607306	21.8	123.3	0.0218	5708.333333	3383.480237	0.000295585	-8.128854204					
	45	318	0.003144854	19.8	45.9	0.0198	2318.181818	22.4	123.4	0.0224	5508.628571	3190.748753	0.000313408	-8.06801028					
	50	323	0.003095975	20.8	48.7	0.0208	2245.192308	22.7	123.5	0.0227	5440.528634	3195.338327	0.000312958	-8.069447828					
	55	328	0.003048780	22.1	48.2	0.0221	2180.995478	22.8	124.1	0.0228	5442.982458	3261.988081	0.000308582	-8.090091792					
	60	333	0.003003003	23.2	49.1	0.0232	2116.37631	22.9	124.8	0.0229	5449.781659	3333.402349	0.000299984	-8.111748788					
	100 mM	30	303	0.003300330	31.70	44.8	0.0317	1408.640083	30.30	139.40	0.0303	4600.880088	3193.720003	0.000313114	-8.088941881	-653.22	8.35022564	7059.602085	
	35	308	0.003248753	32.05	48.1	0.03205	1438.377635	32.40	140.40	0.0324	4333.333333	2894.955798	0.000345428	-7.976725122					
	40	313	0.003194888	32.30	47.2	0.0323	1481.30031	32.90	140.88	0.0329	4281.185015	2819.854708	0.000384828	-7.94444084					
	45	318	0.003144854	32.48	47.8	0.03245	1473.035439	33.50	141.00	0.0335	4208.955224	2735.919785	0.000383508	-7.91422298					
	50	323	0.003095975	32.85	47.9	0.03255	1471.882181	34.10	141.10	0.0341	4137.829912	2688.247731	0.000378059	-7.888427419					
	55	328	0.003048780	32.80	48.6	0.0328	1481.707317	35.20	141.30	0.0352	4014.204545	2532.487228	0.000394867	-7.835961142					
	60	333	0.003003003	32.90	49.8	0.0329	1513.677812	37.20	141.40	0.0372	3801.075289	2287.367457	0.000437178	-7.735189989					
	CaCl ₂	1 mM	30	303	0.003300330	18.8	42.4	0.0188	2523.809524	18.15	114.6	0.01815	8314.049587	3790.240093	0.000283938	-8.240184837	-528.53	8.35022564	4368.644308
			35	308	0.003248753	19	44.7	0.019	2352.831879	18.7	118.7	0.0187	8187.185773	3834.334198	0.000280788	-8.251803245			
			40	313	0.003194888	19.2	44.8	0.0192	2333.333333	19.3	118.2	0.0193	8020.725389	3687.392053	0.000271194	-8.212674727			
45			318	0.003144854	19.5	45.2	0.0195	2317.948718	20	118.8	0.02	5830	3512.051282	0.000284734	-8.183955357				
50			323	0.003095975	20.5	48.1	0.0205	2248.780488	20.4	117.2	0.0204	5745.098039	3486.317351	0.000288013	-8.159485585				
55			328	0.003048780	20.9	48.5	0.0208	2224.860383	20.8	117.7	0.0208	5658.833848	3433.773463	0.000291225	-8.141415071				
60			333	0.003003003	21.8	47.2	0.0218	2185.185185	21.7	118	0.0217	5437.788018	3252.802833	0.000307446	-8.087210827				
10 mM			30	303	0.003300330	14	47.1	0.014	3364.265714	16.2	122.7	0.0182	7574.074074	4209.78838	0.000237842	-8.343187635	-629.99	8.35022564	5260.558851
35		308	0.003248753	14.2	48.9	0.0142	3443.881972	17.6	123.1	0.0178	6994.318182	3550.85621	0.000281638	-8.174887713					
40		313	0.003194888	15.4	50.1	0.0154	3253.246783	17.7	124.1	0.0177	7011.299435	3758.052682	0.000288095	-8.218185198					
45		318	0.003144854	15.8	50.2	0.0155	3238.709877	18	124.8	0.018	6933.333333	3694.823658	0.000270864	-8.214633978					
50		323	0.003095975	18.1	50.7	0.0181	3149.088323	18.3	125.4	0.0183	6852.459018	3703.390863	0.000270023	-8.217004083					
55		328	0.003048780	18.8	51.3	0.0188	3090.361448	18.1	126.8	0.0191	6828.272251	3537.910806	0.000282633	-8.171291684					
60		333	0.003003003	17.3	53.1	0.0173	3089.364162	20.4	127.2	0.0204	6235.264118	3185.929936	0.000318863	-8.080202116					
100 mM		30	303	0.003300330	27.3	47.8	0.0273	1743.589744	27.7	133.3	0.0277	4819.494585	3078.904841	0.000325108	-8.031354394	-688.88	8.35022564	8257.371131	
35		308	0.003248753	27	50.3	0.027	1862.962963	28.2	134	0.0282	4751.77305	2888.610087	0.000348183	-7.988599962					
40		313	0.003194888	27.8	52.7	0.0278	1895.883453	28.8	134.3	0.0288	4683.194444	2787.510991	0.000381338	-7.923763836					
45		318	0.003144854	28.7	54.1	0.0287	1885.017422	29.4	134.8	0.0294	4585.034014	2700.018592	0.000370388	-7.901013197					
50		323	0.003095975	28.1	56.3	0.0281	2003.558719	29.9	136.9	0.0299	4545.180502	2541.591783	0.000393484	-7.84054585					
55		328	0.003048780	29.3	57	0.0293	1845.302401	31	138.9	0.031	4416.129032	2470.738541	0.000404738	-7.81227118					
60		333	0.003003003	29.4	59.2	0.0294	2013.808442	32.3	137.8	0.0325	4233.848154	2226.240712	0.000480402	-7.705370888					

Lampiran 5. Data konduktansi larutan elektrolit $MgCO_3$ dan $CaCO_3$ untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM

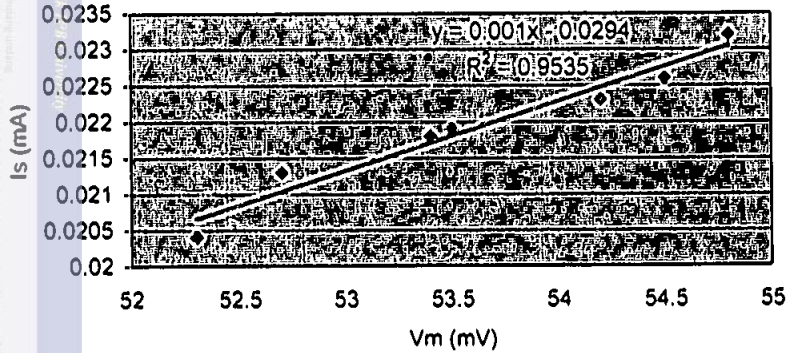
Larutan	[]	T (°C)	T (°K)	1/T (1/°K)	tanpa membran (larutan)				dengan membran teflon (total)				Hasil		Gradian	konstanta	ΔU (J/mol)		
					V_s (mV)	V_m (mV)	I_s (mA)	$Z_s=(V_m/V_s) \times R_s$	V_s (mV)	V_m (mV)	I_s (mA)	$Z_s=(V_m/V_s) \times R_s$	$R_m = Z_m = Z_i - Z_i$	G membran				$\ln G$ membran	
$MgCO_3$	1 mM	30	303	0.003300330	20.1	47.1	0.0201	2343.283582	20.80	102.8	0.0206	4990.261262	2647.007688	0.000377788	-7.881185104	-384.17	8.35022564	3207.908184	
		35	308	0.003248753	22.8	49.7	0.0228	2179.824561	20.80	103.1	0.0208	4958.730789	2778.908208	0.000380113	-7.929092712				
		40	313	0.003194888	22.9	49.8	0.0229	2174.872489	21.10	103.8	0.0211	4919.43128	2744.758791	0.000384331	-7.817448478				
		45	318	0.003144854	23.1	50.0	0.0231	2184.802185	21.90	103.9	0.0219	4744.292237	2576.790073	0.000387828	-7.855483308				
		50	323	0.003095978	24.8	52.1	0.0245	2128.550812	22.50	104.1	0.0225	4628.688867	2500.138054	0.000399978	-7.824100431				
		55	328	0.003048780	28.3	53.2	0.0283	2022.813888	23.00	104.8	0.023	4543.478261	2520.864573	0.000398721	-7.832277885				
	60	333	0.003003003	28.9	53.9	0.0289	2003.717472	23.70	105.2	0.0237	4438.818585	2435.101093	0.000410881	-7.797743551					
	10 mM	30	303	0.003300330	20.2	53.3	0.0202	2838.813881	21.60	117.70	0.0218	5449.074074	2810.480213	0.000355814	-7.841103528	-821.24	8.35022564	5187.494177	
		35	308	0.003248753	20.8	53.9	0.0208	2851.348184	22.50	118.85	0.0225	5282.222222	2890.878088	0.000371828	-7.897822098				
		40	313	0.003194888	21.7	54.8	0.0217	2825.345822	22.80	119.90	0.0228	5258.77193	2733.428302	0.000385841	-7.813311159				
		45	318	0.003144854	21.9	54.9	0.0219	2808.849318	23.30	120.45	0.0233	5189.527897	2682.878582	0.000375882	-7.887087881				
		50	323	0.003095978	22.3	55.2	0.0223	2478.338323	24.00	120.90	0.024	5037.3	2582.183877	0.000390295	-7.848807387				
		55	328	0.003048780	22.4	55.3	0.0224	2468.75	24.60	121.55	0.0246	4945.121951	2478.371931	0.000403817	-7.814548845				
	60	333	0.003003003	22.1	58.1	0.0221	2838.481838	25.80	122.85	0.0255	4809.803922	2271.342383	0.000440288	-7.728128294					
	100 mM	30	303	0.003300330	44.1	60.1	0.0441	1382.811791	42.2	127.0	0.0422	3009.478873	1648.888882	0.000807287	-7.408508452	-1043.8	8.35022564	8715.965523	
		35	308	0.003248753	44.2	62.3	0.0442	1409.602282	43.3	127.8	0.0433	2951.501155	1541.898892	0.000848509	-7.340834838				
		40	313	0.003194888	44.8	62.9	0.0448	1410.313901	44.2	127.9	0.0442	2893.885158	1483.351297	0.000874149	-7.50205917				
		45	318	0.003144854	44.8	63.4	0.0448	1418.178571	45.2	128.2	0.0452	2838.283188	1421.104814	0.000703878	-7.259189748				
		50	323	0.003095978	44.9	64.2	0.0449	1429.844098	48.1	128.0	0.0481	2798.264842	1388.420544	0.00073077	-7.221412488				
		55	328	0.003048780	45.0	64.9	0.045	1442.222222	47.2	129.1	0.0472	2735.186492	1292.847286	0.000773427	-7.164878598				
	60	333	0.003003003	45.7	65.3	0.0457	1428.884028	49.9	129.8	0.0499	2601.202405	1172.318376	0.000853011	-7.088738587					
	$CaCO_3$	1 mM	30	303	0.003300330	11.8	41.8	0.0118	3542.372881	9.2	124.3	0.0092	13510.86957	9988.498884	0.000100318	-9.207185088	-1087.6	8.35022564	9081.705406
			35	308	0.003248753	12.8	42.7	0.0128	3388.888889	9.4	128.2	0.0094	13425.83191	10036.84303	0.000149E-05	-9.213997977			
			40	313	0.003194888	12.8	42.8	0.0128	3343.78	10.1	128.7	0.0101	12544.55448	9200.804455	0.000108888	-9.1270482			
45			318	0.003144854	12.9	42.9	0.0129	3328.581395	10.9	127.0	0.0109	11851.37815	8325.794751	0.000120109	-9.027113778				
50			323	0.003095978	13.8	43.4	0.0138	3214.814815	11.2	127.2	0.0112	11357.14288	8142.328042	0.000122815	-9.004831418				
55			328	0.003048780	13.8	43.8	0.0138	3198.826412	11.7	127.7	0.0117	10914.52991	7718.000503	0.000129801	-8.951051439				
60		333	0.003003003	14.4	44.3	0.0144	3078.388889	12.1	127.8	0.0121	10581.88347	7485.594582	0.00013359	-8.92073373					
10 mM		30	303	0.003300330	8.20	53.1	0.0082	8478.809758	9.7	127.3	0.0087	13123.71134	8848.101584	0.000150419	-8.802088817	-1523	8.35022564	12717.39385	
		35	308	0.003248753	8.30	55.1	0.0083	8838.534217	9.8	127.4	0.0088	13000	8581.443783	0.000187197	-8.758010853				
		40	313	0.003194888	8.80	55.7	0.0088	8329.543455	10.4	127.8	0.0104	12288.48184	8958.918084	0.000187818	-8.892843878				
		45	318	0.003144854	9.10	58.1	0.0091	8184.835185	10.8	128.9	0.0108	11935.18519	8770.35002	0.0001733	-8.86048802				
		50	323	0.003095978	9.80	58.2	0.0098	8734.893878	11.2	131.3	0.0112	11723.21429	8688.520408	0.000188988	-8.89759965				
		55	328	0.003048780	10.70	58.3	0.0107	8281.682243	13.2	133.8	0.0132	10121.21212	8859.828878	0.000203781	-8.488898979				
60		333	0.003003003	10.80	57.1	0.0108	8287.037037	14.7	135	0.0147	9183.873469	3898.858432	0.000258832	-8.287869007					
100 mM		30	303	0.003300330	4.8	48.0	0.0048	10000	5.00	124.90	0.005	24980	14980	6.87837E-03	-9.814471257	-2024.5	8.35022564	18905.03181	
		35	308	0.003248753	5.2	48.1	0.0052	9250	5.20	128.40	0.0052	24115.38462	14885.38462	8.72704E-03	-9.808790809				
		40	313	0.003194888	5.4	49.7	0.0054	9203.703704	5.30	128.08	0.0053	23783.01887	14579.31518	8.83903E-03	-9.887359034				
		45	318	0.003144854	5.8	49.9	0.0058	8910.714288	6.80	128.90	0.0068	18881.78471	9781.05042	0.000162353	-9.185130264				
		50	323	0.003095978	8.70	50.1	0.0087	7477.81194	8.90	128.15	0.0089	18572.46377	11094.85183	9.01319E-03	-9.31423848				
		55	328	0.003048780	7.80	50.3	0.0078	8448.717649	8.20	129.85	0.0082	15798.78049	9330.082339	0.000108951	-9.143138311				
60		333	0.003003003	8.50	50.6	0.0085	8952.941178	8.90	130.95	0.0089	14713.48318	8780.54107	0.000114148	-9.078013051					

Lampiran 6. Data konduktansi larutan elektrolit AICI3 untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM

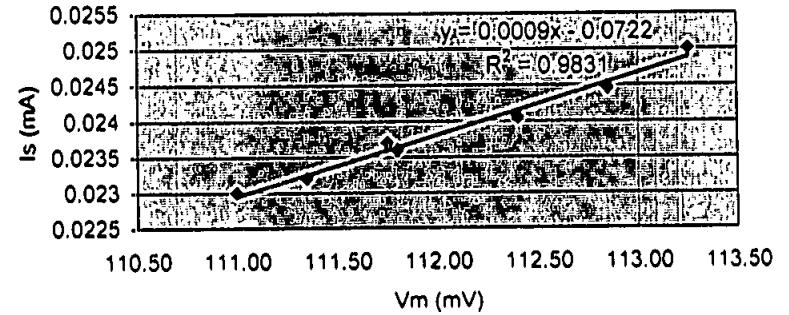
Larutan	[]	T (°C)	T (°K)	1/T (1/°K)	tanpa membran (larutan)				dengan membran teflon (total)				Hasil		Gradien	konstanta	ΔU (J/mol)	
					Vs (mV)	Vm (mV)	Is (mA)	Z=(Vm/Vs)×Rs	Vs (mV)	Vm (mV)	Is (mA)	Z=(Vm/Vs)×Rs	Rm = Zm = Zi - Zi	G membran				Ln G membran
AICI3	1 mM	30	303	0.003300330	20	54.4	0.02	2720	19.8	118.2	0.0108	5928.571429	3208.571429	0.000311885	-8.073581079	-1384.3	8.35022564	11302.21284
		35	308	0.003248753	20.8	54.7	0.0208	2855.338808	21.4	117.9	0.0214	5509.345794	2854.005989	0.000350385	-7.956478806			
		40	313	0.003194888	21.5	55.2	0.0215	2567.44188	21.7	118.2	0.0217	5447.004808	2879.582748	0.000347275	-7.985393738			
		45	318	0.003144854	22.1	56.3	0.0225	2347.511312	22.8	119.0	0.0228	5285.488728	2717.975413	0.000387921	-7.907842549			
		50	323	0.003095975	22.8	57.8	0.0225	2555.555558	23.7	119.8	0.0237	5054.852321	2499.298785	0.000400113	-7.823784877			
		55	328	0.003048780	22.7	59.1	0.0227	2803.524229	24.9	121.2	0.0249	4887.48888	2283.94585	0.000441707	-7.724884433			
		60	333	0.003003003	23.1	60.2	0.0231	2808.060808	28.1	122.4	0.0281	4889.855172	2083.594588	0.00047994	-7.641849838			
		30	303	0.003300330	15.1	86.3	0.0181	3728.478821	17.20	119.70	0.0172	6959.302328	3230.825504	0.000309518	-8.080492958			
	35	308	0.003248753	15.9	87.5	0.0189	3818.352201	18.00	120.50	0.018	6894.444444	3078.092243	0.000324877	-8.032085282				
	40	313	0.003194888	16.3	89.1	0.0183	3825.788871	20.70	123.10	0.0207	5948.859903	2321.093032	0.000430832	-7.749793488				
	45	318	0.003144854	17.1	82.1	0.0171	3831.878947	23.20	125.90	0.0232	5428.724138	1795.145191	0.000557058	-7.492841184				
	50	323	0.003095975	17.8	82.8	0.0178	3528.089888	25.50	128.10	0.0255	5023.529412	1495.439524	0.0008887	-7.310175439				
	55	328	0.003048780	18.3	83.8	0.0183	3489.948355	31.10	133.70	0.0311	4299.03337	829.0900148	0.001208142	-6.720328731				
	60	333	0.003003003	19.2	84.7	0.0192	3389.791887	32.50	134.90	0.0328	4186.789231	780.9775841	0.001280447	-6.860546422				
	30	303	0.003300330	15.9	81.9	0.0189	3893.081781	18.3	123.4	0.0183	6743.189399	2850.087838	0.000350888	-7.955105023	-10353	8.35022564	86449.88005	
	35	308	0.003248753	16.2	82.1	0.0182	3833.333333	19.8	124.9	0.0198	6308.080808	2474.747475	0.000404082	-7.813893839				
	40	313	0.003194888	16.4	82.3	0.0184	3798.780488	20.2	125.3	0.0202	6202.970297	2404.189809	0.000415941	-7.784888248				
	45	318	0.003144854	16.8	82.4	0.0185	3781.818182	23.7	128.9	0.0237	5438.818585	1837.000384	0.0008035	-7.412784249				
	50	323	0.003095975	16.9	82.9	0.0189	3721.893491	27.3	132.4	0.0273	4849.81885	1127.823359	0.000888583	-7.028133485				
	55	328	0.003048780	17.7	83.8	0.0177	3804.519774	37.3	142.8	0.0378	3802.888887	198.1488927	0.005048761	-5.289008838				
	60	333	0.003003003	18.2	84.1	0.0182	3521.978022	39.2	144.2	0.0392	3678.571429	158.5934088	0.008385983	-5.033852879				

