

**SINTESIS DAN KAJIAN SIFAT LISTRIK
MEMBRAN KITOSAN DENGAN VARIASI KONSENTRASI
KITOSAN**

DEVI LAKSITA CORY WIJAYANTI



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2009**

**SINTESIS DAN KAJIAN SIFAT LISTRIK
MEMBRAN KITOSAN DENGAN VARIASI KONSENTRASI
KITOSAN**

DEVI LAKSITA CORY WIJAYANTI

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada
Departemen Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2009**

ABSTRAK

DEVI LAKSITA CORY WIJAYANTI. Sintesis dan Kajian Sifat Listrik Membran Kitosan Dengan Variasi Konsentrasi Kitosan. Dibimbing oleh **Jajang Juansah, M. Si. dan Mersi Kurniati, M. Si.**

Kualitas membran sintetik ditentukan oleh sifat bahan utama untuk membuatnya. Kitosan merupakan salah satu turunan kitin yang diperoleh melalui proses deasetilasi atau penghilangan gugus COCH_3 , bila kitosan dilarutkan dalam asam, maka kitosan akan menjadi polimer kationik. Kajian listrik membran telah diamati dengan mengukur kapasitansi, impedansi dan loss coefficient menggunakan alat LCR meter yang dirangkai dengan kapasitor dan untuk karakterisasi morfologi membran menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope). Membran merupakan lapisan yang dapat memisahkan dua komponen dengan cara spesifik, yaitu dengan menahan atau melewatkan salah satu komponen yang lebih cepat dari komponen lainnya. Pengukuran yang dilakukan menggunakan alat LCR Hi-Tester (LCR meter) yang nilainya dapat langsung terbaca pada alat tersebut. Variasi konsentrasi dan frekuensi yang diberikan mempengaruhi nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient. Semakin tinggi nilai frekuensi yang diberikan menyebabkan nilai kapasitansi dan loss coefficient membran kitosan menurun, sedangkan nilai impedansinya meningkat. Sebagai contoh, nilai rata-rata kapasitansi membran kitosan 5 pada frekuensi 10 KHz nilai kapasitansinya 273.513 mikro Farad dan pada frekuensi 100 KHz nilainya 2.799 mikro Farad. Nilai impedansinya mengalami kenaikan, pada frekuensi 10 KHz nilainya 167.533 mili Ohm dan pada frekuensi 100 KHz nilainya 590.297 mili Ohm, sedangkan nilai loss coefficient makin menurun dengan adanya penambahan frekuensi. Pada frekuensi 10 KHz nilai loss coefficient nya 2.699, sedangkan pada frekuensi 100 KHz nilainya 0.278.

Kata Kunci : membran, kapasitansi, impedansi, loss coefficient.

Judul : Sintesis dan Kajian Sifat Listrik Membran Kitosan Dengan Variasi Konsentrasi Kitosan
Nama : Devi Laksita Cory Wijayanti
NRP : G74104035

Menyetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Jajang Juansah, M. Si

NIP. 132 311 933

Mersi Kurniati, M. Si

NIP. 132 206 237

Mengetahui :

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor

Dr. drh. Hasim, DEA.

NIP. 131 578 806

Tanggal Lulus :

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan terhadap Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan anugerah serta nikmat yang begitu banyak. Hanya dengan ridho dan semua kemudahan yang diberikan-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul “Sintesis dan Kajian Sifat Listrik Membran Kitosan dengan Variasi Konsentrasi Kitosan” dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Jajang Juansah, M.Si dan Ibu Mersi Kurniati, M.Si selaku pembimbing
2. Bapak Mahfuddin Z, M.Si dan Bapak Hendradi Hardienata, M.Si selaku dosen penguji
3. Papa, mama, adik dan keluarga besar atas do'a dan kasih sayangnya
4. Kakakku, Andriansyah R & Ginanjar Pramudia, makasih banzai nya
5. Bapak Firman dan seluruh staff Departemen Fisika yang telah banyak membantu
6. Uwai, Dila, Elli, Fifie, Ulil, Vera, Grice, Iphi, Hasti, Riski, Rahmi, Ana, Rina, Viter, Rahma, Inna, Asfini, Dimi, Qori, Arum and Mbak Molly, Puji, Tebe, Farid, Ade, Agung, Saor, Eka, Aep, Erdi, Heri, Ulul, Romzi, Rifki, Novan, Isran, Casnan, Fazmi
7. Mbak Farida, Mbak Tia, Mbak Euis, Kak Opik, Kak Geral and kakak S2 yang lainnya, kakak fisika 38, 39, 40 dan adik fisika 42, 43, 44
8. My Room mates : Betty Amalia, Dyah Keswara M. T dan Yanti K
9. Temen-temen Nabila : Yuli, Mirzah, Dede, Nadew, Tidar, Ovie, Andrizu, Melani, Hilda, Yayoi, Ika, Icha, Mia, Ida
10. Keluarga W. Rosa : Eyang, Pak Eko, Bu Eko, Mbak Enting, Mbak Vitri, Mas Adi, Mas Rudi, Mas Edi, Nana, Si kembar (Inka and Irma), Ega, Ucan, Iki, Tari, Ari, Sufi, Wiwid, Anggun, Geny, Tyas, Merlin, Lilik, Diena, Tetet, Evie, Ridwan, Adit, Aji, Eki, Yanta, Juanda, Hendi, Ario, Hendrik, Sandi, iqbal
11. Temen-temen Teater Ladang Seni : Luki S, Ariska, Yogi, Wahyu, Putri, Puput, Lembu, Nobel, Tinton, Mbak Tia, Mbak Susan, Mas Bram, Anto, Edo, Irub, Eri, Zay
12. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Berbagai penelitian telah dilakukan dalam penerapan teknologi membran, salah satunya adalah karakterisasi sifat listrik membran. Banyak hal menarik yang telah dikemukakan oleh peneliti sebelumnya dan berdasarkan penelitian tersebut penulis tertarik untuk mengembangkan penelitian dengan mengkaji sifat listrik membran kitosan yang telah dibuat dengan konsentrasi kitosan yang beragam.

Penulis menyadari dalam tulisan ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk hasil yang lebih baik. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk kita semua.

Bogor, September 2009 *Devi Laksita Cory Wijayanti*

Riwayat Hidup



Penulis dilahirkan di Pekalongan pada tanggal 23 Agustus 1986. Anak pertama dari enam bersaudara yang lahir dari pasangan R. Sulistyو Hadi Prajitno dan Siti Chotijah.

Penulis mengikuti pendidikan sekolah dasar di SDN Pekayon Jaya IV dan lulus pada tahun 1998. Pendidikan tingkat menengah diselesaikan oleh penulis pada tahun 2001 di SLTP N 12 Bekasi. Pendidikan tingkat atas diselesaikan pada tahun 2004 di SMU N 3 Bekasi. Pada tahun yang sama (2004) penulis diterima menjadi mahasiswi di Institut Pertanian Bogor, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur USMI. Selama mengikuti perkuliahan penulis aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa, Teater Ladang Seni.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	1
Hipotesa	1
TINJAUAN PUSTAKA	1
Kitosan	1
Membran	2
Asam Asetat	3
Kapasitansi	3
Impedansi	4
Loss Coefficient	4
SEM	5
BAHAN DAN METODE	5
Waktu dan Tempat Penelitian	5
Bahan dan Alat	5
Metode Penelitian	5
Pelaksanaan Penelitian.....	5
Persiapan Penelitian	5
Persiapan Eksperimen	5
Eksperimen	6
Pengambilan Data	6
Analisa Data	6
HASIL DAN PEMBAHASAN	6
Membran Kitosan	6
Karakteristik Kapasitif.....	6
Karakteristik Impedansi	7
Karakteristik Loss Coefficient	7
Karakteristik SEM	7
KESIMPULAN DAN SARAN	9
Kesimpulan	9
Saran	9
DAFTAR PUSTAKA	9
LAMPIRAN	11

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Kitosan	1
2 Skema kapasitor plat sejajar	3
3 Model elektronika membran	5
4 Diagram fasor yang membentuk sudut loss coefficient	5
5 Scanning Elektron Microscope (SEM)	5
6 Skema rangkaian sistem pengukuran kapasitansi, impedansi dan loss coefficient.....	6
7 Grafik nilai kapasitansi pada berbagai konsentrasi membran kitosan	7
8 Grafik nilai impedansi pada berbagai konsentrasi membran kitosan	7
9 Grafik nilai loss coefficient pada berbagai konsentrasi membran kitosan	8
10 Hasil SEM membran kitosan 5-sem5000x mk1	8
11 Hasil SEM membran kitosan 10-sem5000x mk1	8
12 Hasil SEM membran kitosan 5-sem5000x mk2	8
13 Hasil SEM membran kitosan 10-sem5000x mk2	8
14 Hasil SEM membran kitosan 5-sem10000x mk1	8
15 Hasil SEM membran kitosan 10-sem10000x mk1	8
16 Hasil SEM membran kitosan 5-sem10000x mk2	9
17 Hasil SEM membran kitosan 10-sem10000x mk2	9

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Konstanta Dielektrik Bahan	4

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Diagram alir penelitian	12
2 Alat-alat dan bahan penelitian	13
3 Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 5	14
4 Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 6	16
5 Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 7	18
6 Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 8	20
7 Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 9	22
8 Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 10	24
9 Nilai kapasitansi pada berbagai konsentrasi membran kitosan	26
10 Diagram hubungan konsentrasi dengan kapasitansi pada F=10 KHz & 100 KHz	27
11 Nilai impedansi pada berbagai konsentrasi membran kitosan	28
12 Diagram hubungan konsentrasi dengan impedansi pada F=10 KHz & 100 KHz	29
13 Nilai loss coefficient pada berbagai konsentrasi membran kitosan	30
14 Diagram hubungan konsentrasi dengan loss coefficient pada F=10 KHz & 100 KHz	31

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kemajuan dalam teknologi membran pada bidang industri, biologi, kimia dan fisika kini sedang banyak dikembangkan.

Membran merupakan lapisan semipermeable yang dapat melewatkan komponen tertentu dan menahan komponen lain berdasarkan perbedaan ukuran komponen yang akan dipisahkan (Cheryan, 1986). Membran dapat berfungsi sebagai barrier (penghalang) tipis yang sangat selektif di antara dua fasa, hanya dapat melewatkan komponen tertentu dan melewatkan komponen lain dari suatu aliran fluida yang dilewatkan melalui membran (Notodarmojo S, 2004). Fasa-fasa tersebut memiliki karakter yang berbeda, yaitu : perbedaan konsentrasi, tekanan, suhu, komposisi larutan dan viskositas.

Bahan untuk pembuatan membran dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu : polimer sintesis (seperti : perfluoropolimer, karet, silicon, poliamide dan polisulfon), produk alam termodifikasi (seperti selulosa dan kitosan), dan bahan-bahan lain seperti bahan inorganic, keramik, gelas, metalik, membran cair dan zeolit (Scott dan Hughes, 1996). Membran yang baik adalah membran yang memiliki permeabilitas (fluks) dan selektifitas yang tinggi dengan ketahanan kimia, fisik dan termal yang tinggi.

Kitosan merupakan salah satu polimer yang dapat digunakan untuk pembuatan membran, baik berpori maupun yang tidak berpori dan kitosan merupakan produk deasetilasi dari kitin. Kitin dapat diperoleh dari ekstraksi kulit udang melalui dua tahapan, yaitu : deproteinasi (proses penghilangan protein) dan demineralisasi (proses penghilangan mineral). Kitosan mudah mengalami degradasi atau penguraian secara biologis, tidak beracun, kationik kuat, flokulan dan koagulan yang baik, mudah membentuk membran atau film, serta membentuk gel dengan anion bervalensi ganda (Sandford *et. Al.*, 1989).

Karakterisasi membran buatan meliputi : sifat listrik, mekanik, termal dan sebagainya. Sifat kelistrikan dapat dilihat dengan melakukan pengukuran kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran akan diukur pada frekuensi berbeda dalam konsentrasi Asam Asetat yang sama yaitu asam asetat 10%.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kelistrikan membran yang dibuat dengan berbagai konsentrasi kitosan dengan menggunakan pelarut Asam Asetat 10% dan frekuensi yang bervariasi yang meliputi kapasitansi (C), impedansi (Z) dan loss coefficient (D).

Hipotesa

Penambahan konsentrasi kitosan pada pembuatan membran mempengaruhi nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran. Semakin besar frekuensi yang diberikan maka nilai kapasitansi dan loss koefisien akan menurun, dan nilai impedansi listrik mengalami kenaikan.

TINJAUAN PUSTAKA

Kitosan

Kitosan merupakan salah satu turunan kitin yang diperoleh melalui proses deasetilasi atau penghilangan gugus COCH_3 (Purwatiningsih, 1993). Kitin dan kitosan merupakan senyawa golongan karbohidrat yang dapat dihasilkan dari limbah hasil laut. Sumber kitin yang paling potensial adalah kerangka luar *Crustacea* (contoh : kepiting, lobster dan udang) dan serangga, dinding struktural fungi serta hewan tingkat rendah (Hale, 1986 dan Mckay *et. al.*, 1987).

Kitin dalam struktur hewan biasanya sebagai kulit luar permukaan epithelium (Knorr, 1984). Limbah udang merupakan sumber kitin dan kitosan karena kulit udang mengandung kitin sebesar 20-30% dari bobot keringnya.

Kitin adalah substansi organik kedua yang paling banyak ditemukan di alam setelah selulosa, terdapat dalam berbagai spesies binatang (Purwatiningsih, 1993).

Keberadaan kitin bergabung dengan unsur-unsur lain seperti protein, kalsium karbonat, magnesium karbonat dan pigmen karotenoid (Purwatiningsih, 1993). Kitosan tidak larut dalam air, sedikit larut dalam HCl, HNO_3 dan H_3PO_4 0.5%, serta tidak larut dalam basa kuat dan H_2SO_4 .



Gambar 1. Kitosan

Kitosan tidak larut dalam air, larutan alkali pada pH di atas 6.5 dan pelarut organik, tetapi dapat larut cepat dalam asam organik encer seperti Asam Format, Asam Asetat, Asam Sitrat dan Asam Mineral lain kecuali Sulfur (Austin, 1984). Kitosan merupakan turunan N deasetilasi dari kitin. Kitin adalah polisakarida alamiah yang melimpah dan menjadi material pendukung pada cangkang kepiting, kulit udang, miselia jamur, serangga, dan sebagainya. Kitosan dapat diperoleh melalui serangkaian proses deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi kitin menggunakan alkali dan temperatur yang tinggi. Keberadaan gugus hidroksil dan amino pada kerangka kitosan menyebabkan kitosan memiliki hidrofilisitas yang cukup tinggi.

Kitosan dalam media asam juga dapat menjadi polielektrolit melalui protonasi gugus NH_2 . Oleh karena sifat kristalin kitosan, bagian kristalin pada kitosan akan menghalangi molekul air untuk masuk ke dalam membran kitosan, sehingga menghambat transpor ion hidroksida di dalam membran.

Hal ini didukung dengan adanya gugus polar dan non-polar yang dikandungnya, karena kemampuannya itulah kitosan dapat digunakan sebagai pengental, pembentuk gel yang sangat baik, sebagai pengikat, penstabil dan pembentuk tekstur (Brzeski, 1989)

Bila kitosan dilarutkan dalam asam, maka kitosan akan menjadi polimer kationik dengan struktur linear sehingga dapat digunakan dalam proses flokulasi dan pembentukan film. Kelebihan polielektrolit kationik dibandingkan dengan koagulan lain adalah jumlah flok yang dihasilkan lebih sedikit karena polielektrolit tidak membentuk endapan, flok yang terbentuk lebih kuat dan tidak memerlukan pengaturan pH (Ornum, 1992).

Membran

Membran dapat didefinisikan sebagai suatu lapisan yang memisahkan dua fasa dan mengatur perpindahan massa dari kedua fasa yang dipisahkan (Gea S., *et. Al.*, 2005). Membran adalah bahan yang dapat memisahkan dua komponen dengan cara spesifik, yaitu dengan menahan atau melewatkan salah satu komponen lebih cepat dari komponen lainnya. Membran dapat dibuat dengan menggunakan beberapa metode antara lain pelelehan, pengepresan, *track-etching* dan pembalikan fase. Berdasarkan bahan pembuatannya, membran

dibagi menjadi dua golongan, yaitu membran dengan bahan organik dan anorganik.

Untuk bahan organik membran di bagi menjadi dua bagian, yaitu :

- Membran alami adalah membran yang terdapat di jaringan makhluk hidup. Contoh : membran yang terbuat dari selulosa dan turunannya seperti selulosa nitrat dan asetat.
- Membran sintesis adalah membran yang dibuat sesuai dengan kebutuhan dan disesuaikan dengan sifat membran alami. Contoh : polisulfon, poliamida dan polimer sintesis lainnya.

Berdasarkan morfologi (bentuk) membran di bagi menjadi dua golongan, yaitu membran simetrik dan asimetrik. Membran simetrik memiliki struktur pori yang homogen dan relatif sama, sedangkan membran asimetrik memiliki ukuran dan kerapatan yang tidak sama.

Berdasarkan proses yang menyebabkan transfer zat atau mekanisme pemisahan di kenal dengan membran filtrasi, dialisis dan elektrodialisis.

- Filtrasi, yaitu suatu proses pemisahan dengan membran dimana penggerakannya yaitu berupa perbedaan tekanan.
- Dialisis, yaitu proses pemisahan dengan membran dimana tenaga penggerakannya berupa perbedaan konsentrasi.
- Elektrodialisis, yaitu proses pemisahan dengan membran dimana tenaga penggerakannya berupa beda potensial listrik.

Berdasarkan sifat listriknya membran buatan dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Membran tidak bermuatan tetap

Membran tidak bermuatan tetap, disebut juga membran netral. Membran ini terdiri dari polimer yang tidak mengikat ion-ion sebagai ion tetap dan bersifat selektif terhadap larutan kimia. Selektifitas membran netral ditentukan oleh unsur-unsur penyusun (monomer), ikatan kimia, ukuran pori-pori, daya tahan terhadap tekanan dan suhu, relativitas dan konduktansi serta karakteristik sifat listrik lain.

2. Membran bermuatan tetap

Membran bermuatan tetap terbentuk karena molekul-molekul ionik yang menempel pada lattice membran secara kimia. Ion-ion tidak dapat berpindah dan membentuk lapisan tipis bermuatan pada membran. Membran ini dapat dilalui ion-ion

tertentu. Membran ini dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- Membran Penukar Kation / *Kation Exchange Membrane (KEM)* adalah membran bermuatan anion tetap yang hanya dapat dilewati oleh kation.
- Membran Penukar Anion / *Anion Exchange Membrane (AEM)* adalah membran bermuatan kation tetap yang hanya dapat dilewati oleh anion.
- Double Fixed Charge Membrane (DFCM)* adalah membran bermuatan yang memiliki muatan anion dan kation tetap pada bagian lattice tertentu yang merupakan gabungan KEM dan AEM (Huriawati, 2006).

Membran kitosan termasuk membran sintetik atau buatan yang berbahan dasar kitosan yang merupakan turunan kitin yang banyak terdapat pada kerangka atau kulit luar *Crustacea*.

Asam Asetat

Asam Asetat adalah cairan yang tidak berwarna dengan karakteristik berbau tajam, berasa asam, serta larut dalam air, alkohol dan gliserol. Asam asetat memiliki rumus empirik $C_2H_4O_2$ dan rumus struktur CH_3COOH . Asam asetat memiliki titik didih $118^\circ C$ ($245^\circ F$) dan titik beku $16.7^\circ C$, serta dapat digunakan sebagai penambah rasa (Dillon, 1992).

Pelarut kitosan yang baik adalah Asam Formiat dan Asam Asetat dengan konsentrasi masing-masing 0.2-1.0% dan 1.0-2.0% (Ornum, 1992).

Karakteristik Kelistrikan Membran

Setiap bahan akan memiliki sifat kelistrikan. Bahan tersebut dapat termasuk dalam konduktor, isolator, semikonduktor atau superkonduktor. Sifat kelistrikan tersebut meliputi kapasitansi, impedansi, dielektrik dan lain-lain.

Kapasitansi

Sifat kelistrikan lain dari membran adalah kapasitansi. Kapasitansi didefinisikan sebagai konstanta pembanding yang menghubungkan perbedaan tegangan dan muatan yang melintasi dua titik atau kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Banyaknya muatan yang diberikan pada kapasitor sebanding dengan tegangan yang diberikan oleh sumber dan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut

$$C = \frac{Q}{V} \quad \dots(1)$$

dimana : C = kapasitansi (Farad)

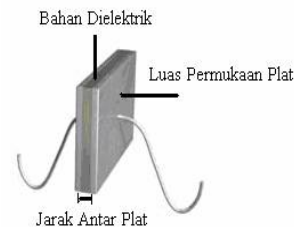
Q = muatan yang diberikan pada keping (Coulomb)

V = tegangan yang diberikan (Volt)

Kapasitor merupakan suatu elemen dasar rangkaian listrik yang mampu menyimpan muatan listrik (Dahlan, *et. Al.*, 2001). Struktur sebuah kapasitor terbuat dari dua buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Pada alam, fenomena kapasitor ini terjadi saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan.

Michael Faraday (1791-1867) membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulomb. Besar muatan (Q) yang disimpan sebuah kapasitor sebanding dengan beda potensialnya (V). Oleh karena itu, kapasitansi tidak bergantung pada muatan maupun tegangan kapasitor.

Nilai kapasitansi bergantung pada faktor geometri dan sifat bahan dielektrik. Faktor geometri yang menentukan adalah luas penampang dan jarak antar plat, sedangkan sifat bahan dielektrik ditentukan oleh nilai konstanta dielektrik bahan.



Gambar 2. Skema Kapasitor plat sejajar

Ketika luas plat meningkat, maka nilai kapasitansi akan meningkat. Ketika jarak

antar plat besar, maka nilai kapasitansi berkurang. Ketika nilai konstanta dielektrik besar, maka kapasitansi akan meningkat. Dengan mempertimbangkan tiga faktor tersebut, maka kapasitansi kapasitor antar dua plat sejajar dan nilai konstanta dielektrik dapat dihitung menggunakan rumusan:

$$C = \frac{k \epsilon_0 A}{d} \quad \dots(2)$$

dimana C adalah kapasitansi dalam farad, k adalah tetapan dielektrik, A adalah luas permukaan plat dalam m², dan d adalah jarak pisah antar plat dalam meter.

Dalam pembuatan kapasitor, kapasitansi dihitung dengan mengetahui luas plat metal (A), jarak (d) antar kedua plat metal (tebal bahan dielektrik) dan konstanta (k) bahan dielektrik.

Sifat dielektrik menunjukkan kemampuan suatu bahan untuk menyimpan, mentransmisikan dan memantulkan energi gelombang elektromagnetik. Pengukuran sifat dielektrik berhubungan dengan pengukuran kapasitansinya. Secara tidak langsung pengukuran kapasitansi sangat penting pada pengukuran dielektrik bahan. Pengukuran kapasitansi cukup banyak dan sudah terdapat dipasaran, sehingga lebih mudah dan terpercaya bila digunakan pengukuran kapasitansi daripada pengukuran dielektrik secara langsung. Meskipun demikian informasi sifat dielektrik tidak hilang bahkan dapat diintrestasikan melalui kapasitansi ini (Dahlan, *et. Al.*, 2001).

Dibawah ini adalah tabel contoh konstanta (k) dari beberapa bahan dielektrik:

Tabel 1. Konstanta dielektrik bahan

Vacuum	k = 1.0
Air	k = 1.00059
Polystyrene	k = 2.5
Paper	k = 3.5
Mica	k = 5.4
Glass	k = 8
Flint Glass	k = 9.9
Methyl Alcohol	k = 35
Glycerin	k = 56.2
Pure Water	k = 81

Nilai konstanta dielektrik membran berpengaruh pada proses transpor ion. Membran yang memiliki konstanta dielektrik lebih rendah daripada air, maka energi dirinya akan lebih tinggi daripada air. Dalam transportasi ion dalam membran

diperlukan energi atau sesuatu yang membuat ion menjadikan energinya meningkat atau menurunkan energi membran.