Lampiran 7. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan NaCl 1 mM

Grafik I-V NaCl 1 mM tanpa membran

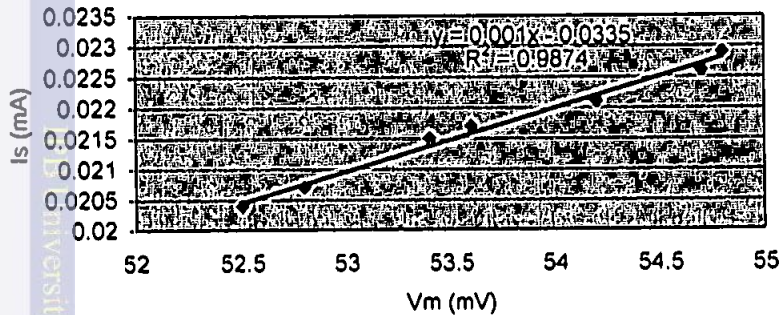


Grafik I-V NaCl 1 mM membran teflon

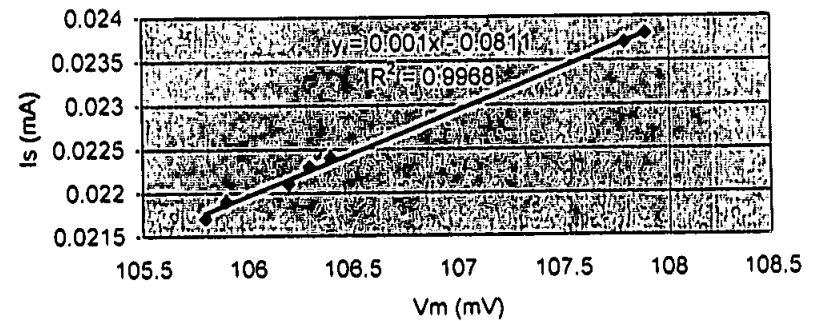


Lampiran 8. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan NaCl 10 mM

Grafik I-V NaCl 10mM tanpa membran

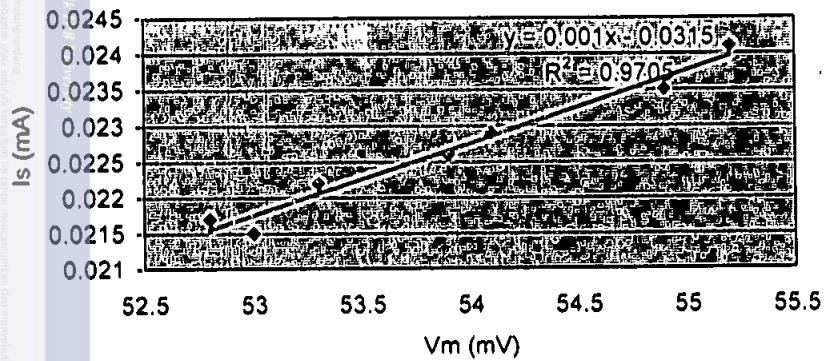


Grafik I-V NaCl 10mM membran teflon

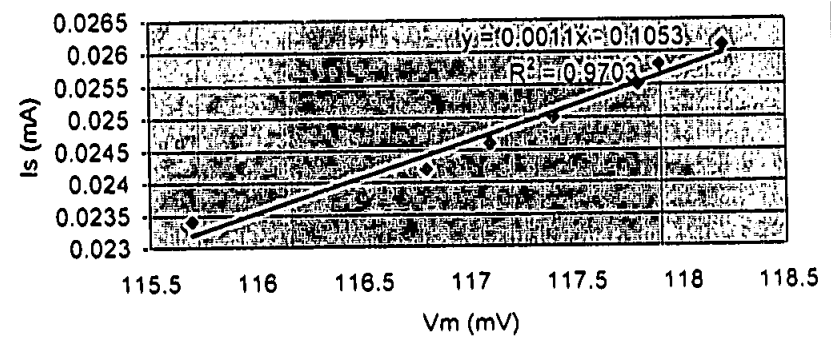


Lampiran 9. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan NaCl 100 mM

Grafik I-V NaCl 100mM tanpa membran

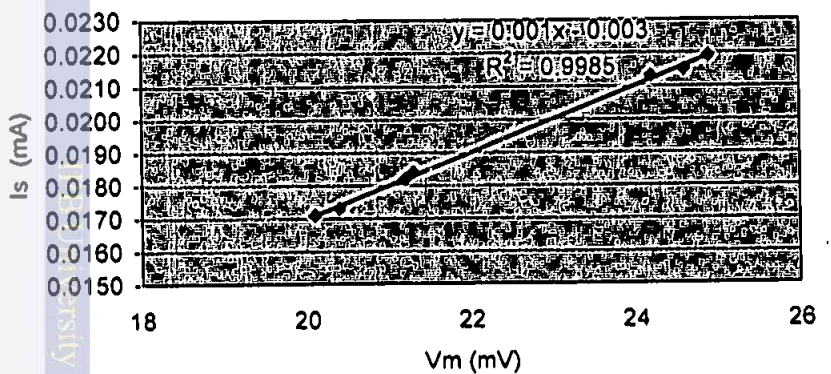


Grafik I-V NaCl 100mM membran teflon

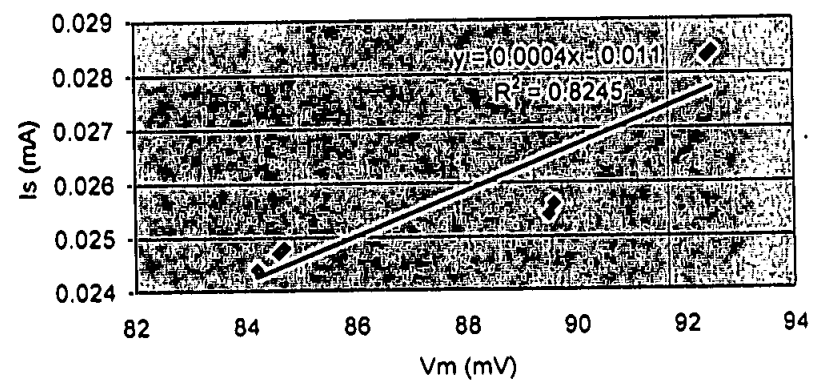


Lampiran 10. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan KCl 1 mM

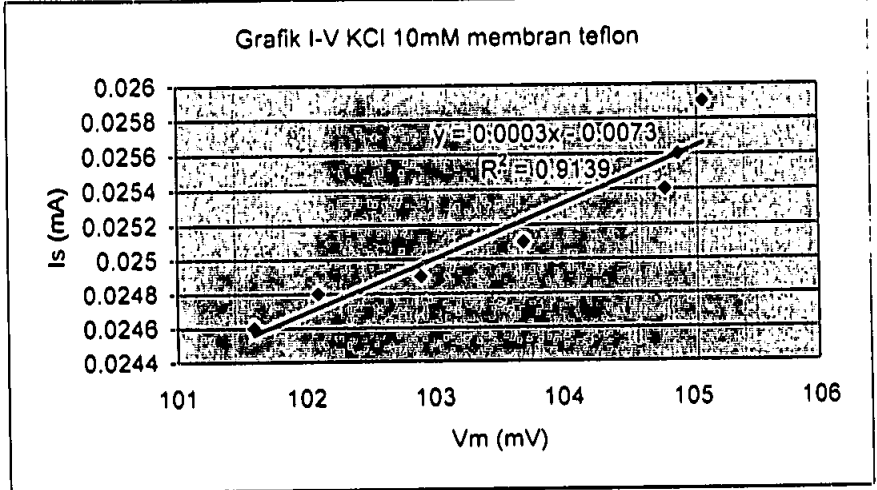
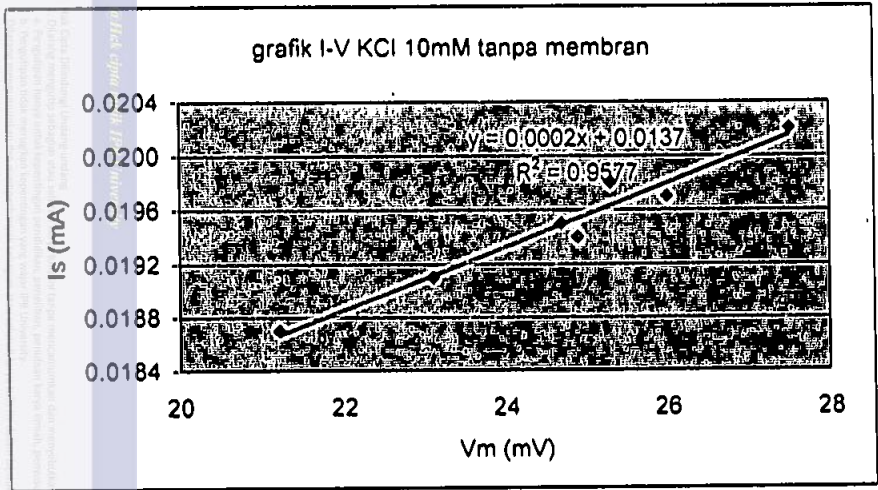
Grafik I-V KCl 1mM tanpa membran



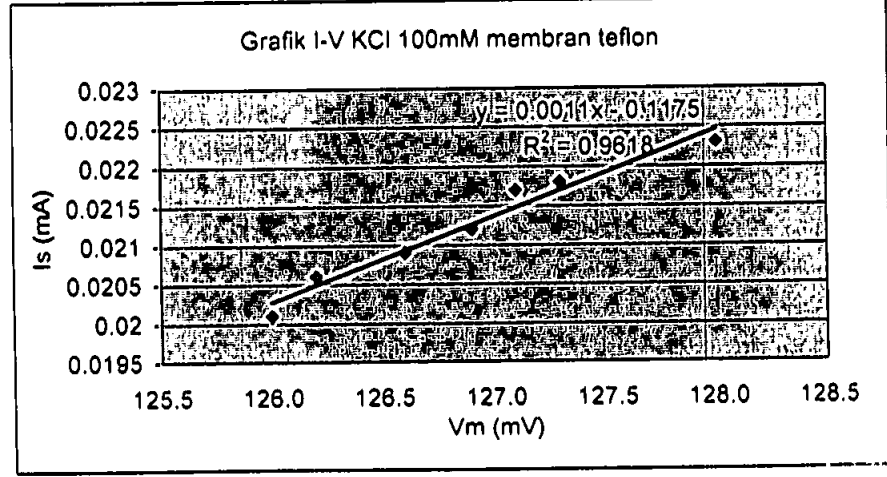
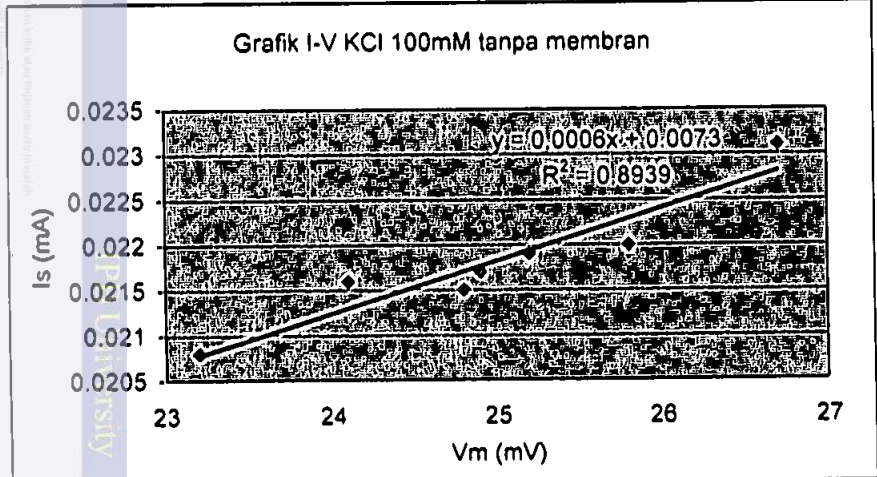
Grafik I-V KCl 1mM membran teflon



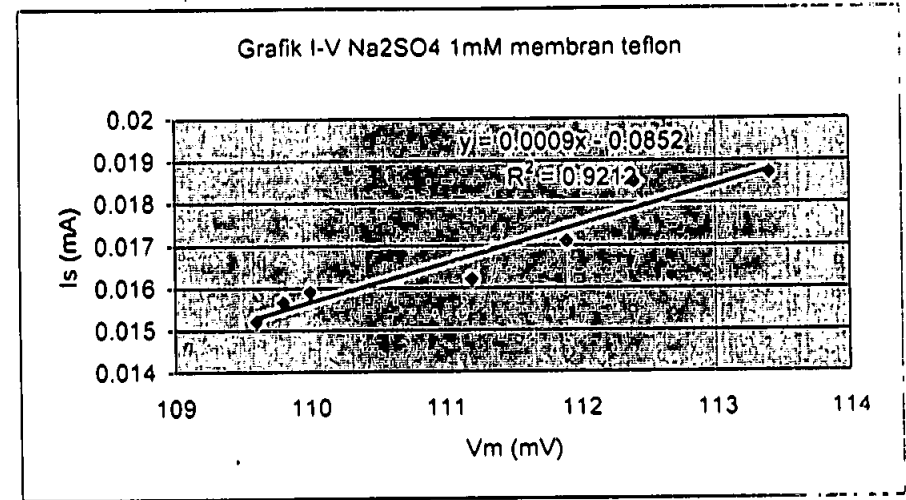
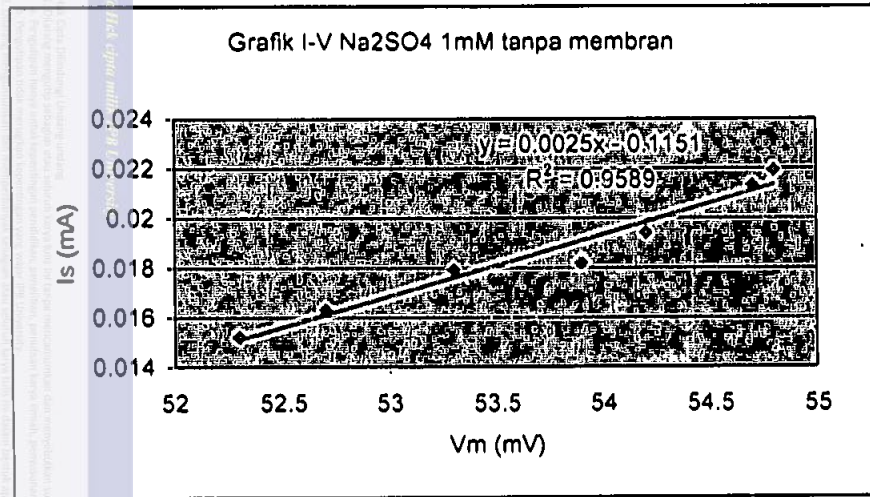
Lampiran 11. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan KCl 10 mM



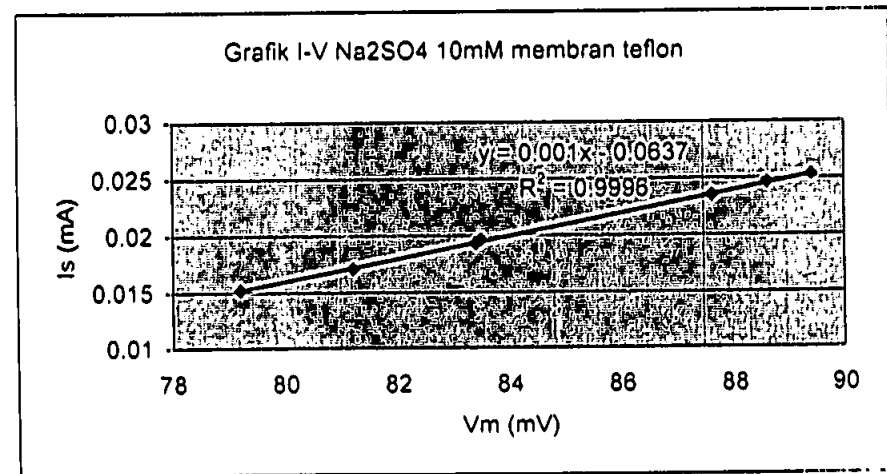
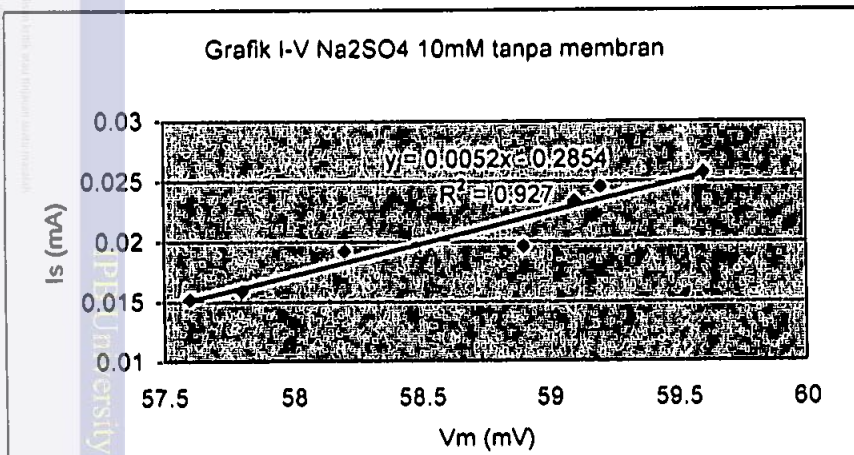
Lampiran 12. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan KCl 100 mM



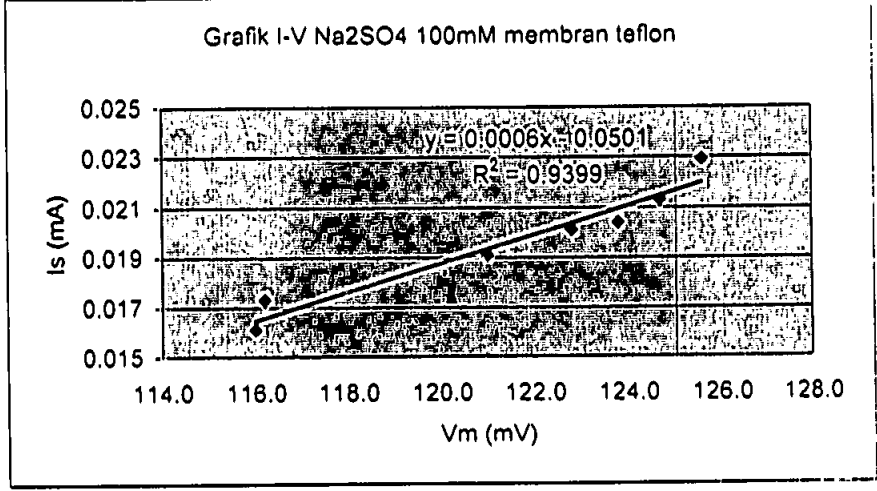
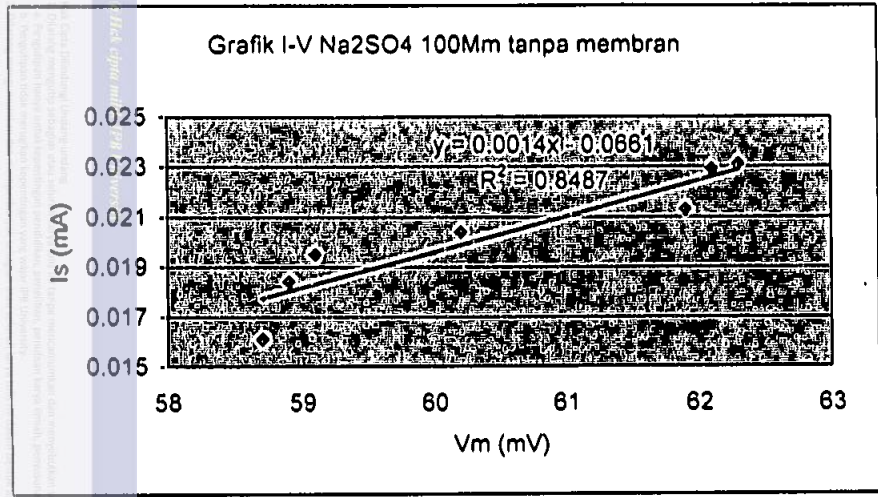
Lampiran 13. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan Na₂SO₄ 1 mM



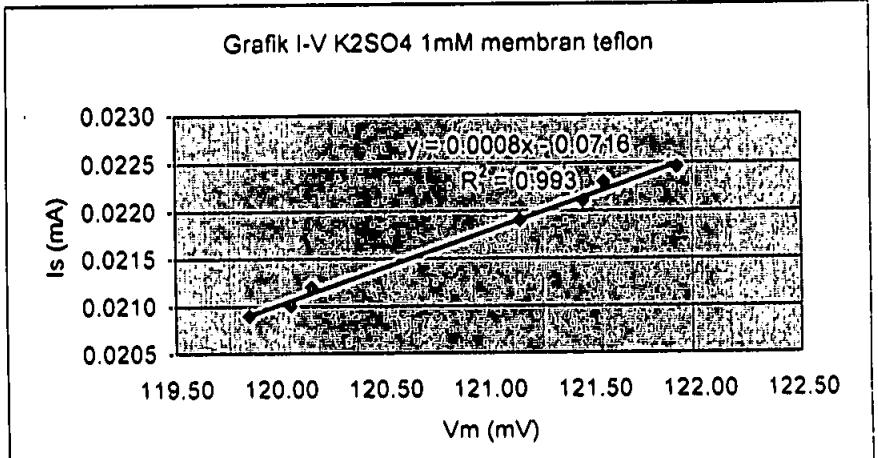
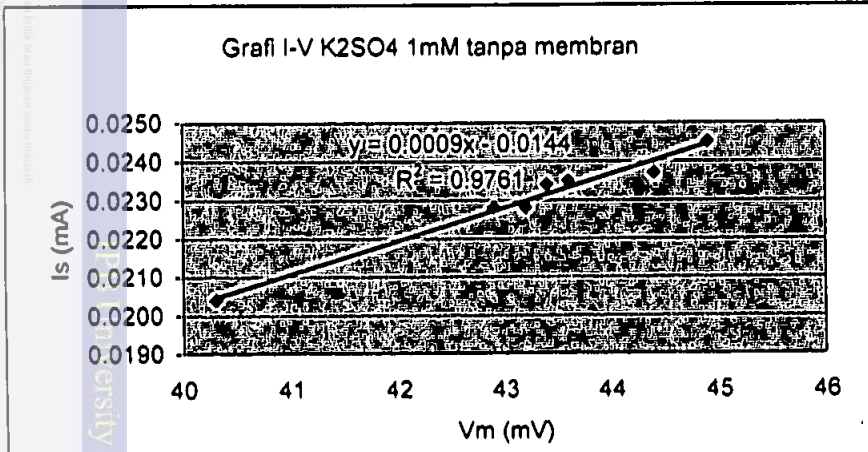
Lampiran 14. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan Na₂SO₄ 10 mM



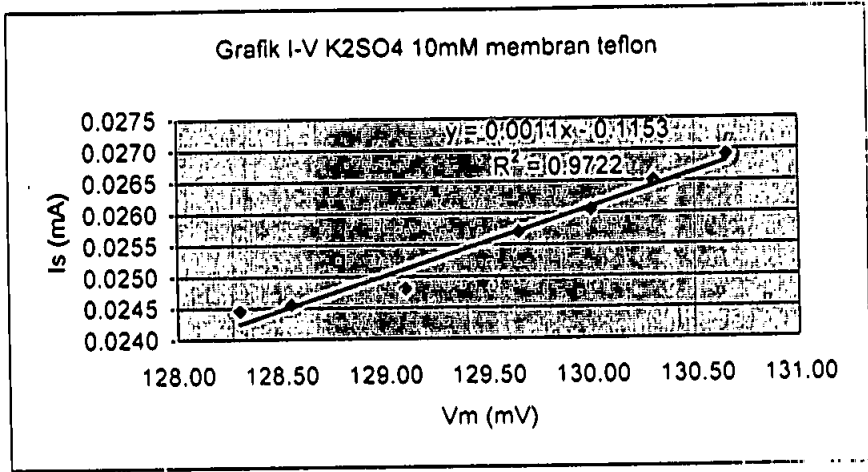
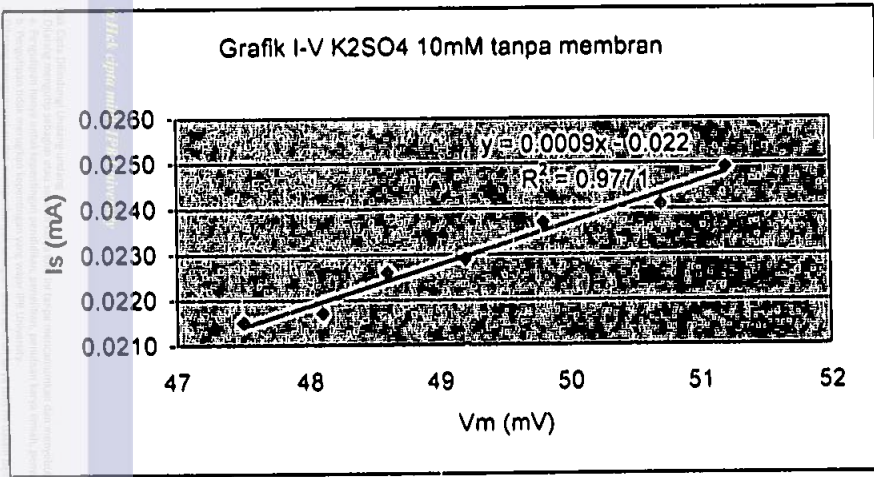
Lampiran 15. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan Na₂SO₄ 100 mM



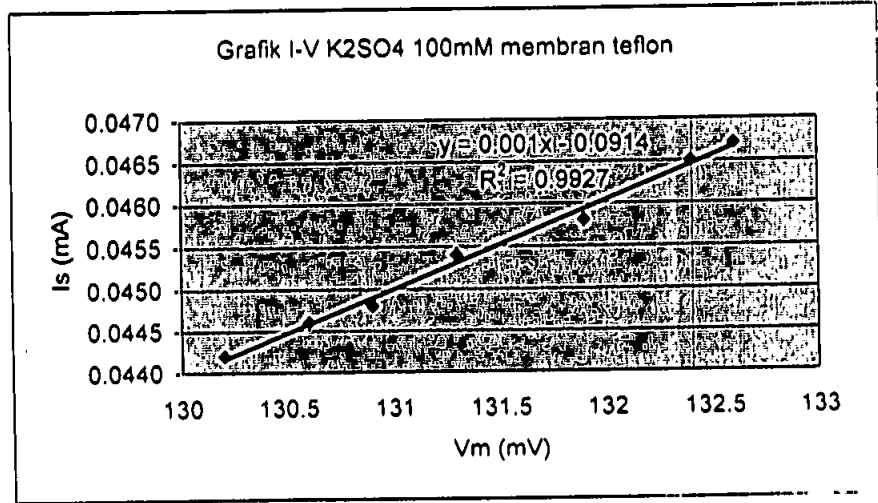
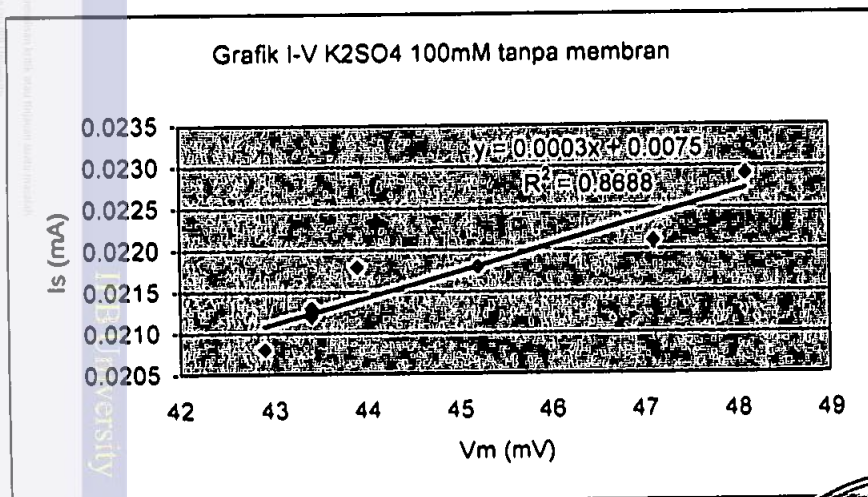
Lampiran 16. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan K₂SO₄ 1 mM



Lampiran 17. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan K₂SO₄ 10 mM

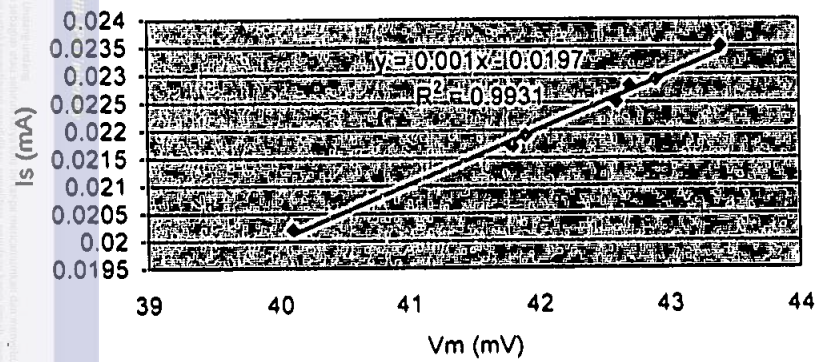


Lampiran 18. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan K₂SO₄ 100 mM

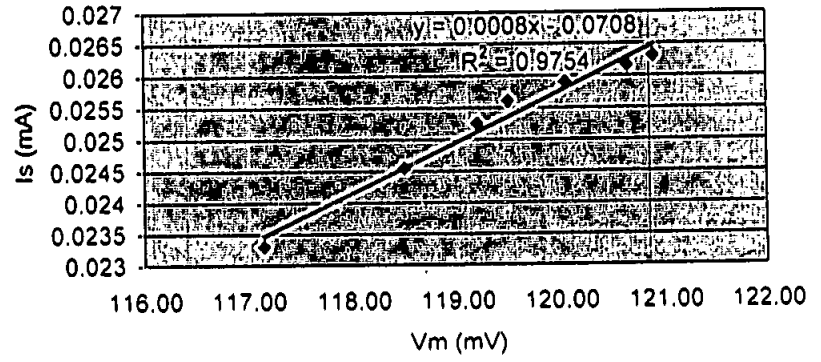


Lampiran 19. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCl₂ 1 mM

grafik I-V MgCl₂ 1mM tanpa membran

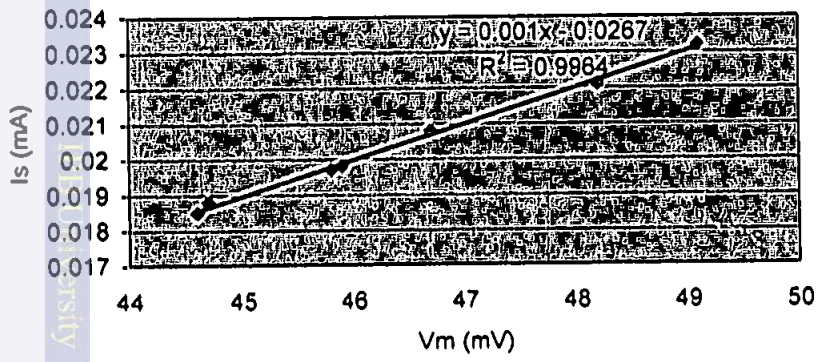


Grafik I-V MgCl₂ 1mM membran teflon

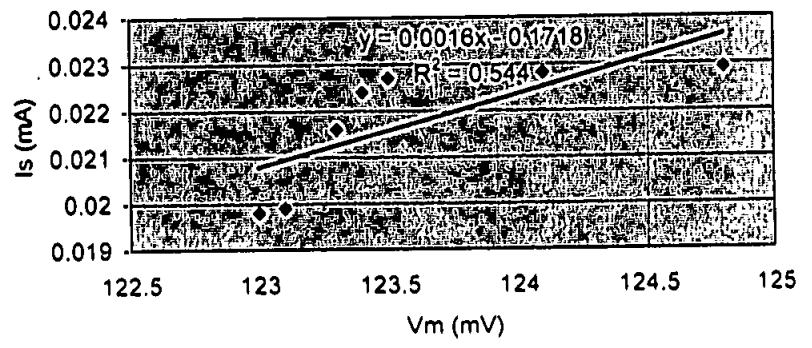


Lampiran 20. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCl₂ 10 mM

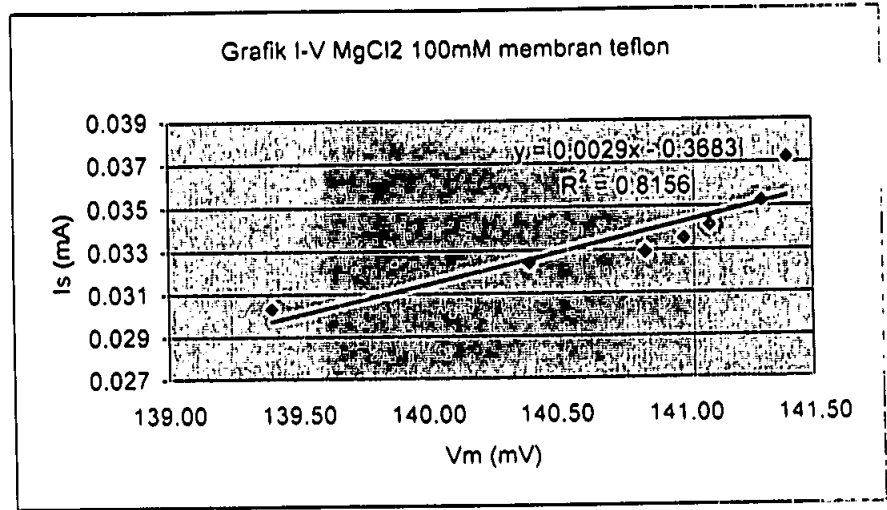
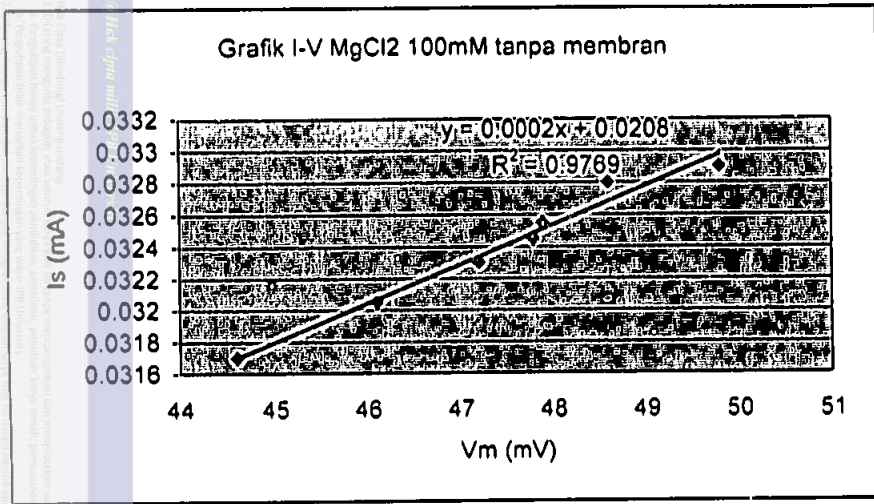
Grafik I-V MgCl₂ 10mM tanpa membran