Impedansi

Impedansi merupakan hambatan total pada rangkaian arus bolak-balik atau tingkat resistansi terhadap aliran arus listrik bolak-balik (Alternating Current). Suatu hambatan (R) diambil untuk menghadirkan komponen dissipative (menghilangkan) respon dielektrik, sedangkan suatu kapasitansi (C) menggambarkan komponen penyimpanan dielektrik bahan.

Resistansi dari kapasitansi C adalah $R = 1/(j\omega C)$, dimana j merupakan satuan imajiner. Pada rangkaian ekuivalen, impedansi Z_p dari resistansi (R_p) dan sebuah kapasitansi (reaktansi $1/(\omega C_p)$) yang terangkai paralel dapat diperoleh dari Hukum Kirchoff,

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{1/(j\omega C_p)} \quad \dots(3)$$

dari persamaan diatas didapatkan:

$$Z_p = \frac{R_p}{1 + (j\omega R_p C_p)} \quad \dots(4)$$

jika ditambahkan R_s secara seri pada elemen RC maka diperoleh:

$$Z = R_s + \frac{R_p}{1 + (j.2.\pi.f.R_p.C_p)} \quad \dots(5)$$

dimana ω digantikan dengan $2\pi f$. Real (Z_{re}) dan bagian imajiner (Z_{im}) dari impedansi kompleks Z adalah:

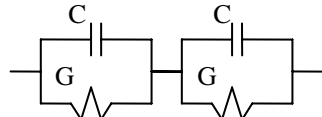
$$Z_{re} = R_s + \frac{R_p}{1 + \omega^2.R_p^2.C_p^2} \quad \dots(6)$$

dan

$$Z_{im} = \frac{R_p^2.C_p.\omega}{1 + \omega^2.R_p^2.C_p^2} \quad \dots(7)$$

(Gitter, 2007).

Hans coster, *et. Al.*, mengembangkan teknik baru spektrometri impedansi daya pisah atomik untuk penyelidikan membran ultrafiltrasi sehingga dapat disingkap mekanisme adsorpsi, fuoling, rejeksi dan sebagainya. Impedansi listrik membran dimodelkan dengan rangkaian elektronik, seperti berikut;



Gambar 3. Model elektronika membran

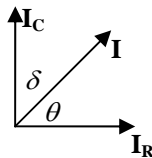
Loss Coefficient

Loss coefficient merupakan parameter yang menyatakan kemampuan suatu bahan untuk menghamburkan atau melepaskan energi dan mengkonversinya menjadi panas. Sudut loss coefficient dibentuk oleh fasor arus total bolak-balik dengan arus pengisian I_C pada kapasitor, seperti ditunjukkan pada gambar 4 (Kamaluddin, 2004).

Loss coefficient = $90^\circ -$ sudut fase (θ). Nilai loss coefficient akan bertambah besar dengan berkurangnya sudut fase akibat adanya kehilangan energi. Loss coefficient dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut

$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{V/R}{V\omega C} = \frac{G}{\omega C} \quad \dots(8)$$

dimana ω adalah frekuensi angular dan C adalah kapasitansi.



Gambar 4. Diagram fasor yang membentuk sudut loss coefficient.

Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning electron microscope (SEM) merupakan mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk mengimplementasikan sebuah citra gambar. SEM memiliki kedalaman bidang pandang yang lebih luas, karakteristik pencitraan tiga dimensi, resolusi yang tinggi, ketajaman fokus gambar serta memiliki derajat perbesaran yang besar.

Prinsip SEM

Elektron dengan energi kinetik tinggi dipancarkan oleh sumber mengenai sampel membran. Pantulan elektron ini akan di tangkap oleh detektor sehingga membentuk bayangan tertentu. Tampilan permukaan sampel bergantung pada intensitas pengukuran elektron (Darwo, 2003).

Hasil foto SEM merupakan gambar topografi yang memperlihatkan segala tonjolan, lekukan, maupun lubang permukaan.



Gambar 5. Scanning electron microscope (SEM).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Biofisika Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor mulai bulan juni 2008 sampai bulan desember 2008 dan karakterisasi SEM dilakukan di Laboratorium Geologi Kuarter (PPGL) Bandung.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah kitosan dengan bahan pendukung seperti asam asetat 20% (pelarut), kapasitansi., cawan Petri, gelas kimia, tabung reaksi, pipet volumetric, penguduk kaca, neraca analitik, stirrer, batang magnetic, alumunium foil, Tupperware, aquadest, plat kaca, bak air, LCR Hi-tester Hioki 3522-50, micrometer sekrup, tissue, lap, gunting, penggaris dan alat tulis, serta kamera.

Asam asetat digunakan sebagai pelarut karena Asam asetat merupakan pelarut kitosan yang terbaik (Aryanto, 2002).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengukuran kapasitansi dan impedansi dengan LCR meter yang dirangkai dengan plat kapasitor, serta karakterisasi morfologi membran dengan menggunakan SEM.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan penelitian, persiapan eksperimen, eksperimen, analisa data kemudian dilanjutkan dengan pembahasan hasil dalam bentuk skripsi.

Persiapan Penelitian

Sebelum penelitian ini dimulai, pencarian literatur seperti buku, skripsi, artikel, jurnal dan sebagainya dilakukan untuk mempersiapkan dasar-dasar teori dan perumusan fisika yang berhubungan dengan penelitian ini sebagai acuan.

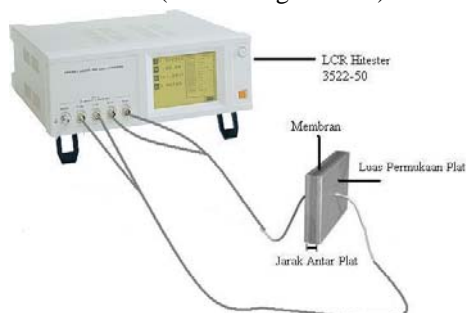
Persiapan Eksperimen

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan eksperimen antara lain adalah persiapan alat dan penyediaan bahan-bahan yang digunakan.

1. Persiapan Alat
Plat kapasitor yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari PCB berukuran luar (2 x 2) cm dan bagian tengah berbentuk persegi dengan ukuran (1.5 x 1.5) cm.
2. Persiapan Bahan
Membuat membran kitosan yang bahan dasar kitosan dengan perbedaan konsentrasi kitosan yang digunakan (5, 6, 7, 8, 9 dan 10) gram dan pelarut yang digunakan adalah asam asetat 20%. Membran dipotong dengan ukuran (1.5 x 1.5) cm. Langkah pembuatan membran kitosan ada pada lampiran 2.
3. Perancangan Sistem
Pengukuran kapasitansi dan impedansi sistem ini menggunakan peralatan utama LCR Hi-Tester Hioki 5322-50 dan plat kapasitor. Rangkaian sistem pengukuran ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

Eksperimen

Membran yang diukur adalah membran dengan berbagai konsentrasi kitosan (5, 6, 7, 8, 9, 10) gram dengan pelarut asam asetat 20% yang telah dipotong persegi dengan ukuran (1.5 x 1.5) cm dan dilakukan pada aliran arus AC (Alternating Current).



Gambar 6. Skema rangkaian sistem pengukuran kapasitansi dan impedansi dan loss coefficient.

Pengambilan Data

Pengukuran kapasitansi dan impedansi menggunakan alat LCR Hi-Tester Hioki 5322-50. Pertama tekan tombol power untuk menghidupkannya, lalu sentuh display frekuensi pada layar untuk mengatur frekuensi yang diinginkan (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100) KHz. Pilih parameter yang akan diukur pada bagian kiri: Cs untuk kapasitansi, Z untuk impedansi dan D untuk loss coefficient. Setelah itu tunggu sampai alat menunjukkan nilai tertentu yang lebih stabil.

Penentuan nilai dielektrik dilakukan setelah nilai kapasitansi telah diperoleh dan ditentukan dari persamaan $C = \frac{k \epsilon_0 A}{d}$,

$$\text{sehingga } k = \frac{Cd}{\epsilon_0 A}.$$

Analisa Data

Analisa data yang dilakukan adalah menggambarkan hubungan frekuensi terhadap kapasitansi, impedansi dan dielektrik membran pada membran kitosan yang bervariasi konsentrasinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Membran Kitosan

Membran kitosan dibuat dengan bahan dasar kitosan dan menggunakan pelarut asam asetat. Tahap awal pembuatan membran adalah dengan membuat larutan kitosan. Pada penelitian ini dibuat beberapa larutan dengan berbagai variasi massa kitosan yang digunakan dengan pelarut asam asetat 10%. Variasi massa kitosan yang digunakan adalah 1 gram, 3 gram, 5 gram, 6 gram, 7 gram, 8 gram, 9 gram dan 10 gram.

Larutan chit.1 (1 gram kitosan dengan 100 ml asam asetat 10%) menghasilkan membran yang sangat rapuh atau sangat mudah hancur. Sama halnya dengan larutan chit.1, larutan chit.3 (3 gram kitosan dengan 100 ml asam asetat 10%) menghasilkan membran yang lebih baik dari membran yang dihasilkan oleh larutan chit.1 walaupun membran yang dihasilkan masih rapuh dan mudah hancur.

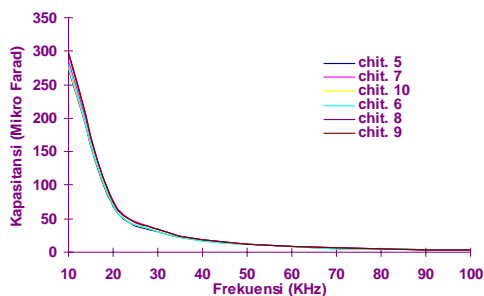
Dalam penelitian ini larutan yang dapat menghasilkan membran kitosan yang lebih baik dari larutan chit.1 & 3 adalah larutan kitosan yang dibuat menggunakan kitosan dengan massa 5 gram, 6 gram, 7 gram, 8 gram, 9 gram dan 10 gram. Semakin besar massa kitosan yang diberikan saat membuat

larutan, maka kekuatan fisik membran yang dihasilkan akan semakin baik (elastis saat masih basah dan setelah kering akan seperti plastik). Kitosan mampu mengikat air dan minyak. Hal ini didukung dengan adanya gugus polar dan non-polar yang dikandungnya, karena kemampuannya itulah kitosan dapat digunakan sebagai pengental, pembentuk gel yang sangat baik, sebagai pengikat, penstabil dan pembentuk tekstur (Brzeski, 1989)

Karakteristik Kapasitif

Gambar 7 menunjukkan pengaruh frekuensi terhadap nilai kapasitansi membran kitosan pada membran kitosan dengan berbagai variasi konsentrasinya. Garis biru menunjukkan membran kitosan 5; garis pink-membran kitosan 7; kuning-membran kitosan 10; biru muda-membran kitosan 6; ungu muda-membran kitosan 8; coklat-membran kitosan 9

Kapasitansi membran merupakan perbandingan antara muatan dan beda potensial yang melintasi membran. Variasi frekuensi mempengaruhi nilai kapasitansi. Semakin tinggi frekuensi nilai kapasitansi menurun.



Gambar 7. Grafik nilai kapasitansi pada berbagai konsentrasi membran kitosan.

Penurunan nilai kapasitansi yang sangat tajam terjadi pada frekuensi 10 KHz – 20 KHz sementara pada frekuensi diatas 20 KHz penurunan nilai kapasitansi lebih landai. Peningkatan frekuensi mengakibatkan gelombang yang ditransmisikan tiap detiknya semakin banyak. Sebelum kapasitor terisi penuh, arah arus listrik sudah berbalik sehingga terjadi pengosongan muatan pada plat kapasitor dengan cepat. Hal ini menyebabkan muatan dalam kapasitor semakin berkurang dan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan semakin kecil (Sulastri, 2006).