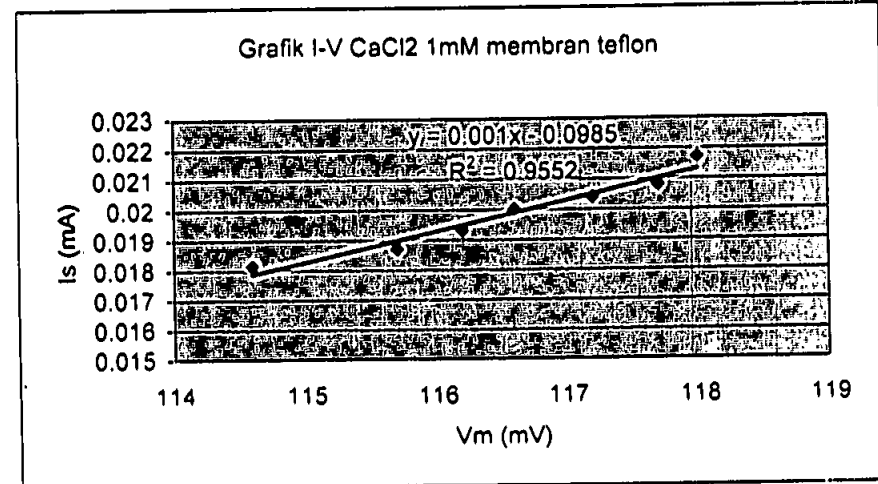
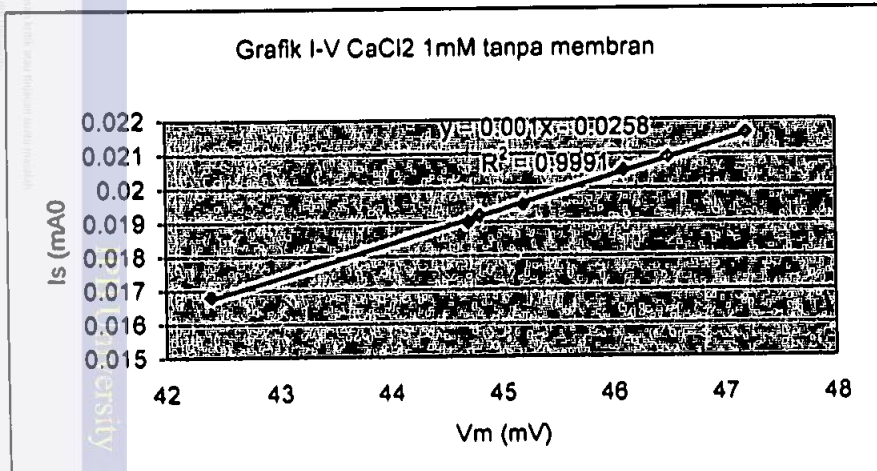
Grafik I-V MgCl₂ 10mM membran teflon



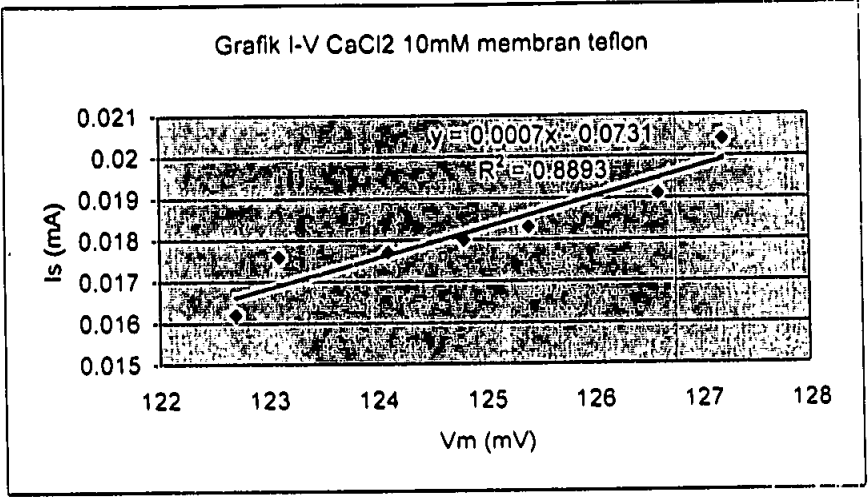
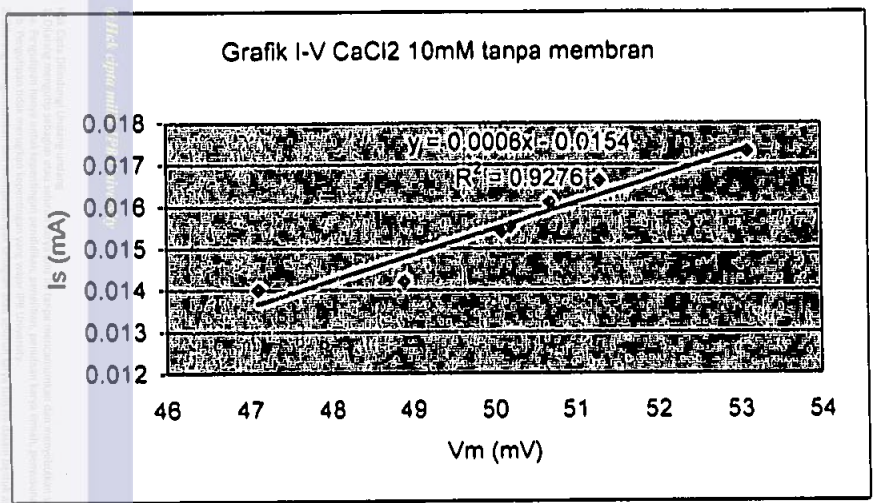
Lampiran 21. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCl₂ 100 mM



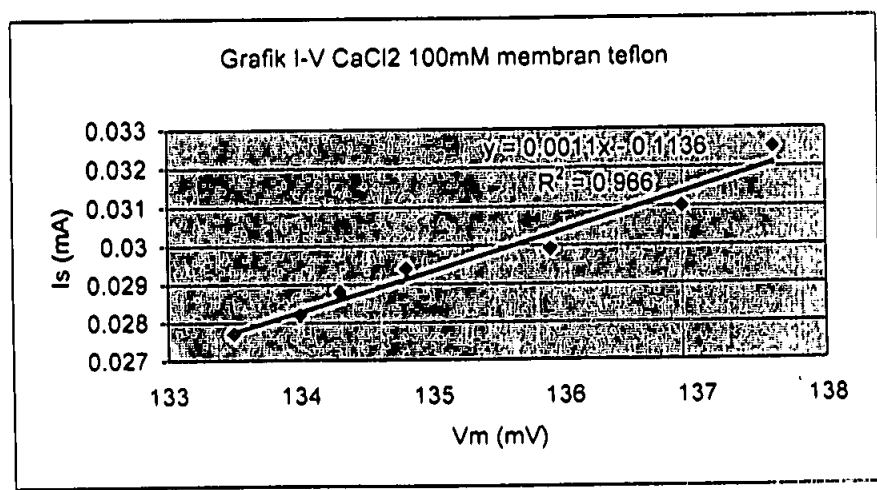
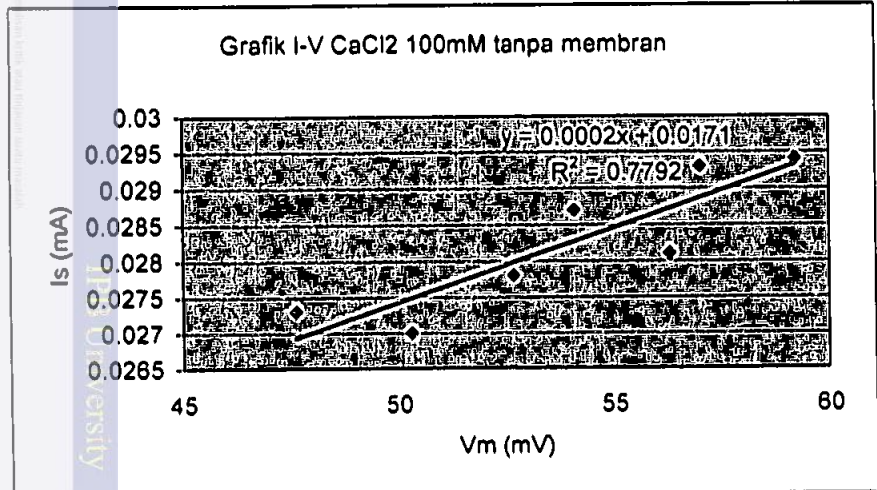
Lampiran 22. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCl₂ 1 mM



Lampiran 23. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCl₂ 10 mM

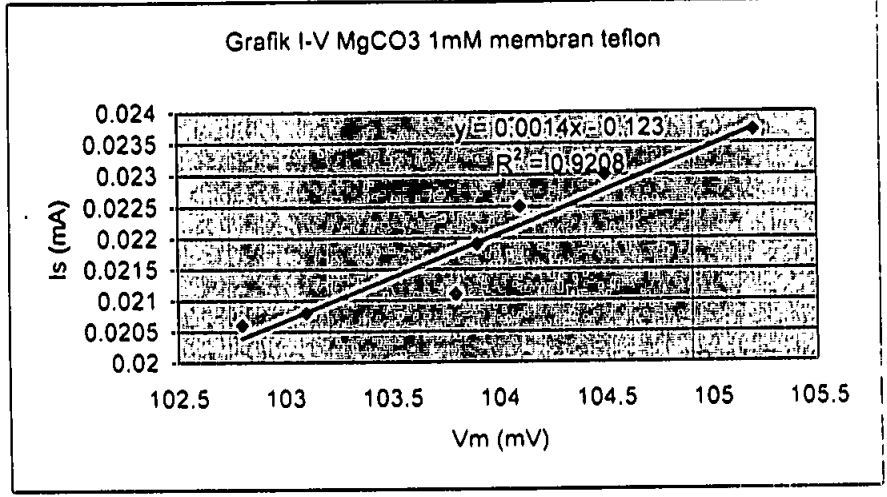
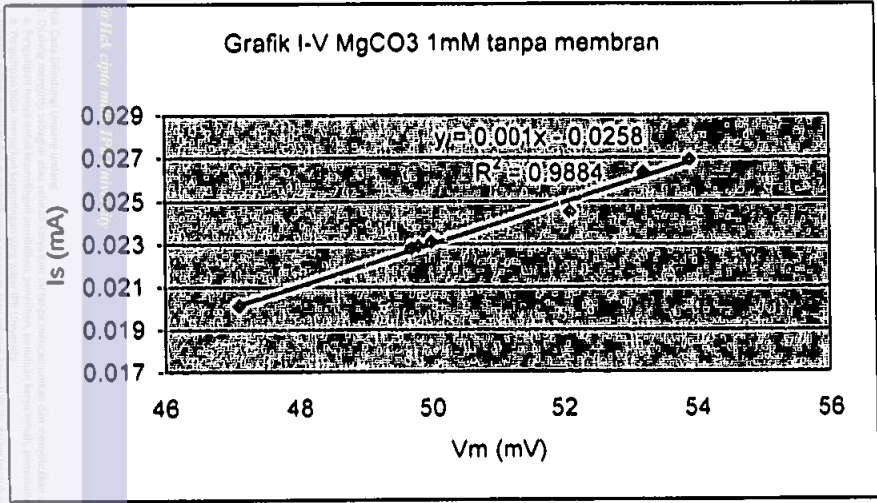


Lampiran 24. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCl₂ 100 mM

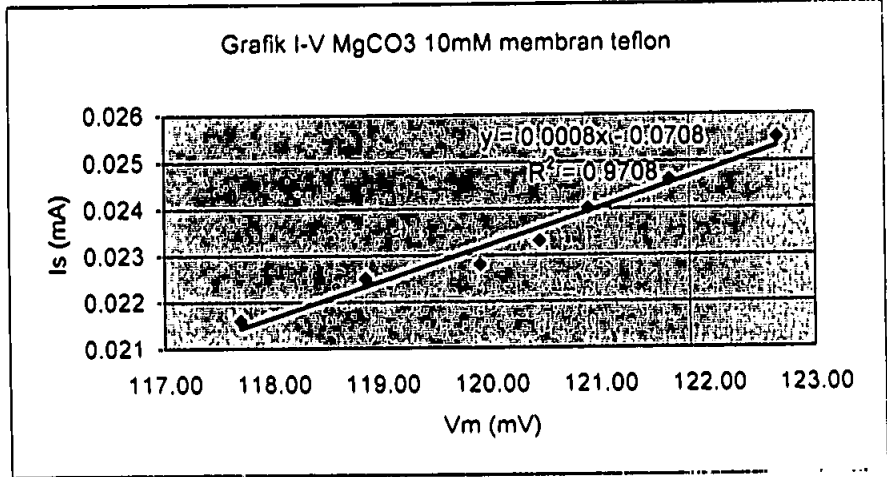
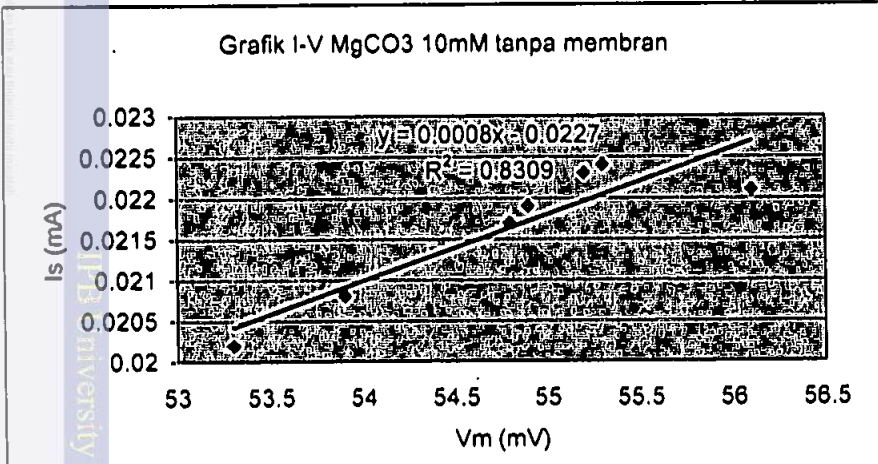




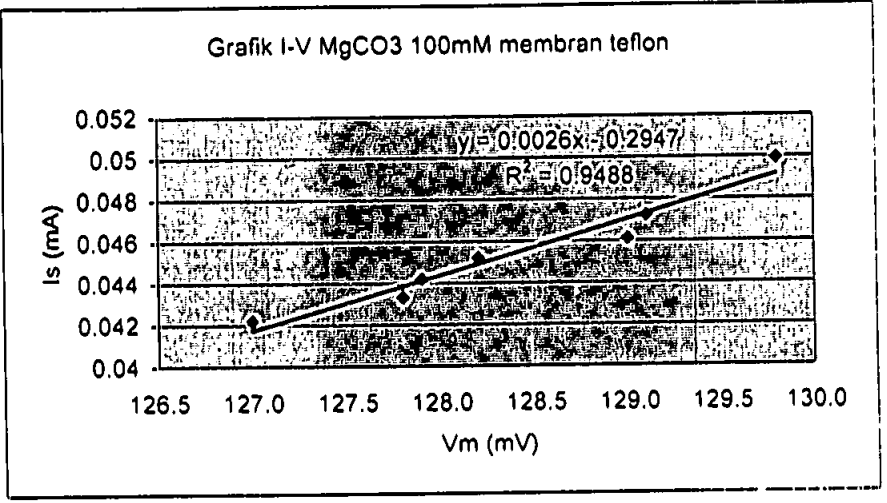
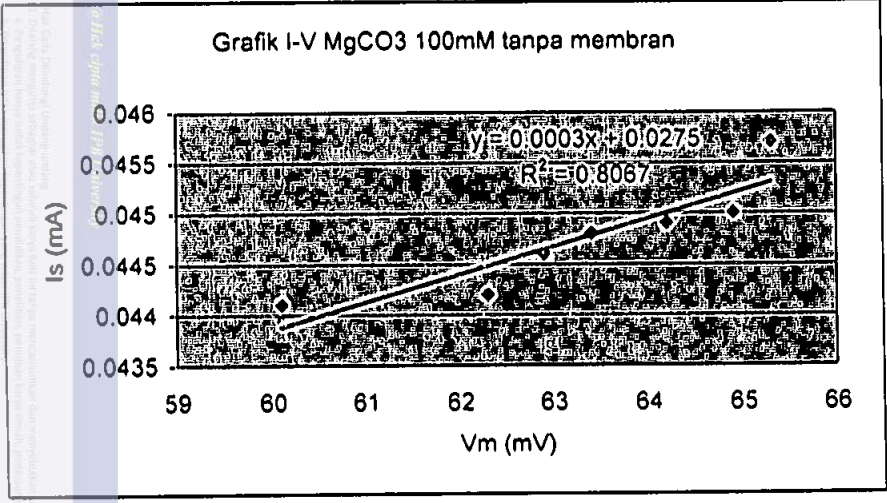
Lampiran 25. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCO₃ 1 mM