Karakteristik Impedansi

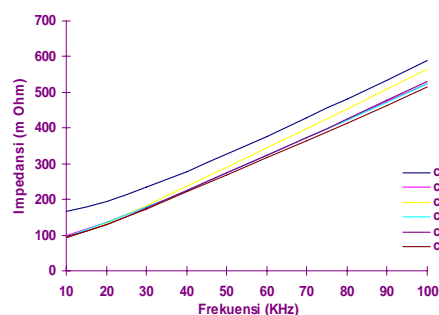
Impedansi merupakan suatu rintangan atau hambatan medan listrik yang diberikan pada plat kapasitor. Pada keping kapasitor impedansi berperan sebagai perintang suatu medan listrik yang diberikan pada keping. Impedansi pada rangkaian keping kapasitor besarnya dipengaruhi oleh frekuensi, resistansi dan reaktansi total. Pada frekuensi yang sangat rendah reaktansi kapasitif menjadi lebih besar daripada reaktansi induktif, jadi impedansinya akan besar dan arus maksimum kecil. Ketika frekuensinya naik reaktansi induktif akan meningkat dan reaktansi kapasitif menjadi turun (Tipler, 1991).

Nilai impedansi membran kitosan mengalami kenaikan dengan semakin meningkatnya frekuensi yang terlihat pada gambar 8. Seperti halnya kapasitansi, variasi frekuensi mempengaruhi nilai impedansi. Peningkatan frekuensi menyebabkan nilai impedansi juga meningkat.

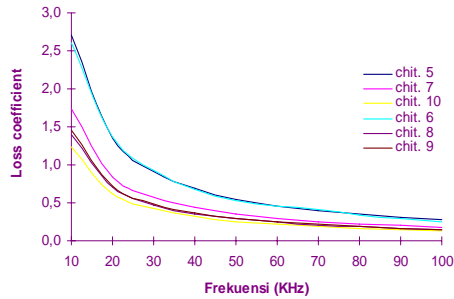
Karakteristik Loss Coefficient

Persamaan (10) menyatakan hubungan frekuensi dan kapasitansi terhadap loss coefficient. Nilai frekuensi dan kapasitansi yang besar menyebabkan nilai loss coefficient menjadi kecil. Bertambah besarnya nilai frekuensi maka semakin banyak energi yang ditransmisikan yang berdampak pada menurunnya kemampuan kapasitor dalam menyimpan muatan.

Pada membran kitosan nilai loss coefficient masing-masing membran tidak mengalami perbedaan nilai yang tajam dan ini terlihat pada gambar 9. Pada frekuensi 10 KHz – 20 KHz terjadi penurunan tajam nilai loss coefficient, sedangkan diatas frekuensi 20 KHz nilai loss coefficient menurun secara perlahan (landai).



Gambar 8. Grafik nilai impedansi pada berbagai konsentrasi membran kitosan



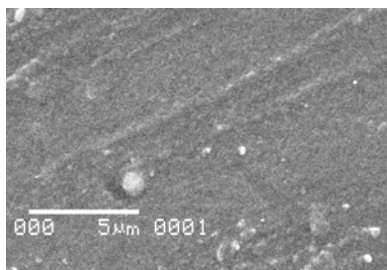
Gambar 9. Grafik nilai Loss coefficient pada berbagai konsentrasi membran kitosan

Karakteristik SEM

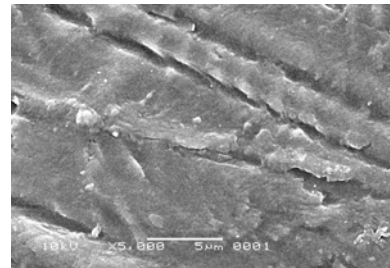
Karakterisasi SEM dilakukan dengan menggunakan sampel membran kitosan yang dihasilkan dari larutan chit. 5 dan larutan chit. 10. gambar 10 adalah hasil karakterisasi SEM pada membran kitosan 5 dan membran kitosan 10.

Hasil dari karakterisasi SEM dapat dilihat pada gambar 10 (10.1 dan 10.2), gambar 11 (11.1 dan 11.2), gambar 12 (12.1 dan 12.2) dan gambar 13 (13.1 dan 13.2). Pada gambar 10.1 merupakan hasil SEM dari membran kitosan 5 (chit.5) pada perbesaran 5000 kali (mk-1) sementara 10.2 menunjukkan hasil SEM membran kitosan 10 (chit.10) pada perbesaran 5000 kali (mk-1). Gambar 11.1 menunjukkan hasil SEM chit.5 pada perbesaran 5000 kali (mk-2), 11.2 menunjukkan hasil SEM chit.10 pada perbesaran 5000 kali (mk-2). Sementara gambar 12.1 menunjukkan hasil SEM chit.5 pada perbesaran 10000 kali (mk-1), gambar 12.2 menunjukkan hasil SEM chit.10 pada perbesaran 10000 kali (mk-1), gambar 13.1 menunjukkan hasil SEM chit.5 pada perbesaran 10000 kali (mk-2) dan gambar 13.2 menunjukkan hasil SEM chit.10 pada perbesaran 10000 kali (mk-2). Berdasarkan dari hasil yang diperoleh membran chit.5 lebih rata dan halus dari membran chit.10 dan hal ini dapat diartikan bahwa ukuran pori membran chit. 5 lebih kecil dari membran chit.10.

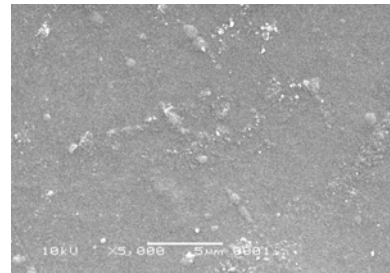
HASIL SEM



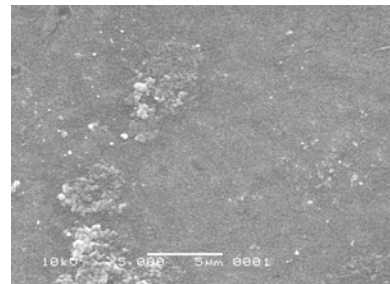
Gambar 10.1 Chit5-sem5000x mk1



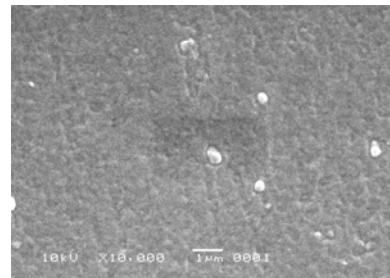
Gambar 10.2. Chit10-sem5000x mk1



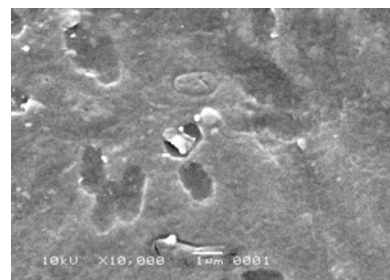
Gambar 11.1 Chit5-sem5000x mk2



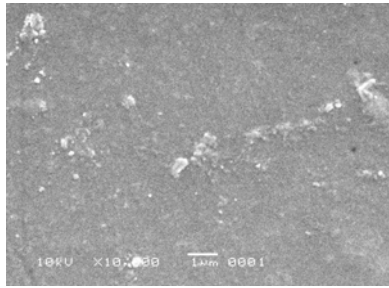
Gambar 11.2 Chit10-sem5000x mk2



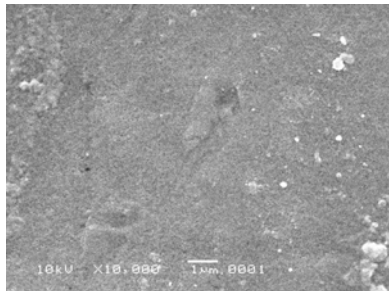
Gambar 12.1 Chit5-sem10000x mk1



Gambar 12.2 Chit10-sem10000x mk1



Gambar 13.1 Chit5-sem10000x mk2



Gambar 13.2 Chit10-sem10000x mk2

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Besarnya massa kitosan yang diberikan untuk membuat membran sangat mempengaruhi nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient yang diperoleh. Nilai kapasitansi dan loss coefficient membran kitosan semakin menurun seiring dengan bertambahnya frekuensi yang diberikan, sementara dengan bertambahnya frekuensi maka nilai impedansinya mengalami kenaikan.

Membran kitosan 5 (chit.5) memiliki struktur permukaan yang lebih rata dan halus bila dibandingkan dengan membran kitosan 10 (chit.10) dan dapat disimpulkan bahwa membran kitosan 5 memiliki ukuran pori yang lebih kecil dari membran kitosan 10.

Saran

Dilakukan variasi kitosan yang lebih banyak dalam pembuatan membran dan ditambahkan zat aditif lain untuk menambah kekuatan membran yang dihasilkan.

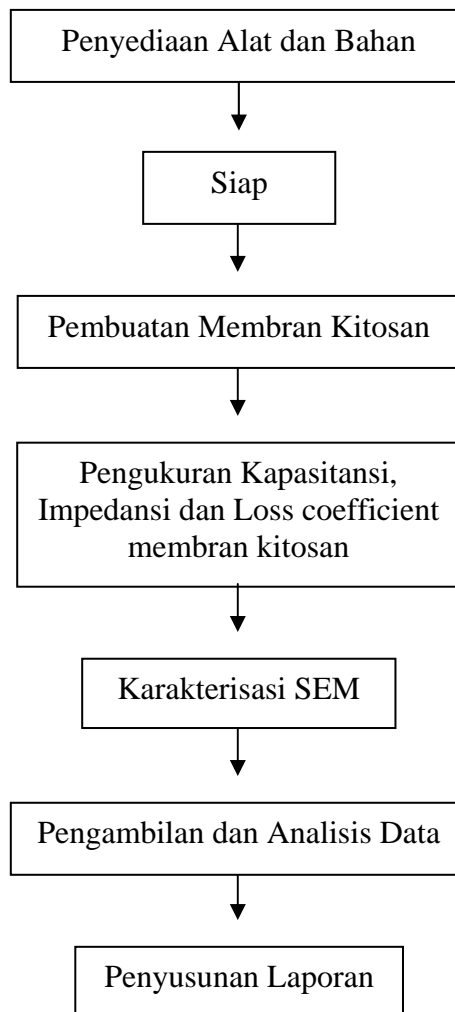
DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, A. Y. 2002. *Pemanfaatan Khitosan dari Limbah Kulit Udang (Crustaceae) Sebagai Bahan Untuk Pembuatan Membran*. Skripsi. Fateta-IPB. Bogor.
- Austin, P.A. , 1984. *Chitin solvent and solubility parameters*. U. S. Dept. Of Commerce. The University of Delaware. USA.
- Azizah, Fitri. 2008. *Kajian Sifat Listrik Membran Selulosa Asetat Yang Diredam Dalam Larutan Asam Klorida dan Kalium Hidroksida*. Skripsi. Fmipa-IPB. Bogor.
- Cheryan, M. 1986. *Membrane Filtration*. Science Teknologi Inc. Madison. Winconsin.
- Dahlan, kiagus. Sidikrubadi Pramudito. Jajang Juansah. 2001. *Karakteriasi Sifat-Sifat Dielektrik Beras*. Fmipa-IPB. Bogor.
- Dillon, C. P. 1992. *Materials Selection For The Chemical Process Industries*. McGraw-Hill, USA.
- Diniarti, A. 2007. *Synthesis and Characterization of Phosphorylated Chitosan Membranes Obtained From Shrimp Shell Waste As An Electrolyte For Fuel Cell*. ITB-Bandung.
- Gea, Sahaman. Andriyani. Sovia Lenny. 2005. *Pembuatan Elektroda Selektif – Ion Cu (II) dari Kitosan Polietilen Oksida*. Padang: Universitas Sumatera Utara.
- Ginangjar, Reza P. 2004. *Penentuan Fluks Volum dan Koefisien Rejeksi Membran Polimer dengan Variasi Berat Molekul Aditif*. Tesis. ITB-Bandung.
- Gitter, Alfred H. *The Electrical Impedance of Epithelia*. http://www.charite.de/klinphysio/themenahg/impedance_e.htm [1 Desember 2007]
- Hale, A. J. 1986. *Chitin as a Raw Material For Product Development*. Applied Biotechnology. World Biotech Report, Vol.1, London.
- Huriawati, Farida. 2006. *Kajian Filtrasi Sari Buah Nenas dengan Menggunakan Membran Selulosa*