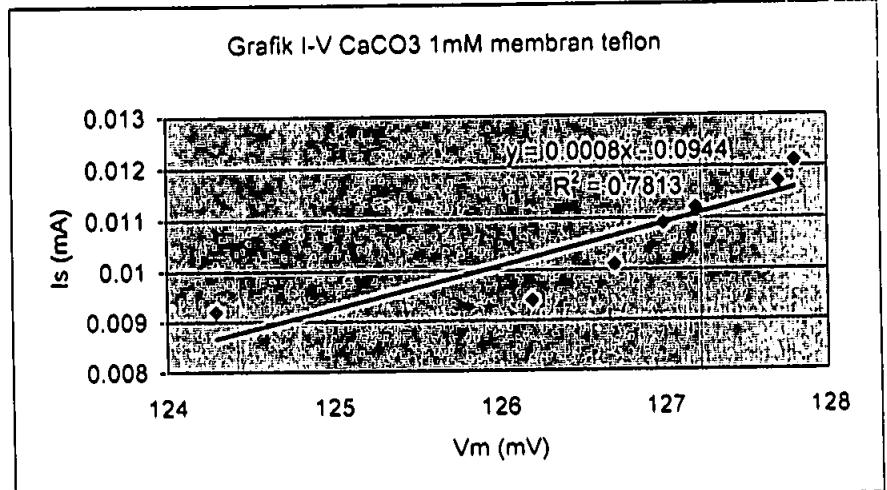
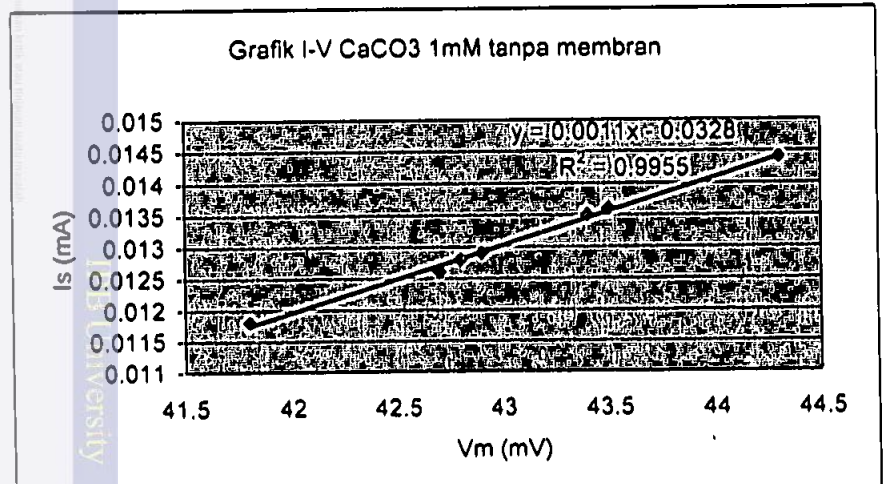
Lampiran 26. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCO₃ 10 mM



Lampiran 27. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan MgCO₃ 100 mM

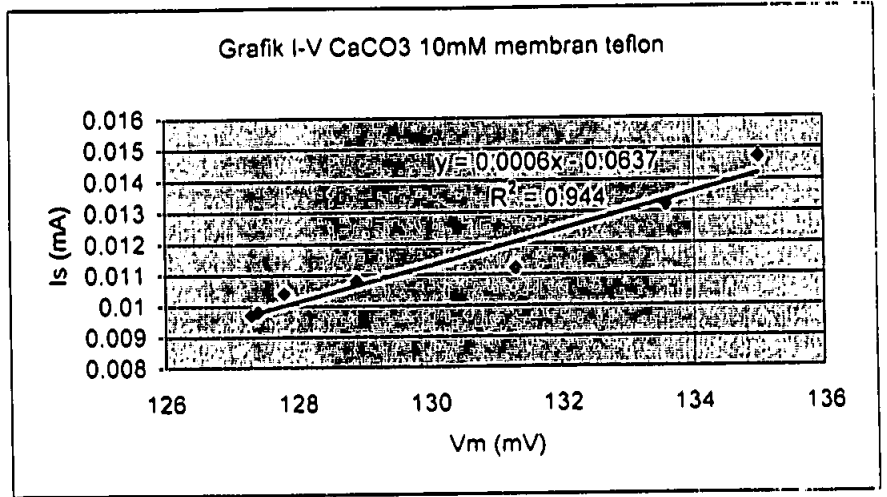
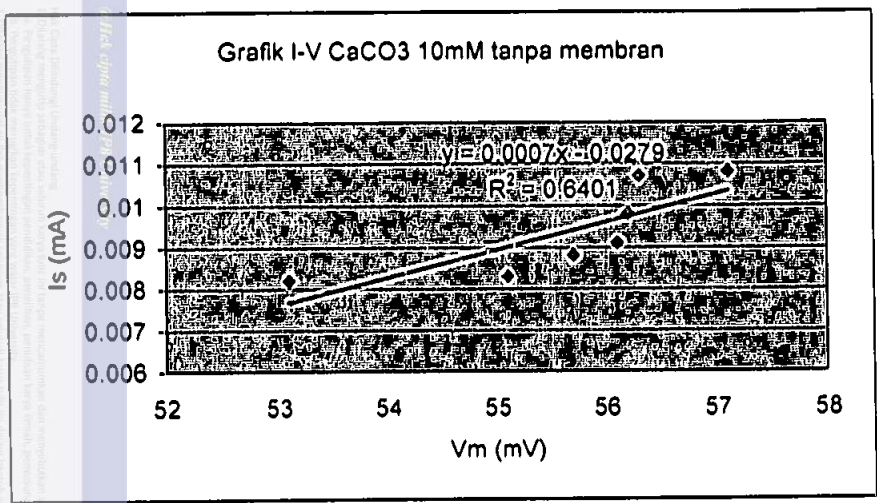


Lampiran 28. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCO₃ 1 mM

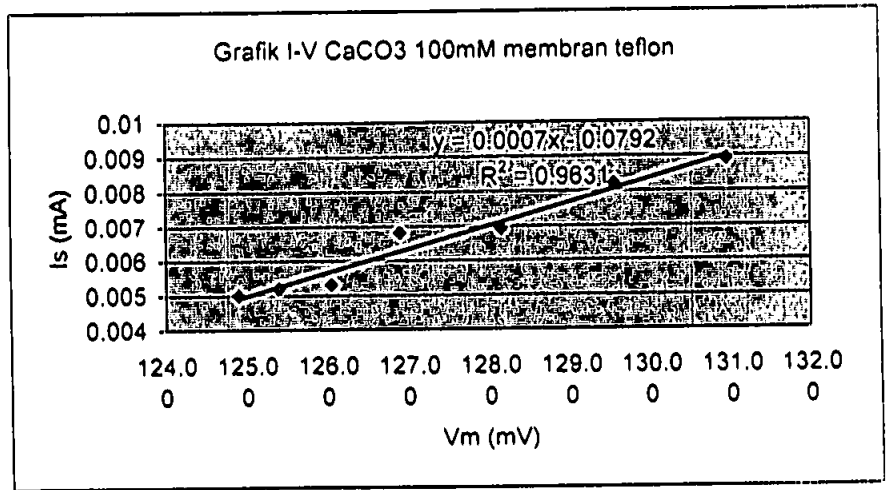
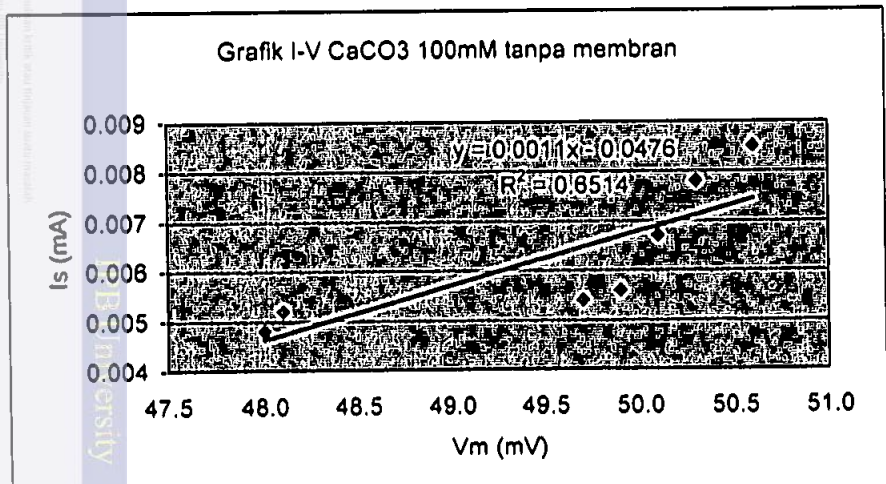




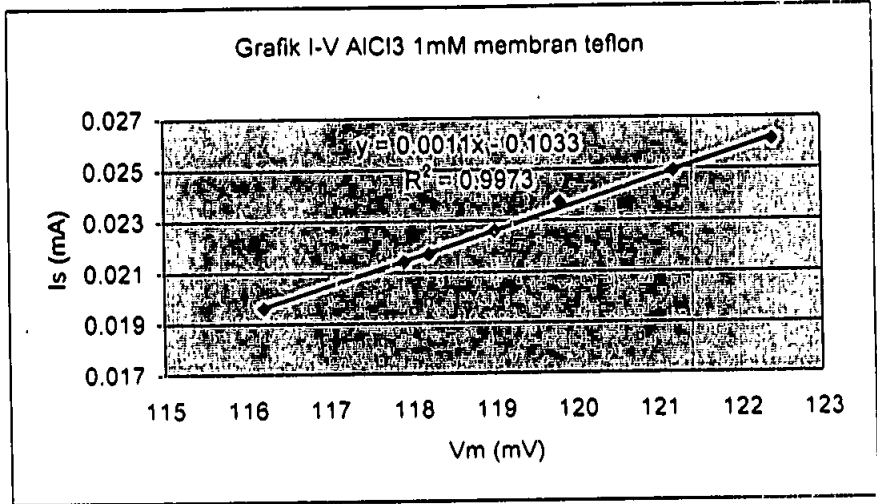
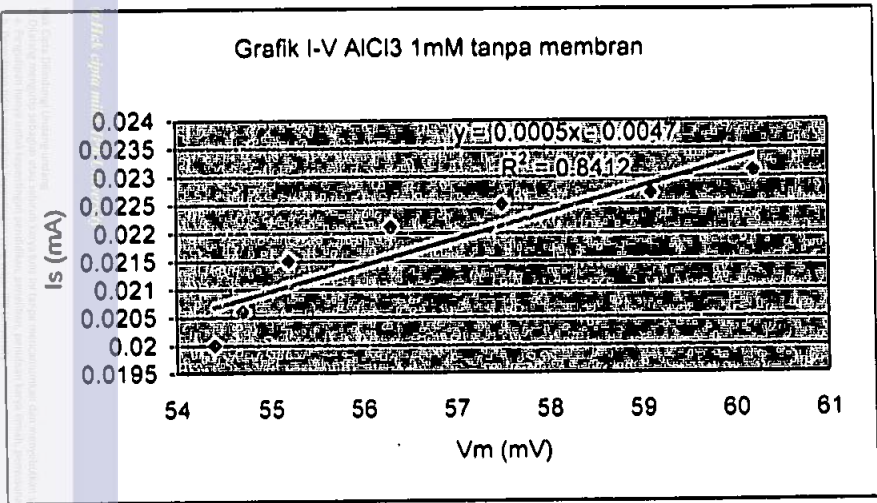
Lampiran 29. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCO₃ 10 mM



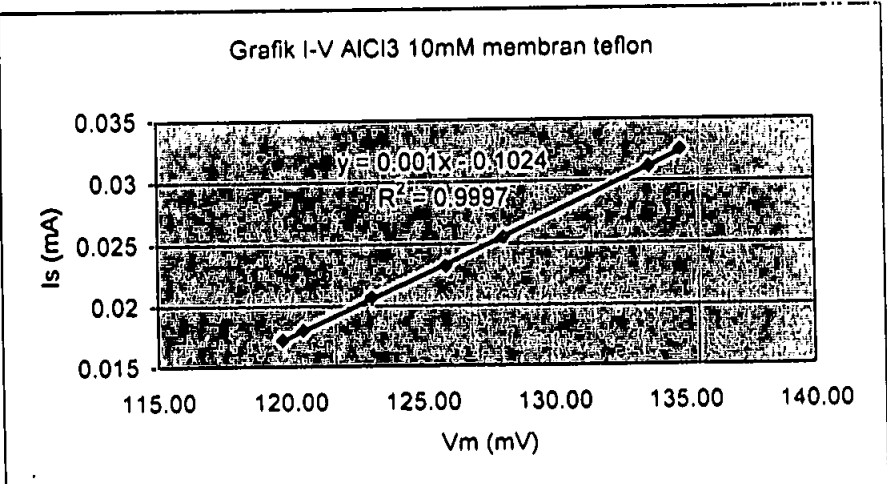
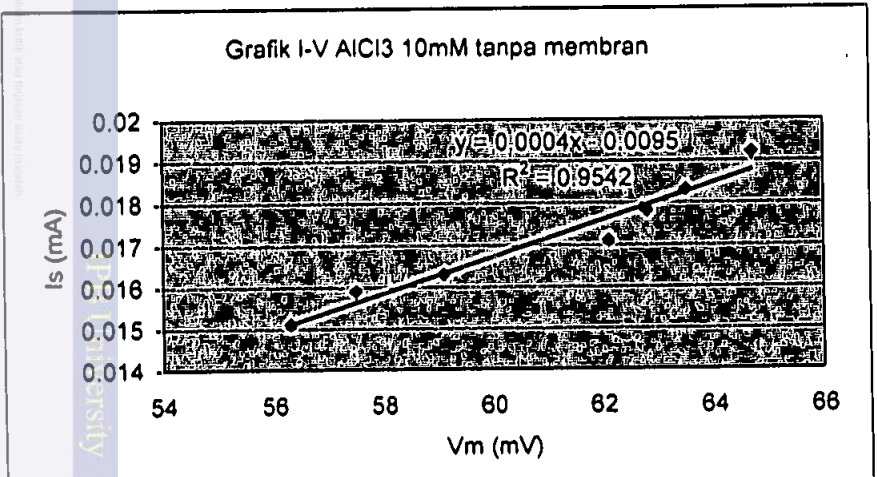
Lampiran 30. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan CaCO₃ 100 mM