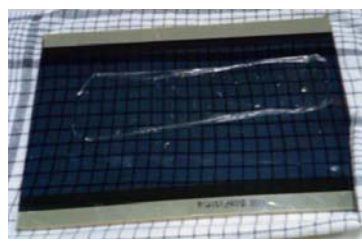
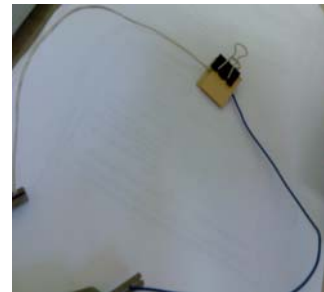
- Asetat. Skripsi. Fmipa-IPB. Bogor.
- Juansah, J. 2000. *Karakteristik Arus-Tegangan Membran Polisulfon dalam Larutan Elektrolit pada Berbagai Frekuensi, Konsentrasi dan Suhu*. Skripsi. Fmipa-IPB. Bogor.
- Kamaluddin, Ramli. 2004. *Sensor Berbasis Sifat Dielektrik ($\tan \delta$): Aplikasi Pemantauan Degradasi Pelumas*. Tesis. Pasca Sarjana-IPB. Bogor.
- Knorr, D. 1984. *Use of Chitinous Polymers in Food*. *Food Tech*. 38(1):85.
- Kurniawan, A. 2002. *Pengaruh Fouling Terhadap Konduktansi Listrik pada Proses Filtrasi Membran Polisulfon*. Skripsi. Fmipa-IPB. Bogor.
- Kusnadi. 2007. *Sifat Listrik Telur Ayam Kampung Selama Penyimpanan*. Skripsi. Fmipa-IPB. Bogor.
- McKay, G., H. S. Blair dan S. Grant. 1987. *Desorption of Copper from a Copper-Chitosan Complex*. *J. Chem. Tech. Biotechnology*. 40:63.
- Notodarmojo, Suprihanto. Anne Deniva. 2004. *Penurunan Zat Organik dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sistem Aliran Dead-End*. *Jurnal Sains dan Teknologi* vol.36 no.1 hal 63-82. ITB-Bandung.
- Nurlaili, Eti. 2006. *Kajian Konduktansi Membran Selulosa Asetat yang Direndam dalam Pati Jagung, Minyak Sawit, Protein BSA dan Sari Buah Nenas*. Skripsi. Fmipa-IPB. Bogor.
- Ornum, J. V. 1992. *Shrimp Waste Must It Be Waste?* *Infofish* 6/92 : 48-52.
- Purwatiningsih. 1993. *Isolasi khitin dan Senyawa Kimia dari Limbah Udang Windu (Penaus Monodon)*. *Buletin Kimia* no.8. Jurusan Kimia. Fmipa-IPB. Bogor.
- Rakhmanudin, Maman. 2004. *Karakteristik Kelistrikan Membran Selulosa Asetat Dalam Berbagai Tingkat Keasaman Larutan*. Skripsi. Fmipa-IPB. Bogor.
- Sandford, P. Gudmund Skjak-Braek, Thorleif Anthonsen. 1989. *Chitin and Chitosan : Sources, Chemistry, Biochemistry, Physical Properties and Application*. Elsevier Applied Science-New York.
- Sandford, P. A dan G. P. Hutchings. 1987. *Chitosan and Natural Cationik Biopolimer, Commercial Application dalam Industrial Polysaccharides*. Editor Yalpani, M. *Proceeding of The Symposium on The Application and Modification of Industrial Polysaccharides* 5-7 April 1987. Elsevier Sci. Publ. Co. Inc;New York.
- Scott, K., R. Hughes. 1996. *Industrial Membrane Separation Technology*. Blackie Academic and Professionals-London.
- Sears, F. W., Zemansky M. W. *Fisika untuk Universitas 1*. Yayasan Dana Buku Indonesia. Jakarta.
- Silvia, F. 2002. *Produksi dan Karakterisasi Membran Berbahandasar Khitosan Dari Limbah Kulit Udang*. Skripsi. Fateta-IPB. Bogor.
- Sulastri, Eneng Jajah. 2006. *Kajian Sifat Listrik dan Fisik Daging Ayam Broiler Giling selama Proses Penyimpanan dan Pemanasan*. Skripsi. Fmipa-IPB. Bogor.
- Tipler, Paul A. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 2 Edisi Ketiga*. Jakarta : erlangga.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian



Lampiran 2. Alat – alat dan Bahan Penelitian



Lampiran 3. Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 5 (chit.5)

Data Chit 5 – 1

Frekuensi(KHz)	tetha (derajat)	Z (m ohm)	Cs (MikroFarad)	D
10	20,010	171,750	270,780	2,746
20	36,080	199,850	67,614	1,372
30	47,270	235,910	30,615	0,924
40	55,560	280,560	17,196	0,686
50	61,030	325,700	11,171	0,554
60	65,260	376,700	7,753	0,461
70	68,230	429,090	5,706	0,399
80	70,780	481,530	4,375	0,349
90	72,820	535,000	3,460	0,309
100	74,450	590,200	2,799	0,278

Data Chit. 5 – 2

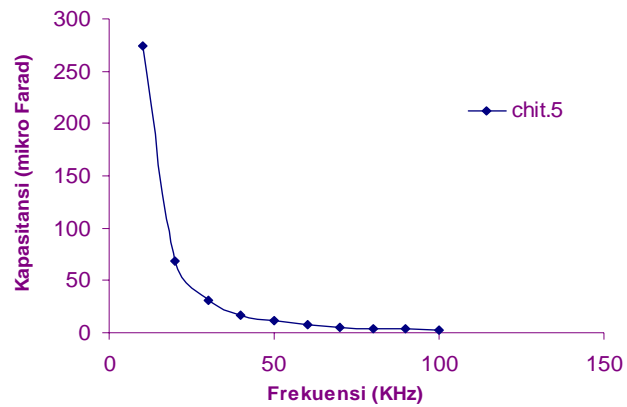
Frekuensi(KHz)	tetha (derajat)	Z (m ohm)	Cs (MikroFarad)	D
10	20,740	165,000	272,430	2,641
20	37,000	193,080	68,482	1,327
30	48,140	230,920	30,848	0,896
40	55,780	277,510	17,339	0,680
50	61,300	325,610	11,145	0,547
60	65,290	375,130	7,784	0,460
70	68,540	427,730	5,712	0,393
80	70,920	481,510	4,372	0,346
90	72,870	533,850	3,466	0,308
100	74,450	589,830	2,801	0,278

Data Chit. 5 – 3

Frekuensi(KHz)	tetha (derajat)	Z (m ohm)	Cs (MikroFarad)	D
10	20,240	165,850	277,330	2,711
20	36,470	193,840	69,068	1,353
30	47,840	232,030	30,842	0,905
40	55,500	277,110	17,423	0,687
50	61,170	326,000	11,146	0,550
60	65,200	375,500	7,781	0,462
70	68,340	428,220	5,712	0,397
80	70,840	481,960	4,370	0,348
90	72,770	536,010	3,454	0,310
100	74,430	590,860	2,796	0,279

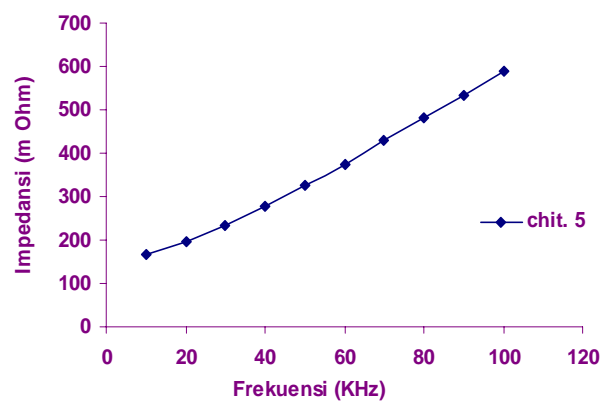
Nilai rata-rata Cs Chit. 5

F (KHz)	Cs (μ F)
10	273,513
20	68,388
30	30,768
40	17,319
50	11,154
60	7,773
70	5,710
80	4,372
90	3,460
100	2,799



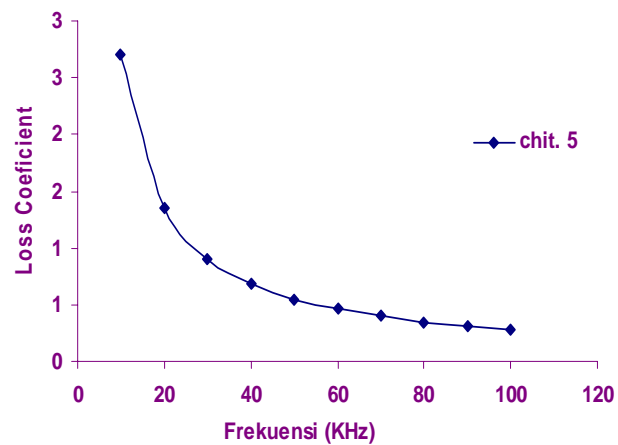
Nilai rata-rata Z Chit. 5

F (KHz)	Z (m Ω)
10	167,533
20	195,590
30	232,953
40	278,393
50	325,770
60	375,777
70	428,347
80	481,667
90	534,953
100	590,297



Nilai rata-rata D Chit. 5

F (KHz)	D
10	2,699
20	1,351
30	0,908
40	0,684
50	0,551
60	0,461
70	0,396
80	0,347
90	0,309
100	0,278



Lampiran 4. Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 6 (chit. 6)

Data Chit. 6 – 1

Frekuensi(KHz)	theta (derajat)	Z (milliOhm)	Cs (mikroFarad)	D
10	4,380	739,220	282,190	9,990
20	8,600	748,370	71,120	6,610
30	12,530	775,280	31,550	4,500
40	16,300	799,380	17,740	3,420
50	19,800	826,430	11,370	2,780
60	23,140	854,350	7,900	2,340
70	26,230	898,870	5,720	2,030
80	28,960	938,070	4,380	1,810
90	31,700	970,370	3,470	1,620
100	34,340	1007,200	2,800	1,460

Data Chit. 6 – 2

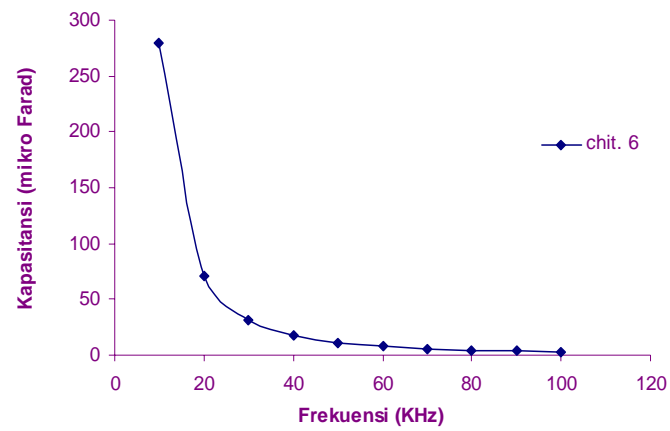
Frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikroFarad)	D
10	3,930	839,880	276,250	9,990
20	7,640	849,620	70,450	7,460
30	11,300	866,830	31,240	5,010
40	14,850	883,640	17,570	3,770
50	18,160	901,770	11,330	3,050
60	21,400	922,220	7,880	2,550
70	24,520	945,870	5,790	2,190
80	27,480	972,690	4,430	1,920
90	30,190	1002,000	3,510	1,720
100	32,820	1033,100	2,840	1,550

Data Chit. 6 – 3

frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikroFarad)	D
10	3,710	875,720	280,540	9,990
20	7,360	886,400	70,060	7,740
30	10,760	902,910	31,480	5,270
40	14,160	918,700	17,730	3,970
50	17,460	936,170	11,330	3,180
60	20,540	956,170	7,910	2,670
70	23,590	979,080	5,800	2,290
80	26,580	1006,800	4,420	2,000
90	29,300	1034,900	3,490	1,780
100	31,920	1064,800	2,830	1,610