Lampiran 31. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan AICI3 1 mM

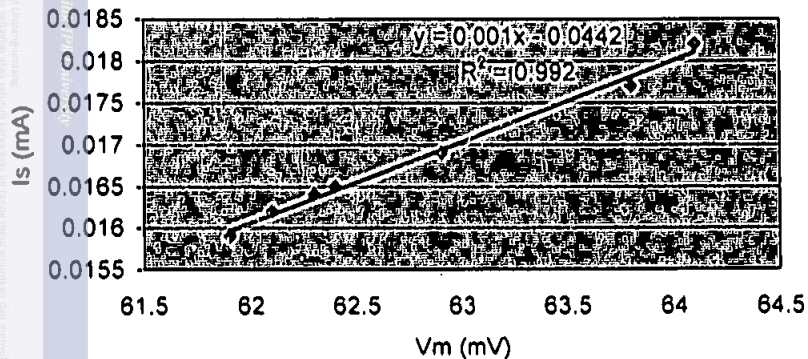


Lampiran 32. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan AICI3 10 mM

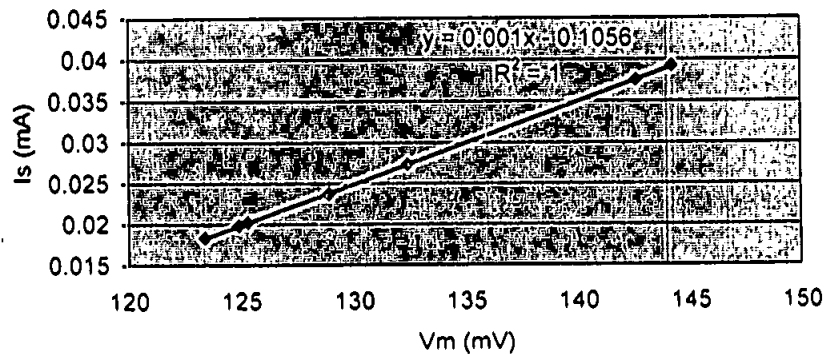


Lampiran 33. Grafik Hubungan Arus terhadap Tegangan pada Larutan AlCl₃ 100 mM

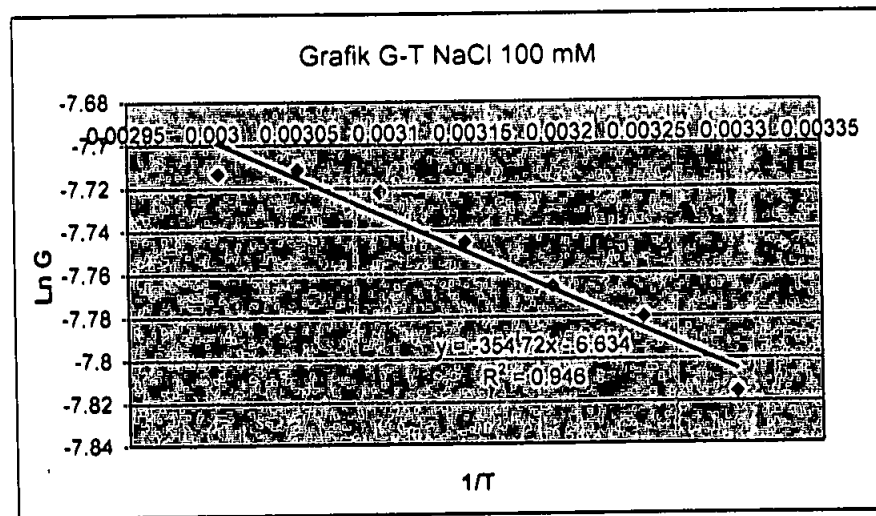
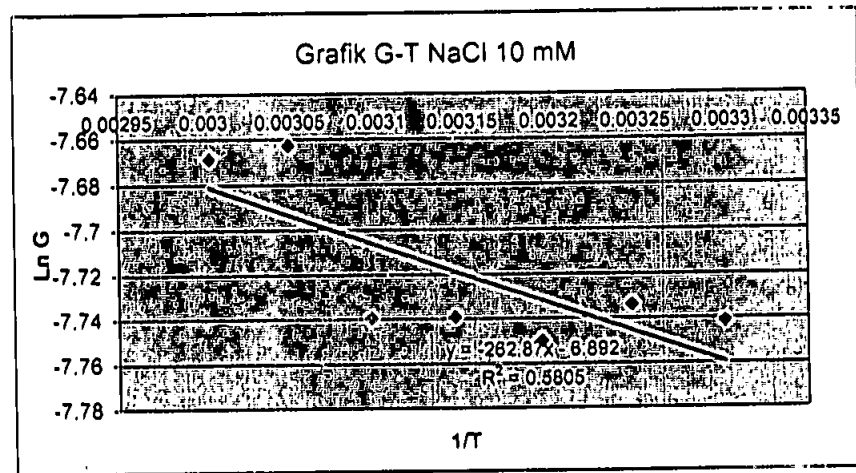
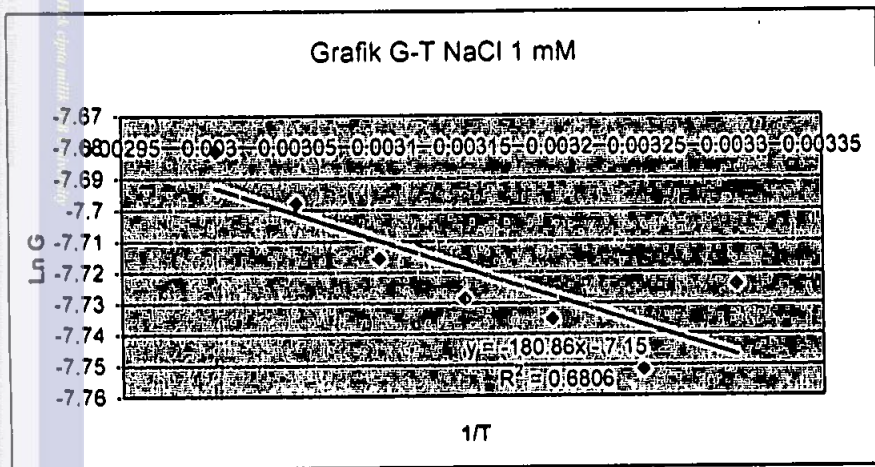
Grafik I-V AlCl₃ 100mM tanpa membran



Grafik I-V AlCl₃ 100mM membran teflon

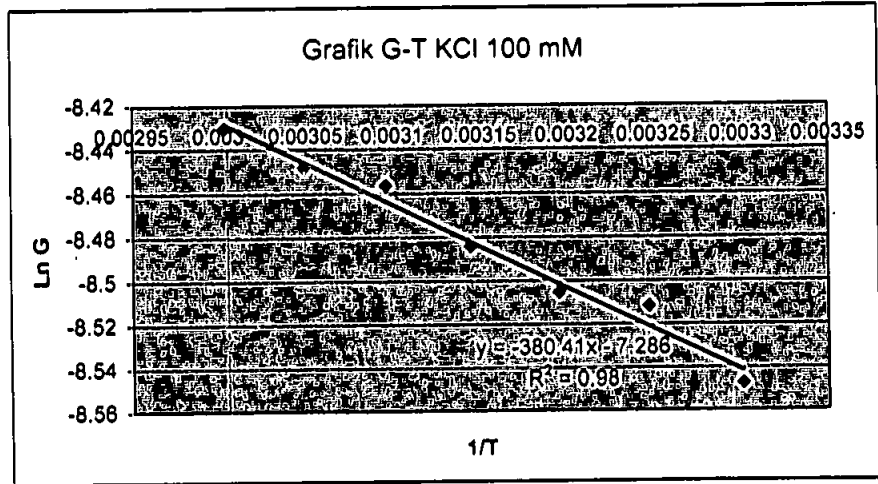
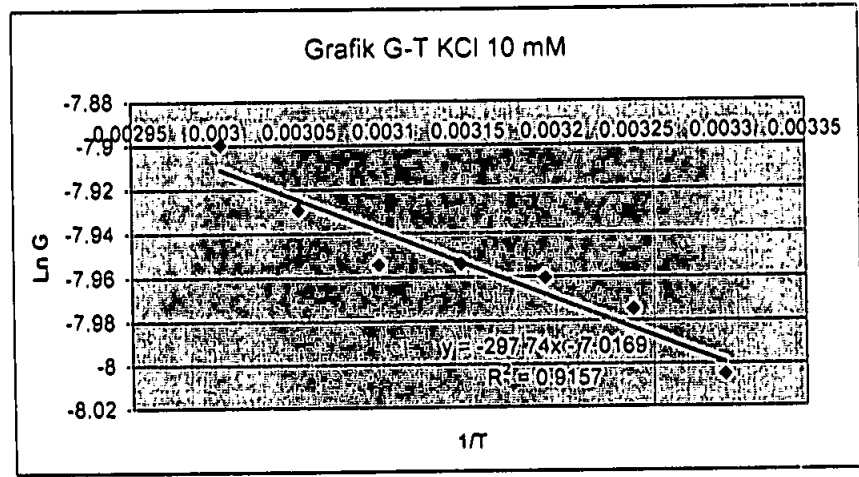
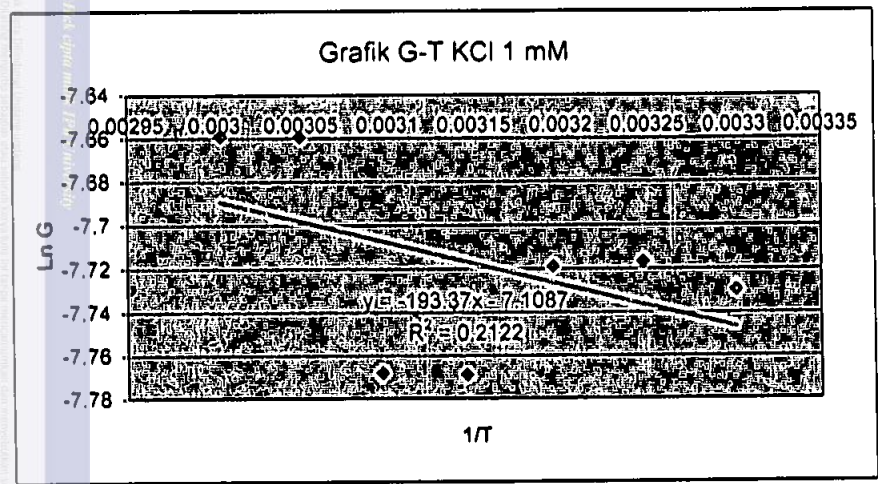


Lampiran 34. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan NaCl 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM

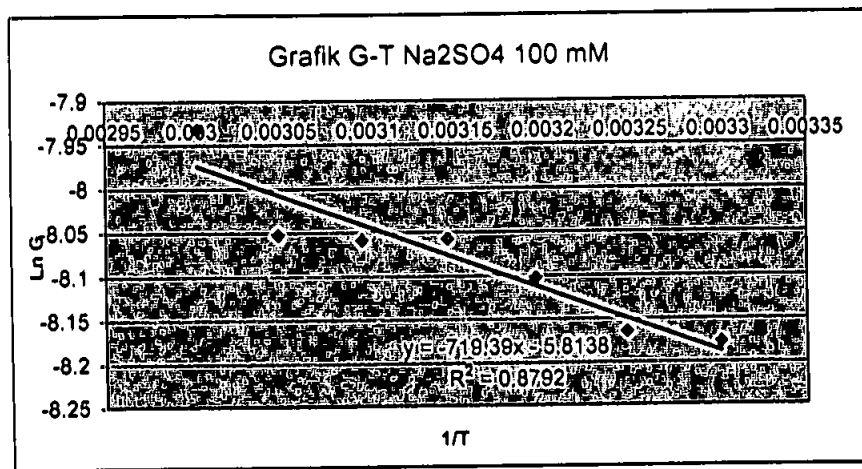
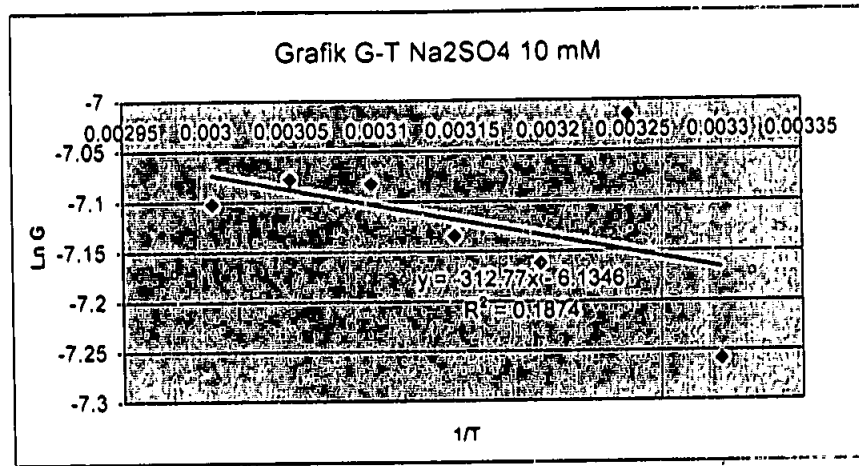
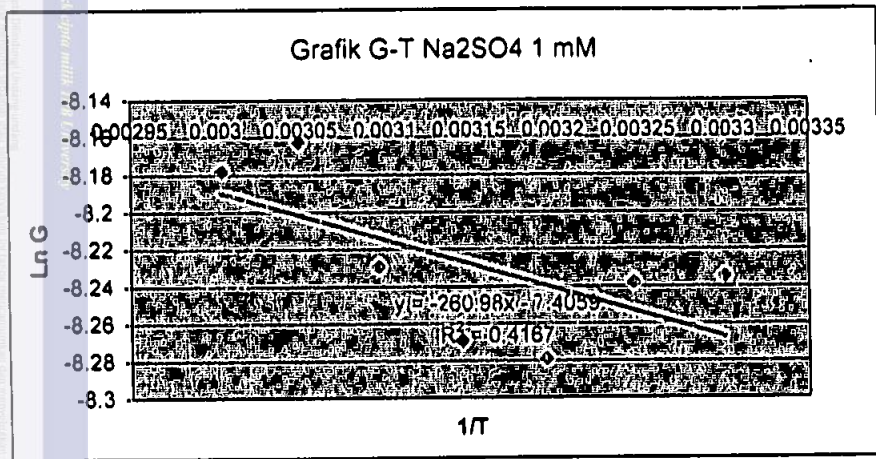




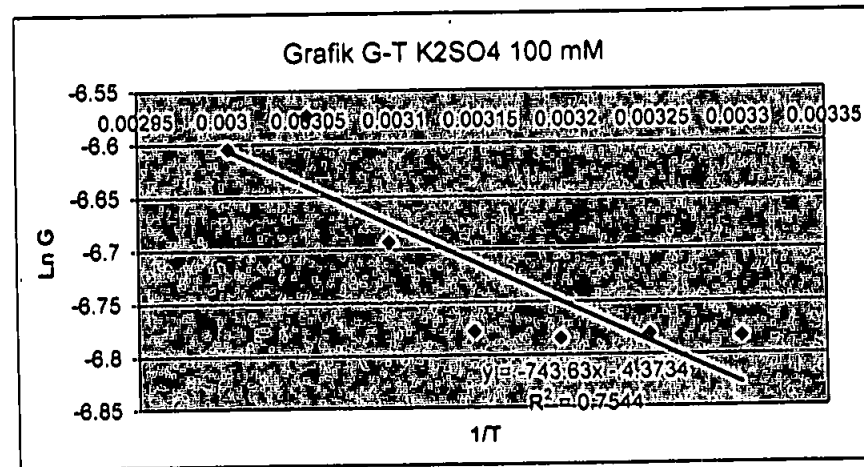
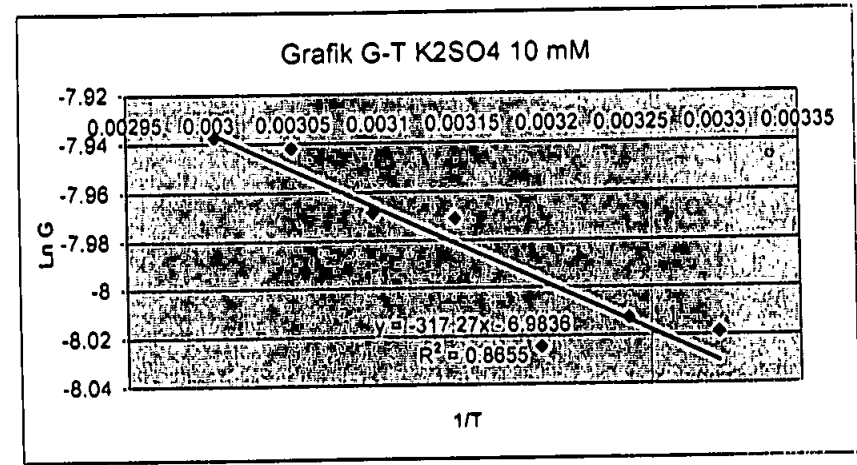
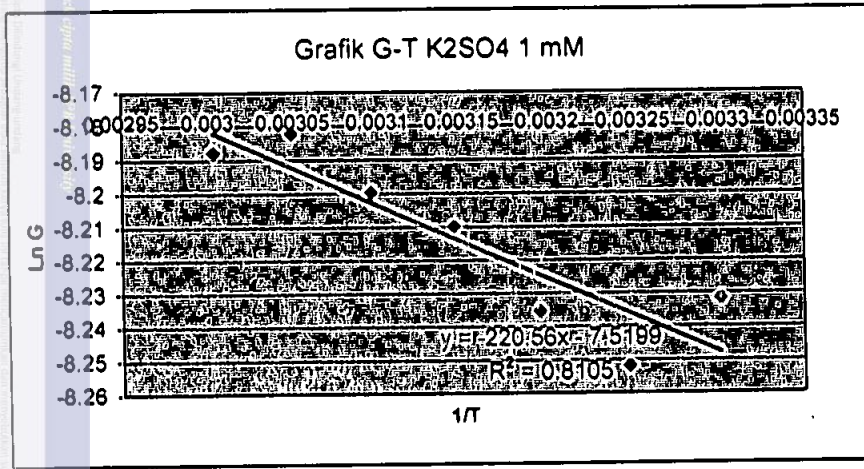
Lampiran 35. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan KCl 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM



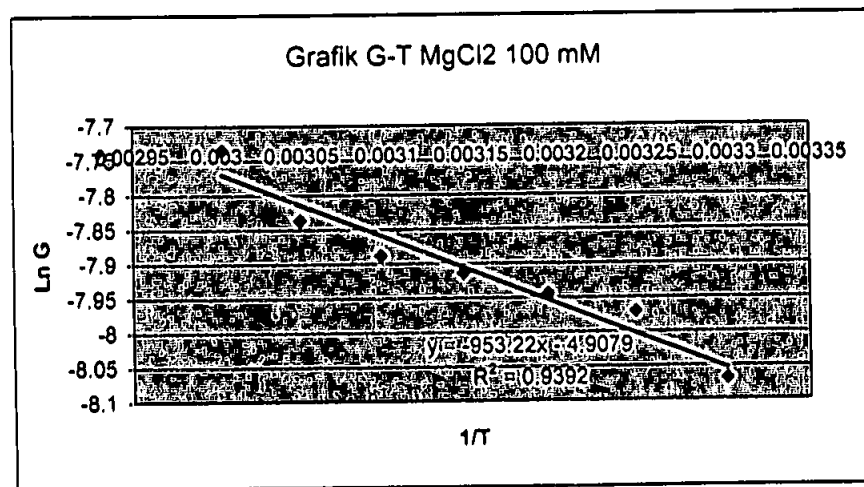
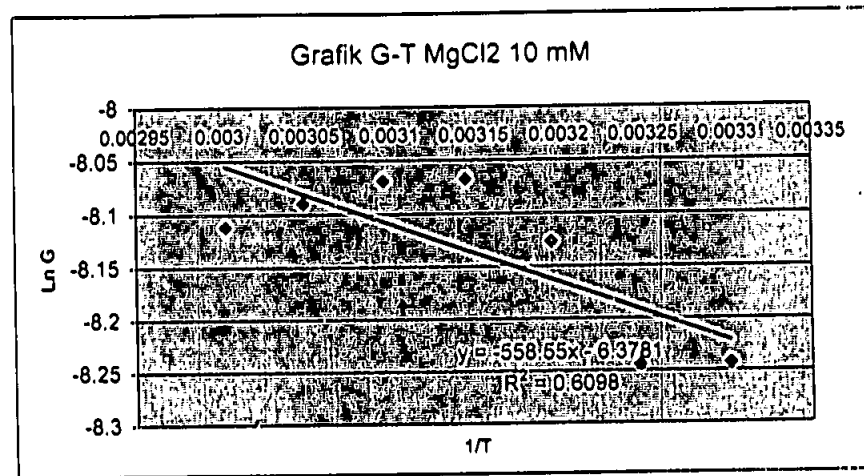
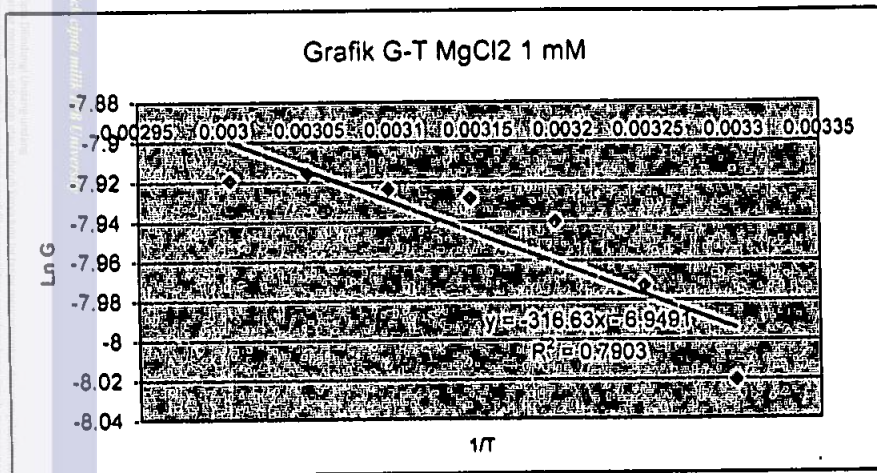
Lampiran 36. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan Na₂SO₄ 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM