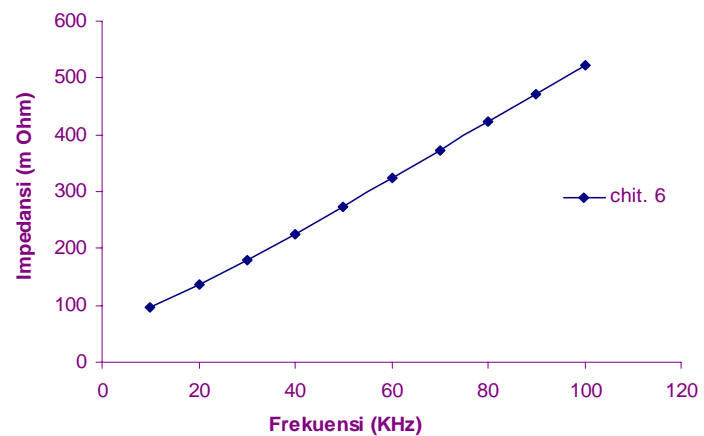
Nilai rata-rata Cs Chit. 6

F (KHz)	Cs (μ F)
10	279,660
20	70,543
30	31,423
40	17,680
50	11,343
60	7,897
70	5,770
80	4,410
90	3,490
100	2,823



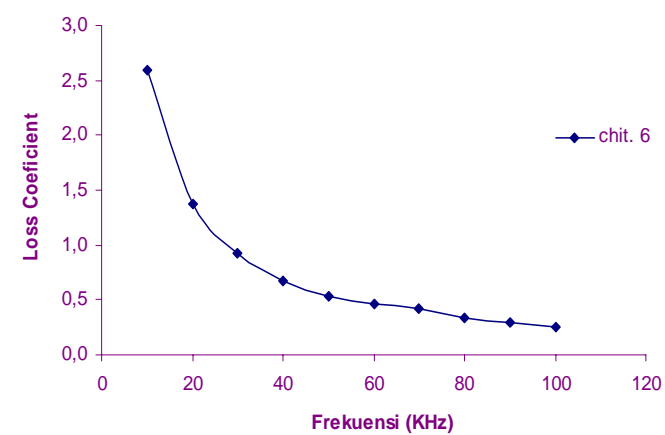
Nilai rata-rata Z Chit. 6

F (KHz)	Z ($m\Omega$)
10	95,880
20	136,017
30	179,863
40	225,917
50	273,843
60	322,827
70	371,847
80	422,393
90	472,620
100	523,043



Nilai rata-rata D Chit. 6

F (KHz)	D
10	2,598
20	1,372
30	0,927
40	0,672
50	0,533
60	0,456
70	0,417
80	0,338
90	0,301
100	0,254



Lampiran 5. Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 7 (chit. 7)

Data Chit. 7 – 1

Frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliohm)	Cs(mikrofarad)	D
10	29,270	91,640	287,150	1,784
20	51,800	132,930	76,174	0,787
30	61,840	176,870	34,023	0,535
40	66,740	224,090	19,327	0,430
50	70,760	271,660	12,411	0,349
60	73,640	320,280	8,632	0,294
70	75,740	369,430	6,350	0,254
80	77,350	419,200	4,864	0,224
90	78,660	469,240	3,844	0,201
100	79,670	519,600	3,114	0,182

Data Chit. 7 – 2

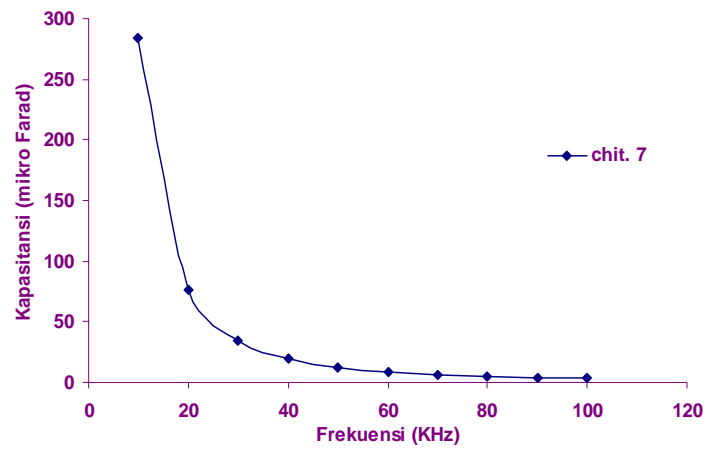
Frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliohm)	Cs(mikrofarad)	D
10	30,440	102,980	281,020	1,702
20	49,290	137,270	76,477	0,860
30	59,800	179,710	34,155	0,582
40	66,200	225,280	19,303	0,441
50	70,380	272,560	12,398	0,356
60	73,280	321,280	8,621	0,300
70	75,590	372,830	6,296	0,257
80	77,250	423,040	4,822	0,226
90	78,560	473,340	3,812	0,202
100	79,530	524,200	3,087	0,183

Data Chit. 7 – 3

Frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliohm)	Cs(mikrofarad)	D
10	30,300	104,030	285,260	1,712
20	49,140	138,360	76,044	0,865
30	59,680	181,090	33,935	0,585
40	66,090	227,140	19,162	0,443
50	70,310	274,820	12,302	0,358
60	73,400	326,530	8,477	0,298
70	75,580	376,400	6,238	0,257
80	77,250	427,040	4,777	0,226
90	78,540	477,960	3,775	0,203
100	79,620	529,010	3,059	0,183

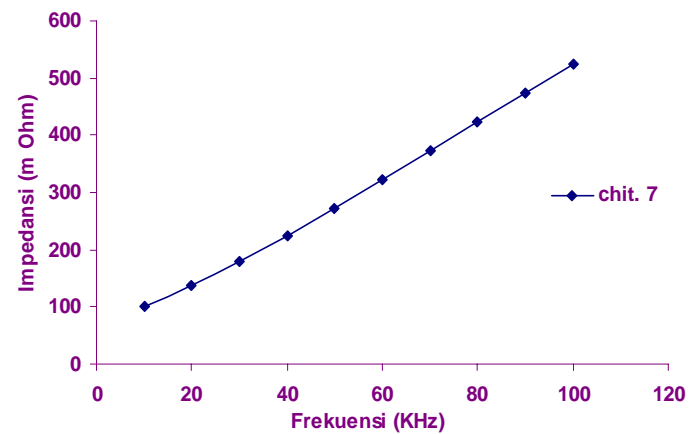
Nilai rata-rata Cs Chit. 7

F (KHz)	Cs (μ F)
10	284,477
20	76,232
30	34,038
40	19,264
50	12,370
60	8,576
70	6,295
80	4,821
90	3,810
100	3,086



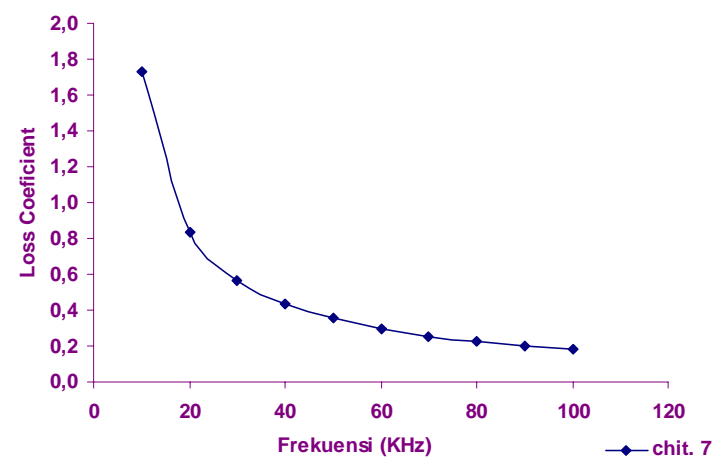
Nilai rata-rata Z Chit. 7

F(KHz)	Z(m Ω)
10	99,550
20	136,187
30	179,223
40	225,503
50	273,013
60	322,697
70	372,887
80	423,093
90	473,513
100	524,270



Nilai rata-rata D Chit. 7

F(KHz)	D
10	1,732
20	0,837
30	0,567
40	0,438
50	0,354
60	0,297
70	0,256
80	0,226
90	0,202
100	0,183



Lampiran 6. Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 8 (chit. 8)

Data Chit. 8 – 1

frekuensi(KHz)	tetha(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikroFarad)	D
10	35,890	91,890	295,440	1,382
20	55,040	130,020	74,682	0,699
30	64,420	174,870	33,634	0,479
40	70,260	223,590	18,907	0,359
50	73,780	272,050	12,185	0,291
60	76,200	322,970	8,457	0,246
70	77,970	372,020	6,249	0,213
80	79,430	422,750	4,787	0,187
90	80,530	472,800	3,792	0,167
100	81,530	525,110	3,064	0,149

Data Chit. 8 – 2

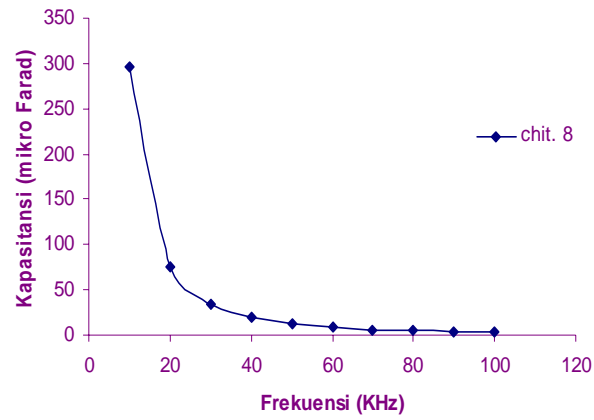
frekuensi(KHz)	tetha(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikrofarad)	D
10	35,060	92,380	299,930	1,425
20	54,710	129,390	75,345	0,708
30	64,730	174,160	33,885	0,472
40	70,140	222,240	19,036	0,361
50	73,690	271,670	12,208	0,293
60	76,210	321,310	8,501	0,245
70	78,070	372,120	6,245	0,211
80	79,560	425,400	4,755	0,184
90	80,700	476,690	3,759	0,164
100	81,560	531,450	3,028	0,148

Data Chit. 8 – 3

frekuensi(KHz)	tetha(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikroFarad)	D
10	35,760	93,200	292,190	1,389
20	54,940	130,350	74,588	0,702
30	64,800	177,150	33,096	0,470
40	70,300	225,370	18,762	0,358
50	73,910	275,060	12,045	0,289
60	76,390	325,180	8,392	0,242
70	78,210	376,580	6,168	0,209
80	79,650	427,920	4,726	0,183
90	80,640	483,510	3,707	0,165
100	81,450	535,150	3,007	0,150

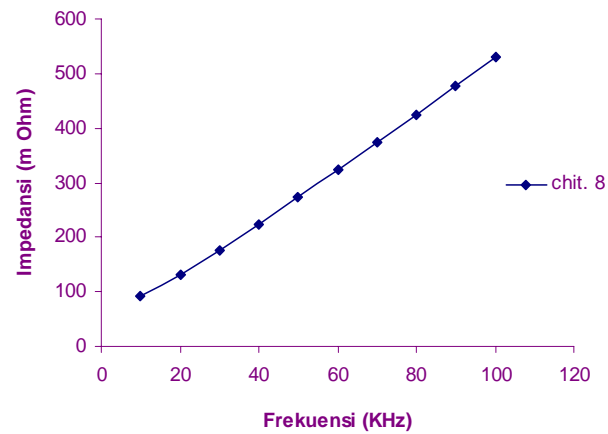
Nilai rata-rata Cs Chit. 8

F (KHz)	Cs (μ F)
10	295,853
20	74,872
30	33,538
40	18,902
50	12,146
60	8,450
70	6,221
80	4,756
90	3,753
100	3,033