Lampiran 37. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan K₂SO₄ 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM

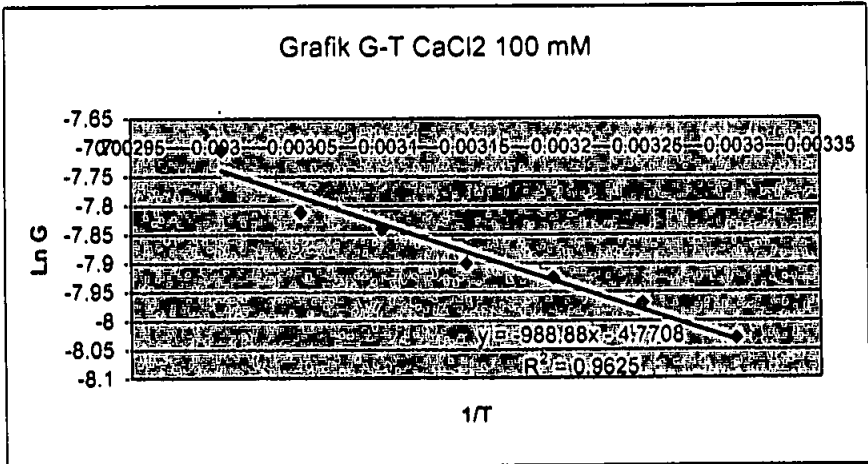
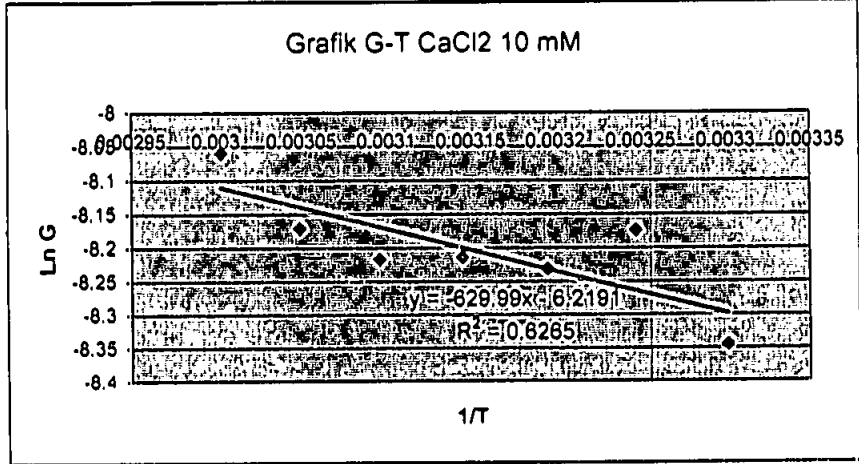
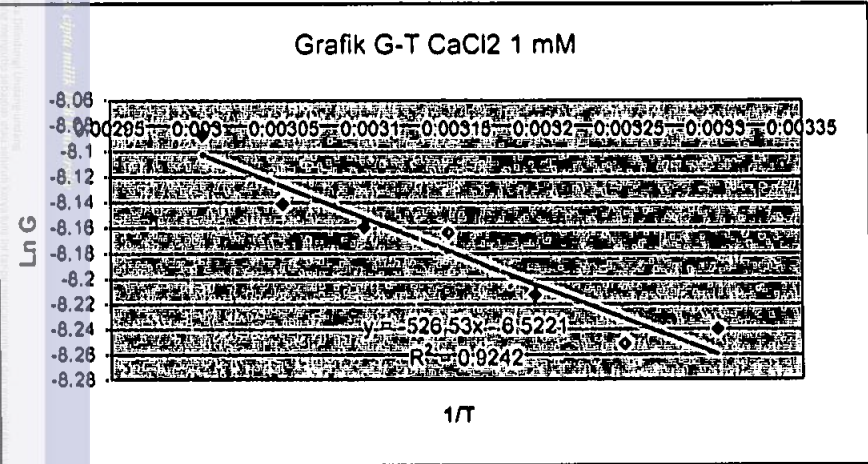


Lampiran 38. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan MgCl₂ 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM



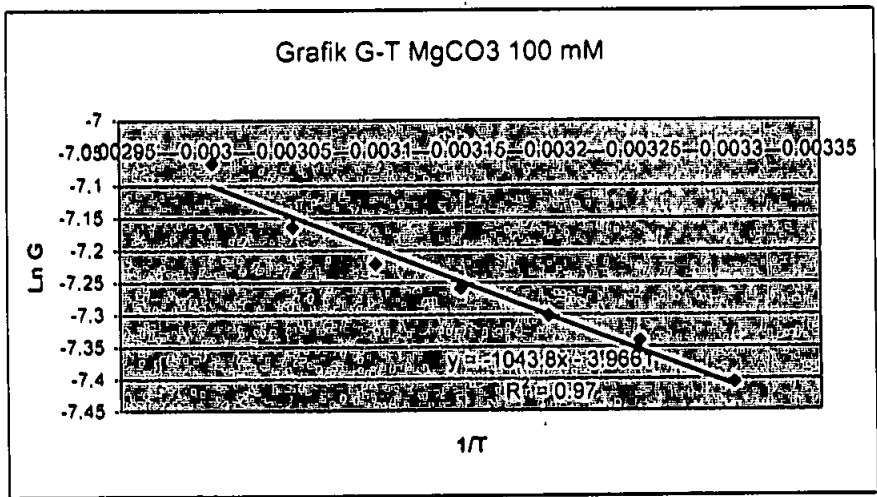
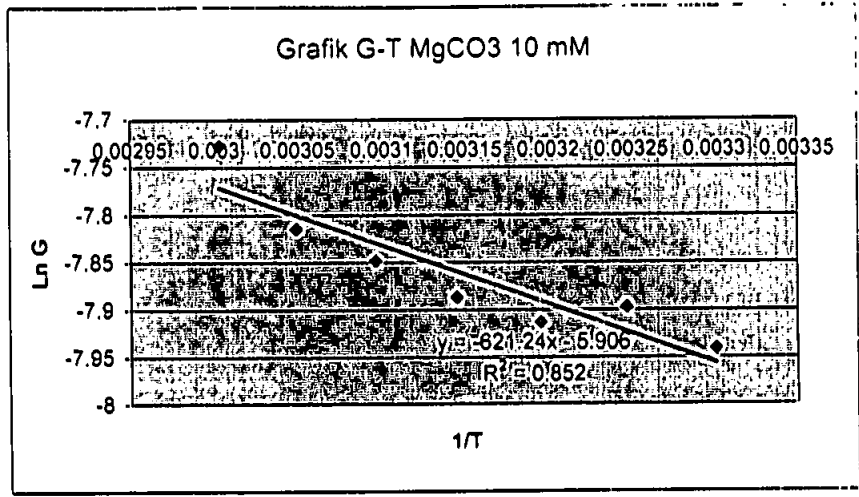
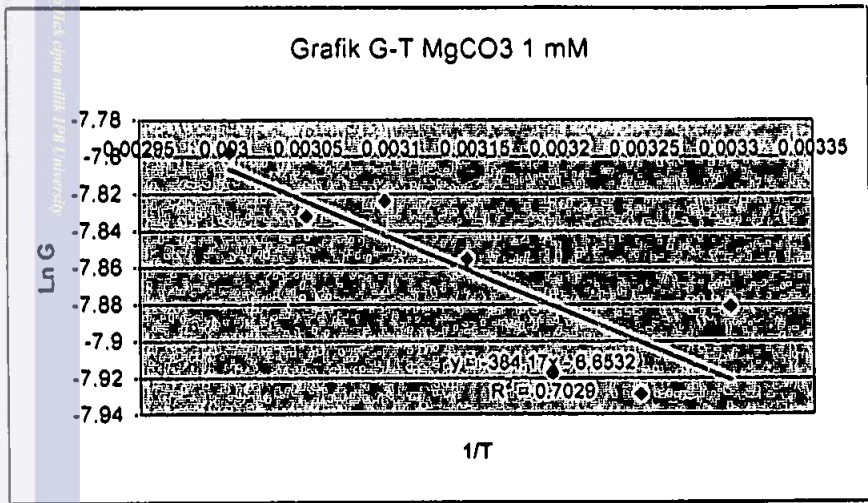


Lampiran 39. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan CaCl₂ 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM



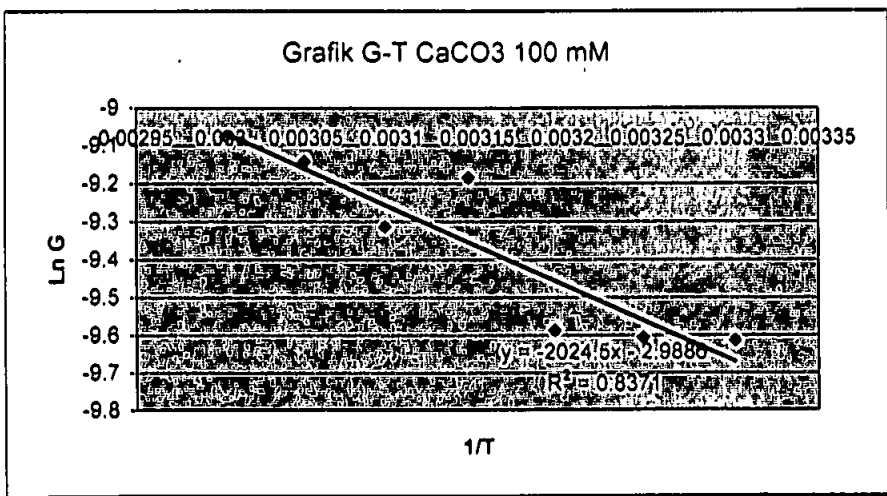
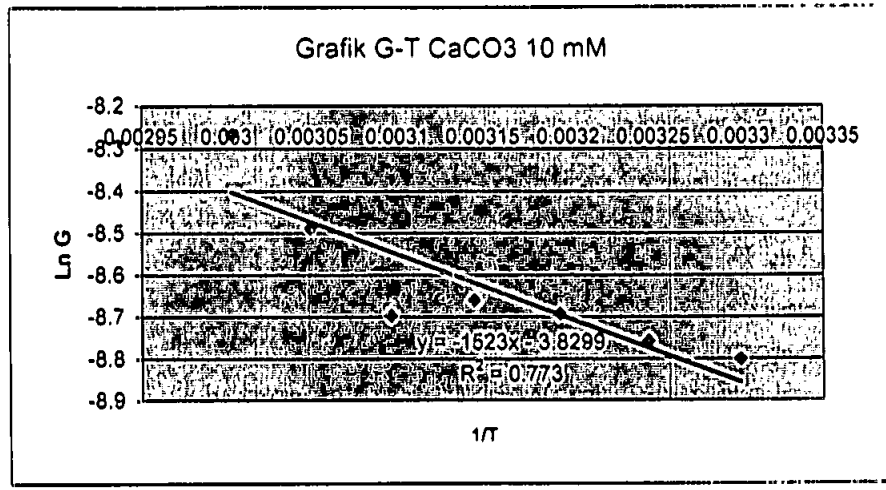
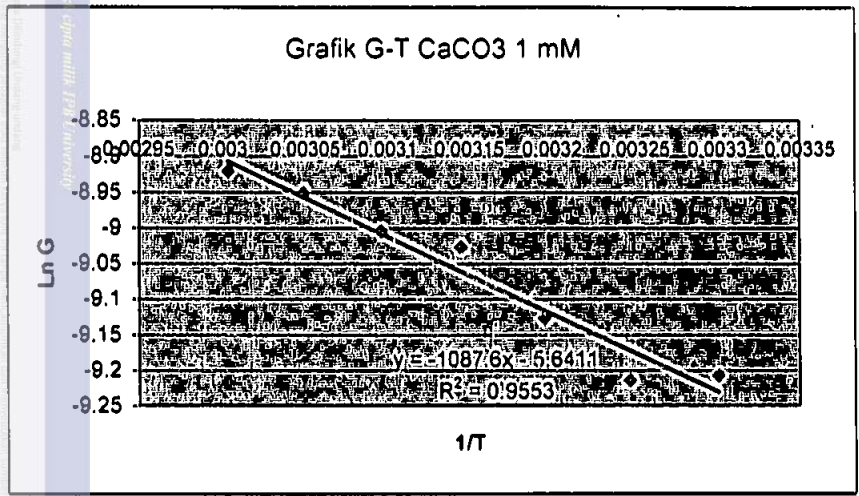


Lampiran 40. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan MgCO3 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM



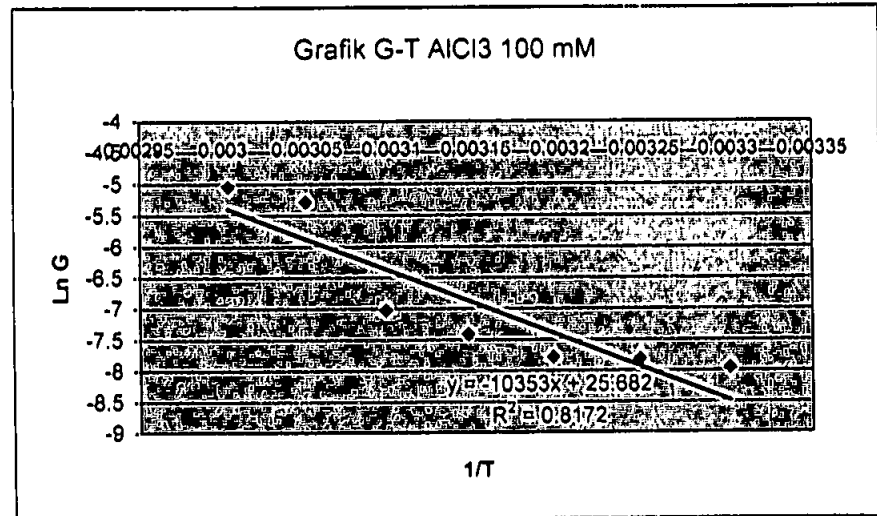
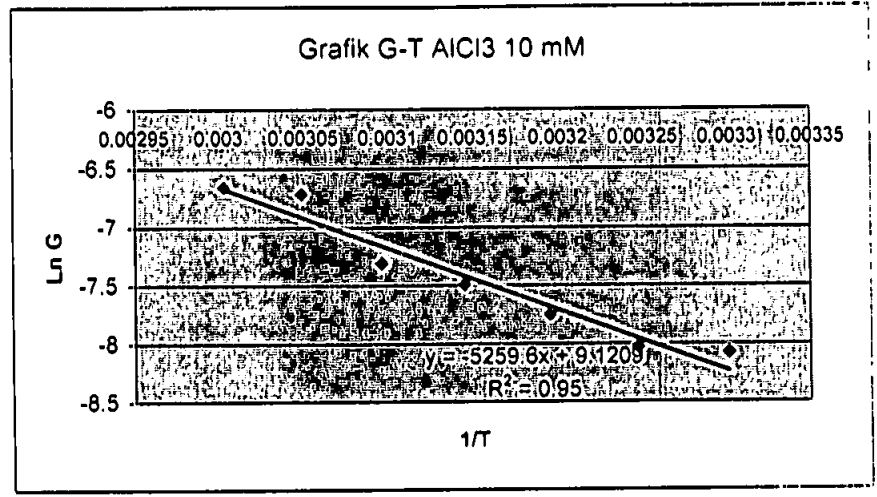
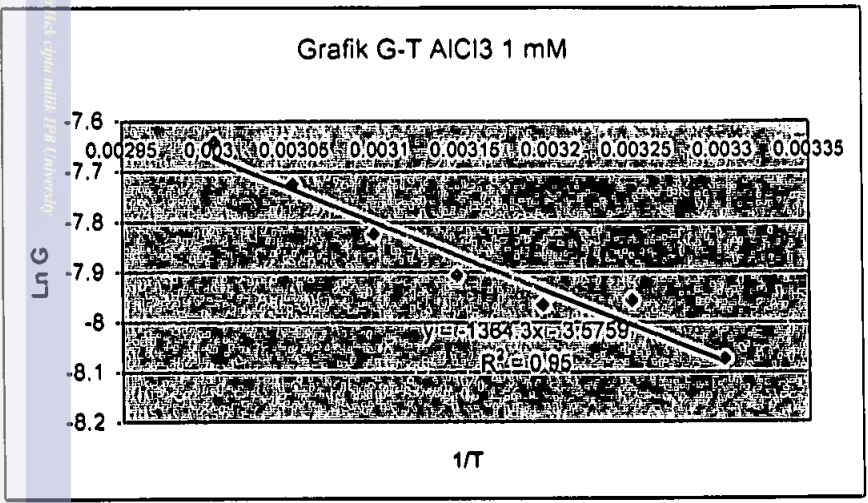


Lampiran 41. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan CaCO₃ 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM



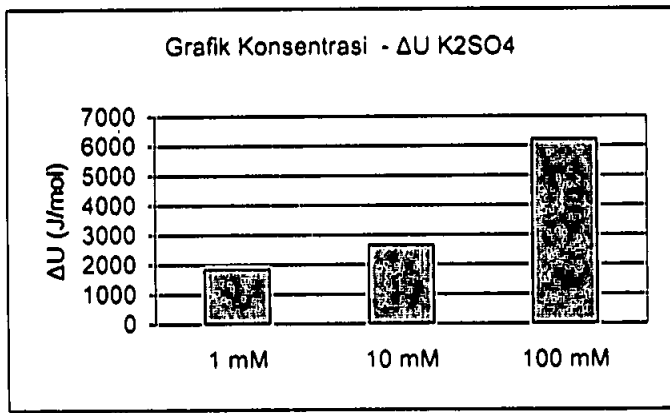
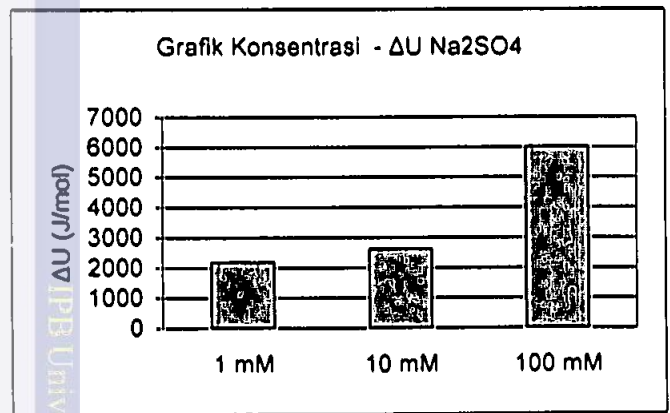
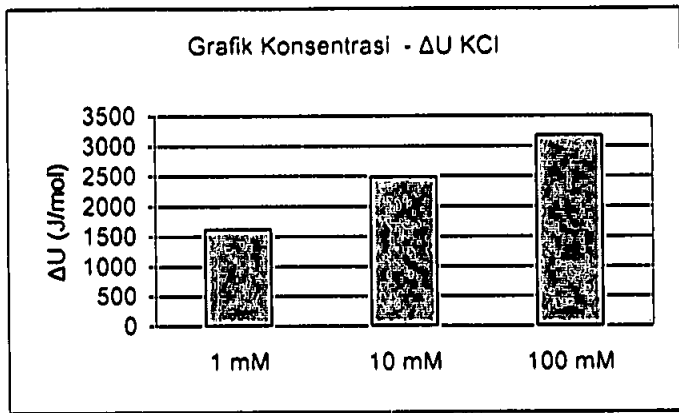
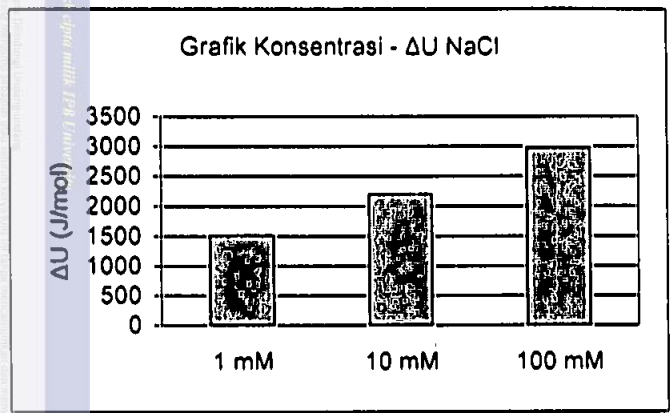


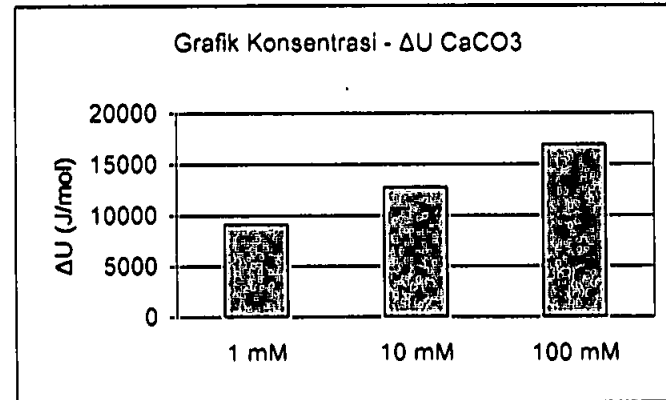
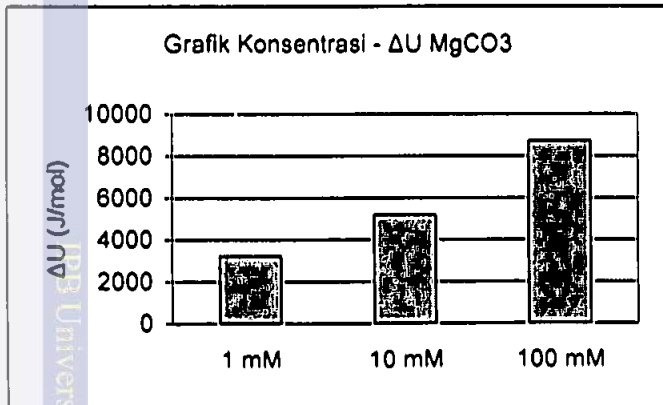
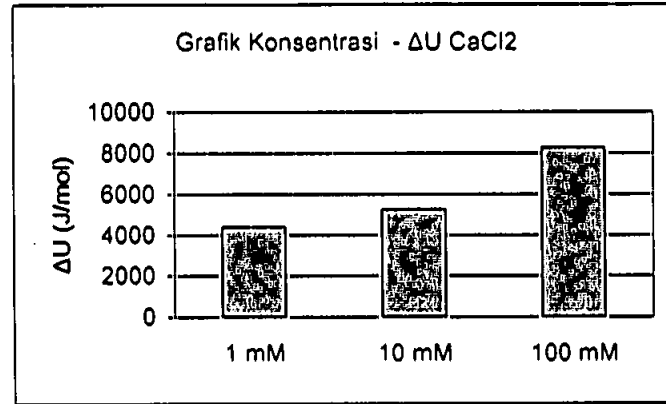
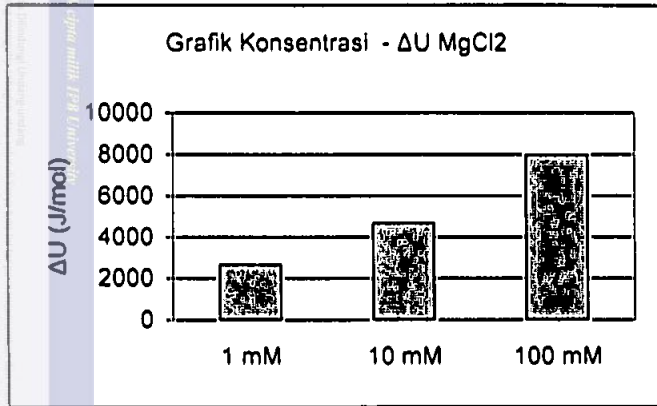
Lampiran 42. Grafik Hubungan Konduktansi terhadap Suhu Larutan AlCl₃ 1 mM pada konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM





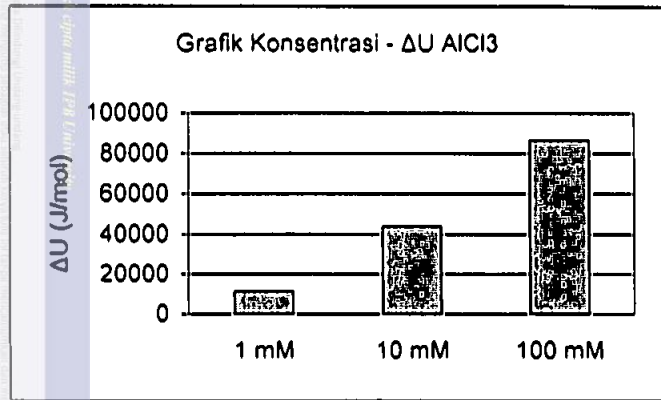
Lampiran 43. Grafik Hubungan Konsentrasi terhadap Energi Aktivasi (ΔU) pada Larutan bervalensi 1 (NaCl, KCl, Na₂SO₄, dan K₂SO₄)



Lampiran 44. Grafik Hubungan Konsentrasi terhadap Energi Aktivasi (ΔU) pada Larutan bervalensi 2 ($MgCl_2$, $CaCl_2$, $MgCO_3$, dan $CaCO_3$)



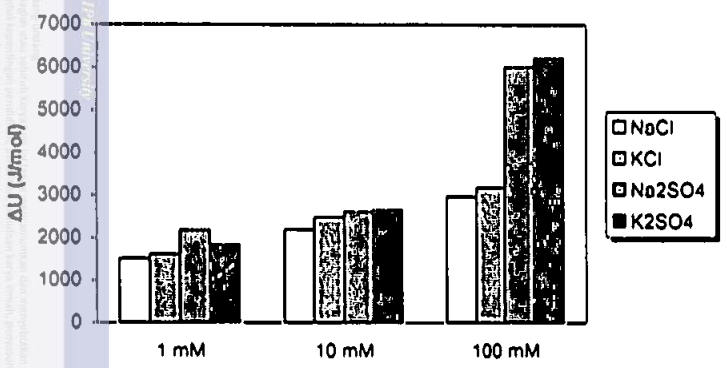
Lampiran 45. Grafik Hubungan Konsentrasi terhadap Energi Aktivasi (ΔU) pada Larutan bervalensi 3 ($AlCl_3$)



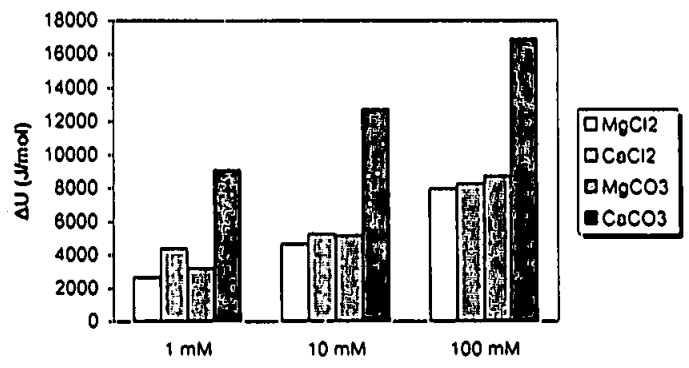
IPB University is a leading institution in Indonesia, providing high-quality education and research in various fields. The university's commitment to excellence is reflected in its state-of-the-art facilities and the expertise of its faculty and students.

Lampiran 46. Grafik Hubungan Konsentrasi terhadap Energi Aktivasi (ΔU) pada Larutan bervalensi 1, bervalensi 2, dan bervalensi 3

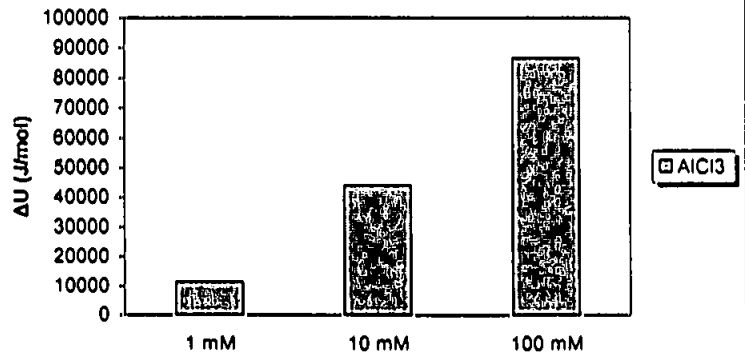
Grafik ΔU larutan bervalensi 1



Grafik ΔU Larutan bervalensi 2



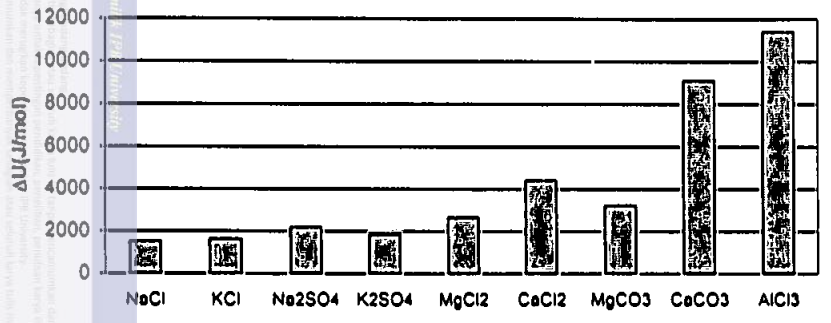
Grafik ΔU Larutan bervalensi 3



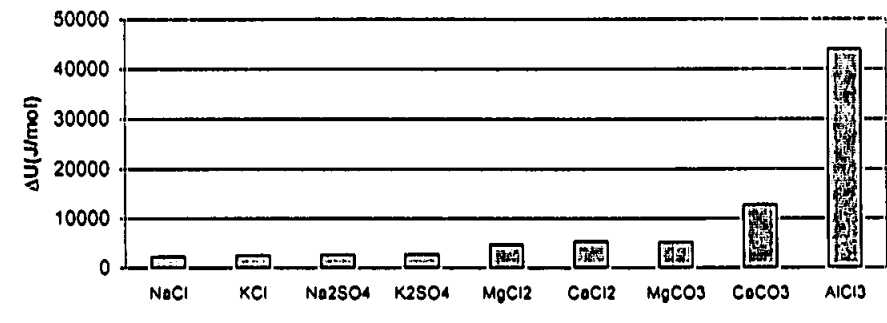


Lampiran 47. Grafik Hubungan Energi Aktivasi Larutan untuk Konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM

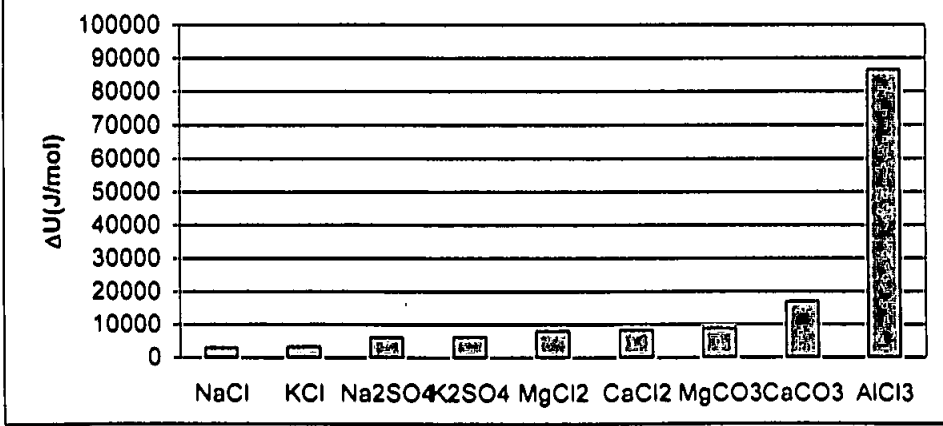
Grafik ΔU Larutan 1 mM



Grafik ΔU Larutan 10 mM



Grafik ΔU Larutan 100 mM



Lampiran 48. Data jari-jari atom unsur utama dan data energi aktivasi larutan untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM.

Tabel 1. Jari-jari atom unsur-unsur utama (nm)

Li	3	0.123	Be	4	0.089	B	5	0.088	C	6	0.077	N	7	0.07	O	8	0.068	F	9	0.064
Na	11	0.157	Mg	12	0.136	Al	13	0.125	Si	14	0.117	P	15	0.11	S	16	0.104	Cl	17	0.099
K	19	0.203	Ca	20	0.174	Ga	31	0.125	Ge	32	0.122	As	33	0.121	Se	34	0.117	Br	35	0.114
Rb	37	0.216	Sr	38	0.192	In	49	0.15	Sn	50	0.14	Sb	51	0.141	Te	52	0.137	I	53	0.133
Cs	55	0.235	Ba	56	0.198	Tl	81	0.155	Pb	82	0.154	Bi	83	0.152	Po	84	0.153			

Tabel 2. Energi aktivasi larutan untuk konsentrasi 1 mM, 10 mM, dan 100 mM

Larutan	[]	Gradien	konstanta	ΔU (J/mol)
NaCl	1 mM	-180.88	8.35022564	1510.221809
	10 mM	-262.87	8.35022564	2195.023814
	100 mM	-354.72	8.35022564	2981.992039
KCl	1 mM	-193.37	8.35022564	1614.683132
	10 mM	-297.74	8.35022564	2486.196182
	100 mM	-380.41	8.35022564	3176.509336
Na2SO4	1 mM	-260.98	8.35022564	2179.241888
	10 mM	-312.77	8.35022564	2611.700073
	100 mM	-719.39	8.35022564	6007.068823
K2SO4	1 mM	-220.56	8.35022564	1841.725767
	10 mM	-317.27	8.35022564	2649.276089
	100 mM	-743.63	8.35022564	6209.476293
MgCl2	1 mM	-316.63	8.35022564	2643.931944
	10 mM	-558.55	8.35022564	4684.018531
	100 mM	-953.22	8.35022564	7959.602085
CaCl2	1 mM	-526.53	8.35022564	4398.644308
	10 mM	-629.99	8.35022564	5260.558651
	100 mM	-988.88	8.35022564	8257.371131
MgCO3	1 mM	-384.17	8.35022564	3207.906184
	10 mM	-621.24	8.35022564	5187.494177
	100 mM	-1043.8	8.35022564	8715.965523
CaCO3	1 mM	-1087.6	8.35022564	9081.705408
	10 mM	-1523	8.35022564	12717.39365
	100 mM	-2024.5	8.35022564	16905.03181
AlCl3	1 mM	-1384.3	8.35022564	11392.21284
	10 mM	-5259.6	8.35022564	43918.84678
	100 mM	-10353	8.35022564	86449.88605