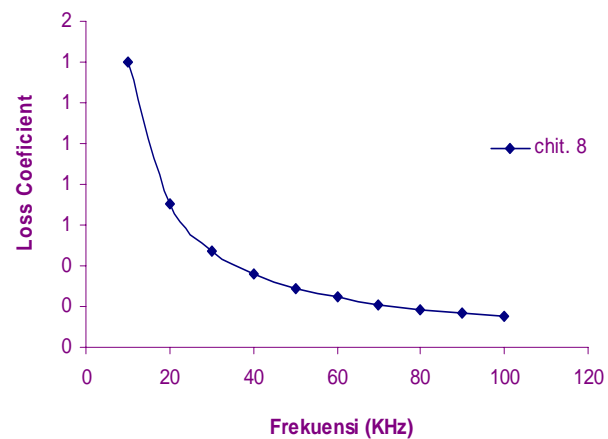
Nilai rata-rata Z Chit. 8

F (KHz)	Z(m Ω)
10	92,490
20	129,920
30	175,393
40	223,733
50	272,927
60	323,153
70	373,573
80	425,357
90	477,667
100	530,570



Nilai rata-rata D Chit. 8

F (KHz)	D
10	1,399
20	0,703
30	0,474
40	0,359
50	0,291
60	0,244
70	0,211
80	0,185
90	0,165
100	0,149



Lampiran 7. Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 9 (chit. 9)

Data Chit. 9 – 1

frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikroFarad)	D
10	32,380	98,380	302,060	1,577
20	53,770	131,250	75,164	0,733
30	63,700	175,500	33,718	0,494
40	69,600	222,330	19,093	0,372
50	73,390	271,020	12,256	0,298
60	75,880	320,680	8,526	0,249
70	78,180	367,930	6,314	0,210
80	79,480	419,000	4,829	0,186
90	80,540	466,470	3,843	0,167
100	81,410	516,560	3,116	0,151

Data Chit. 9 – 2

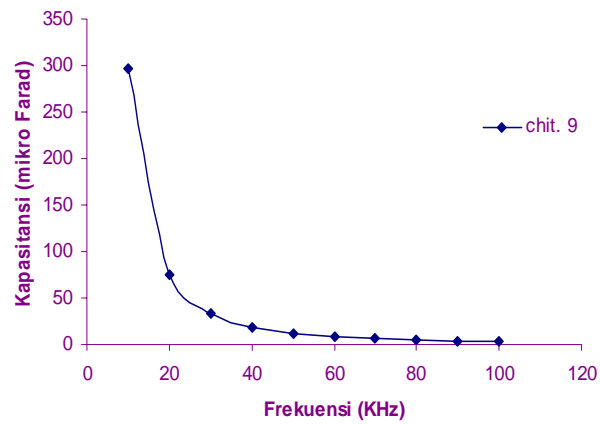
frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikroFarad)	D
10	35,470	90,700	302,420	1,404
20	54,080	128,100	76,707	0,724
30	64,040	171,610	34,383	0,486
40	69,830	218,120	19,433	0,367
50	73,440	265,870	12,490	0,297
60	76,000	314,360	8,696	0,249
70	77,890	363,260	6,401	0,215
80	79,380	412,470	4,907	0,187
90	80,400	462,700	3,876	0,169
100	81,340	512,820	3,139	0,152

Data Chit. 9 – 3

frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikroFarad)	D
10	35,860	93,670	290,040	1,383
20	55,310	130,090	74,400	0,692
30	64,670	175,170	33,507	0,473
40	70,020	223,100	18,976	0,364
50	73,890	272,040	12,179	0,289
60	76,330	321,830	8,483	0,243
70	77,830	362,590	6,415	0,216
80	79,270	411,860	4,916	0,190
90	80,410	461,090	3,890	0,169
100	81,340	511,990	3,144	0,152

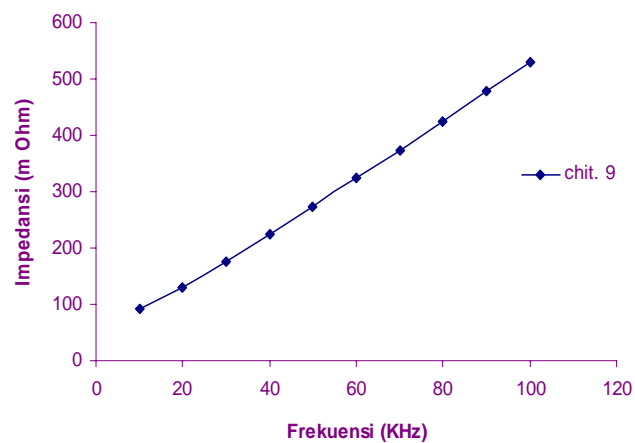
Nilai rata-rata Cs Chit. 9

F (KHz)	Cs (μ F)
10	298,173
20	75,424
30	33,869
40	19,167
50	12,308
60	8,568
70	6,377
80	4,884
90	3,870
100	3,133



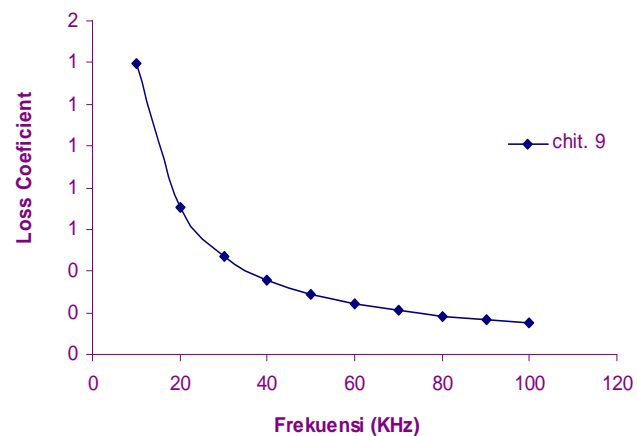
Nilai rata-rata Z Chit. 9

F (KHz)	Z(m Ω)
10	94,250
20	129,813
30	174,093
40	221,183
50	269,643
60	318,957
70	364,593
80	414,443
90	463,420
100	513,790



Nilai rata-rata D Chit. 9

F (KHz)	D
10	1,455
20	0,716
30	0,484
40	0,368
50	0,295
60	0,247
70	0,214
80	0,188
90	0,168
100	0,152



Lampiran 8. Data nilai kapasitansi, impedansi dan loss coefficient membran kitosan 10 (chit. 10)

Data Chit. 10 – 1

frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikroFarad)	D
10	38,760	90,730	280,210	1,246
20	58,270	133,280	70,199	0,618
30	67,190	183,040	31,442	0,421
40	72,270	235,380	17,747	0,320
50	75,670	288,860	11,373	0,255
60	77,870	342,200	7,929	0,215
70	79,410	396,060	5,840	0,187
80	80,770	450,800	4,471	0,162
90	81,660	505,650	3,535	0,147
100	82,520	559,850	2,867	0,131

Data Chit. 10 – 2

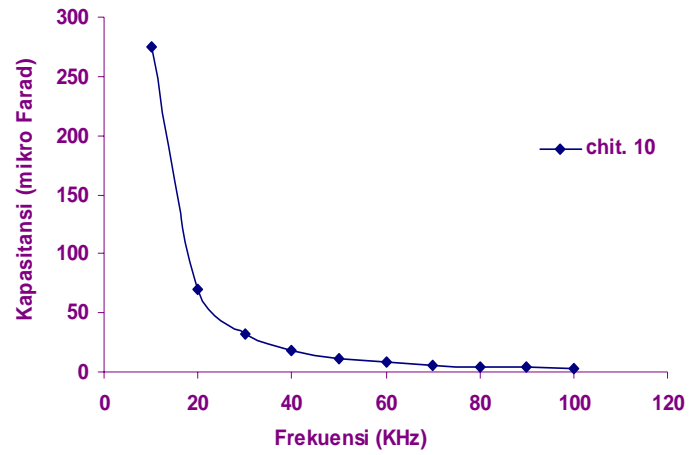
frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikroFarad)	D
10	38,810	91,460	277,630	1,243
20	57,820	135,240	69,525	0,629
30	67,270	182,040	31,596	0,419
40	72,410	238,080	17,532	0,317
50	75,690	292,260	11,240	0,255
60	78,020	346,610	7,823	0,212
70	79,580	400,980	5,765	0,184
80	80,770	456,320	4,417	0,163
90	81,770	512,180	3,489	0,145
100	82,560	567,080	2,831	0,131

Data Chit. 10 – 3

frekuensi(KHz)	theta(derajat)	Z(milliOhm)	Cs(mikroFarad)	D
10	39,710	92,730	268,610	1,204
20	58,140	133,840	70,008	0,622
30	67,170	183,700	31,345	0,421
40	72,560	237,000	17,597	0,314
50	75,630	290,040	11,329	0,256
60	77,850	344,680	7,872	0,215
70	79,480	399,030	5,795	0,186
80	80,760	454,550	4,434	0,163
90	81,600	510,100	3,514	0,148
100	82,510	564,890	2,842	0,131

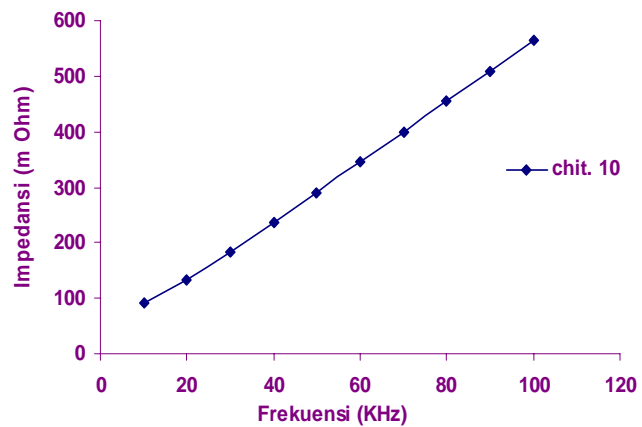
Nilai rata-rata Cs Chit. 10

F(KHz)	Cs (μ F)
10	275,483
20	69,911
30	31,461
40	17,625
50	11,314
60	7,875
70	5,800
80	4,441
90	3,513
100	2,846



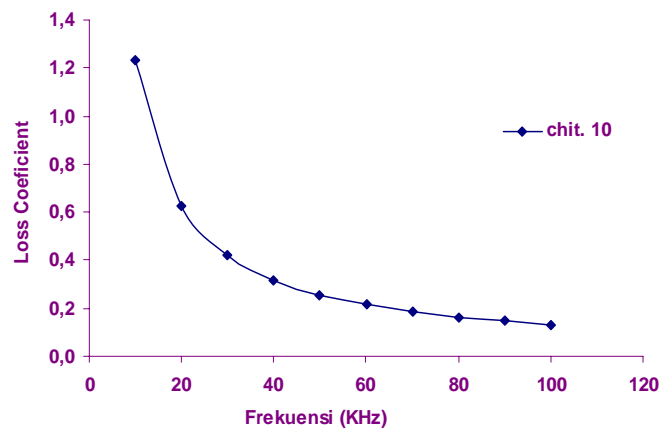
Nilai rata-rata Z Chit. 10

F(KHz)	Z(m Ω)
10	91,640
20	134,120
30	182,927
40	236,820
50	290,387
60	344,497
70	398,690
80	453,890
90	509,310
100	563,940



Nilai rata-rata D Chit. 10

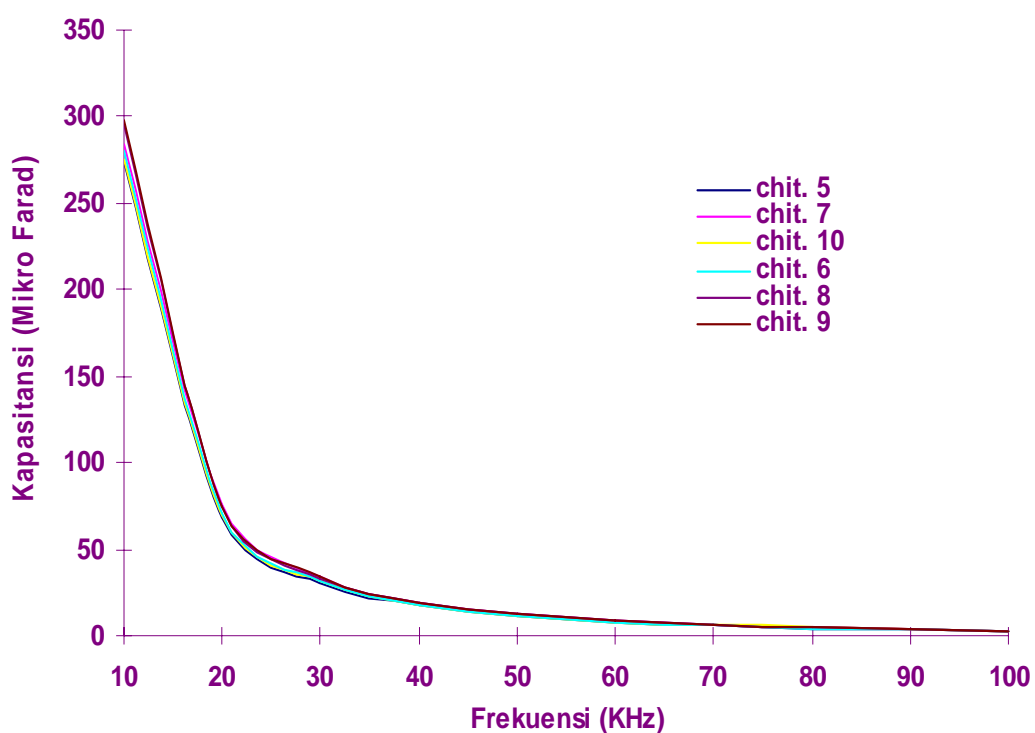
F(KHz)	D
10	1,231
20	0,623
30	0,420
40	0,317
50	0,256
60	0,214
70	0,186
80	0,163
90	0,146
100	0,131



Lampiran 9. Nilai kapasitansi pada berbagai konsentrasi membran kitosan

Tabel Nilai Rata-rata Kapasitansi (μF) Pada Berbagai Membran Kitosan

Frekuensi(KHz)	chit. 5	chit. 7	chit. 10	chit. 6	chit. 8	chit. 9
10	273,513	284,477	275,483	279,660	295,853	298,173
20	68,388	76,232	69,911	70,543	74,872	75,424
30	30,768	34,038	31,461	31,423	33,538	33,869
40	17,319	19,264	17,625	17,680	18,902	19,167
50	11,154	12,370	11,314	11,343	12,146	12,308
60	7,773	8,576	7,875	7,897	8,450	8,568
70	5,710	6,295	5,800	5,770	6,221	6,377
80	4,372	4,821	4,441	4,410	4,756	4,884
90	3,460	3,810	3,513	3,490	3,753	3,870
100	2,799	3,086	2,846	2,823	3,033	3,133



Grafik Hubungan Frekuensi Dengan Kapasitansi Pada Berbagai Konsentrasi Membran Kitosan

Lampiran 10. Diagram Hubungan Konsentrasi dengan Kapasitansi Pada Frekuensi 10 KHz dan 100 KHz

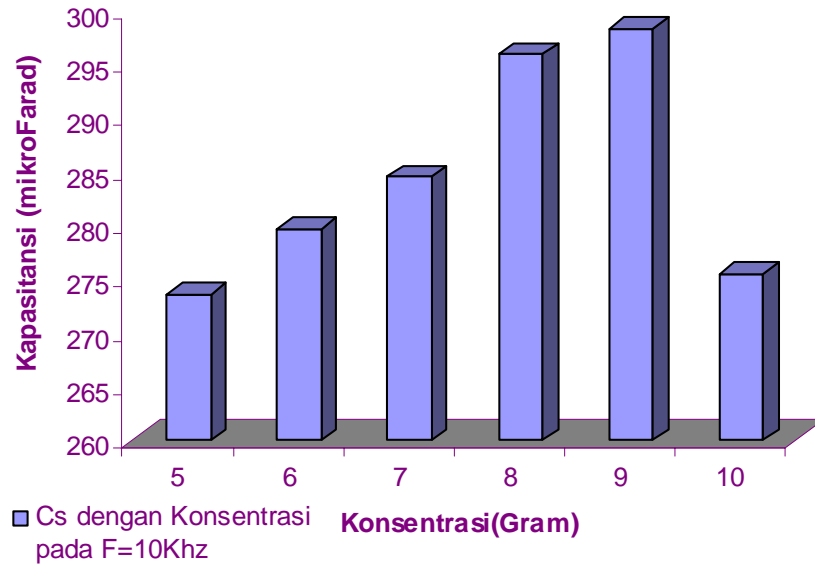


Diagram Hubungan Konsentrasi Dengan Nilai Kapasitansi Pada Frekuensi 10 KHz

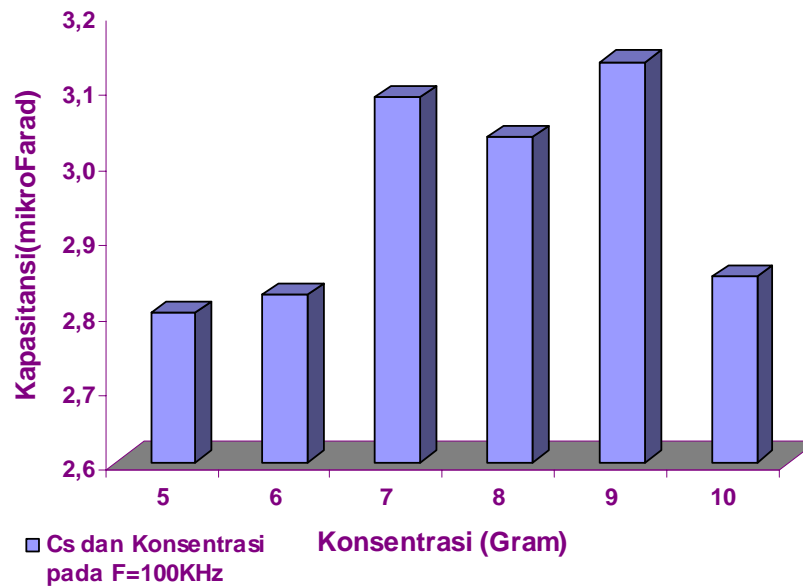
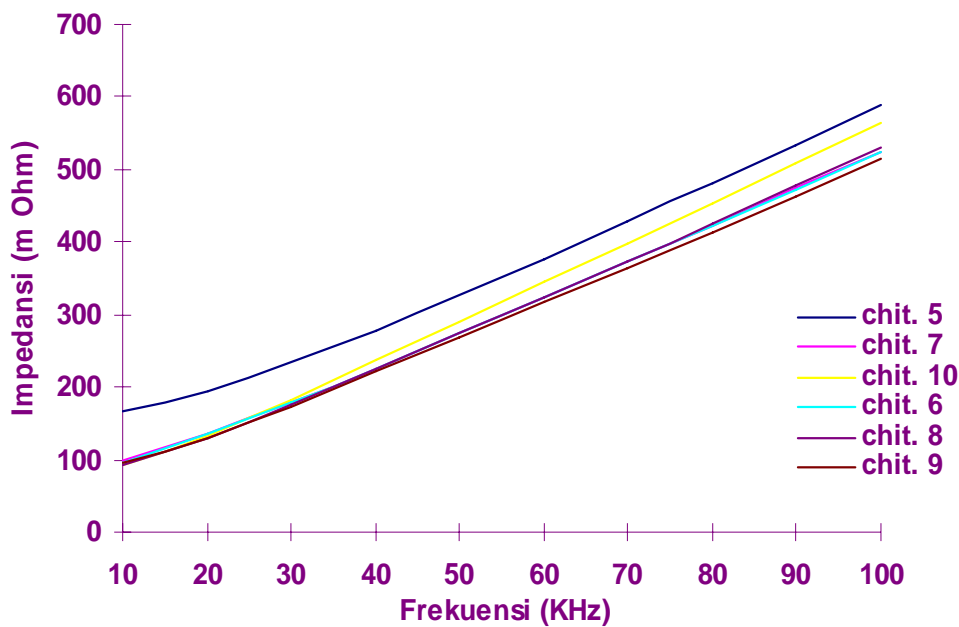


Diagram Hubungan Konsentrasi Dengan Nilai Kapasitansi Pada Frekuensi 100 KHz

Lampiran 11. Nilai impedansi pada berbagai konsentrasi membran kitosan

Tabel Nilai Rata-rata Impedansi ($m\Omega$) Pada Berbagai Membran Kitosan

Frekuensi(KHz)	Z chit. 5	Z chit. 7	Z chit. 10	Z chit. 6	Z chit. 8	Z chit. 9
10	167,533	99,550	91,640	95,880	92,490	94,250
20	195,590	136,187	134,120	136,017	129,920	129,813
30	232,953	179,223	182,927	179,863	175,393	174,093
40	278,393	225,503	236,820	225,917	223,733	221,183
50	325,770	273,013	290,387	273,843	272,927	269,643
60	375,777	322,697	344,497	322,827	323,153	318,957
70	428,347	372,887	398,690	371,847	373,573	364,593
80	481,667	423,093	453,890	422,393	425,357	414,443
90	534,953	473,513	509,310	472,620	477,667	463,420
100	590,297	524,270	563,940	523,043	530,570	513,790



Grafik Hubungan Frekuensi Dengan Impedansi Pada Berbagai Konsentrasi Membran Kitosan

Lampiran 12. Diagram Hubungan Konsentrasi dengan Impedansi Pada Frekuensi 10 KHz dan 100 KHz

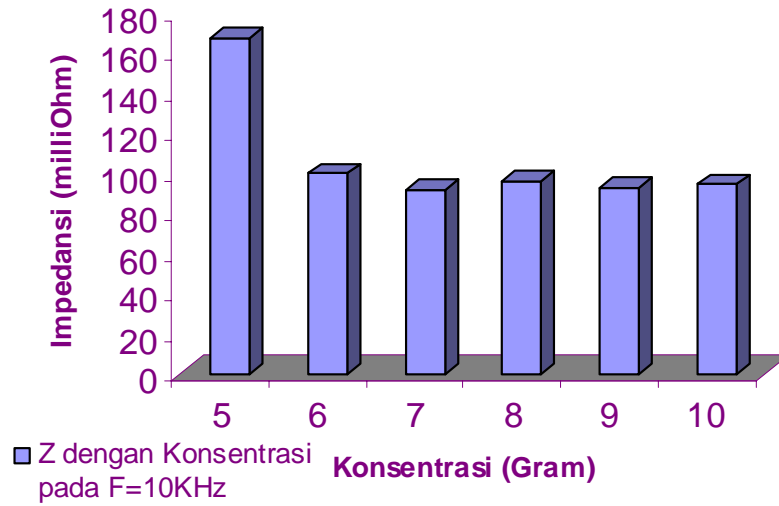


Diagram Hubungan Konsentrasi Dengan Nilai Impedansi Pada Frekuensi 10 KHz

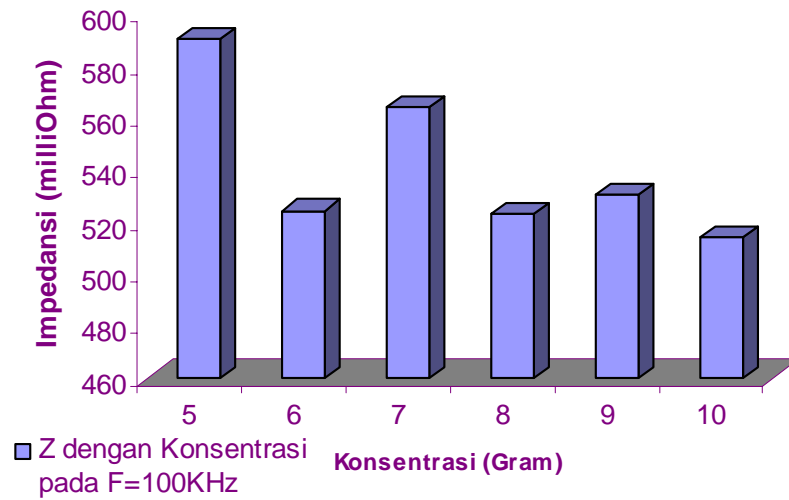
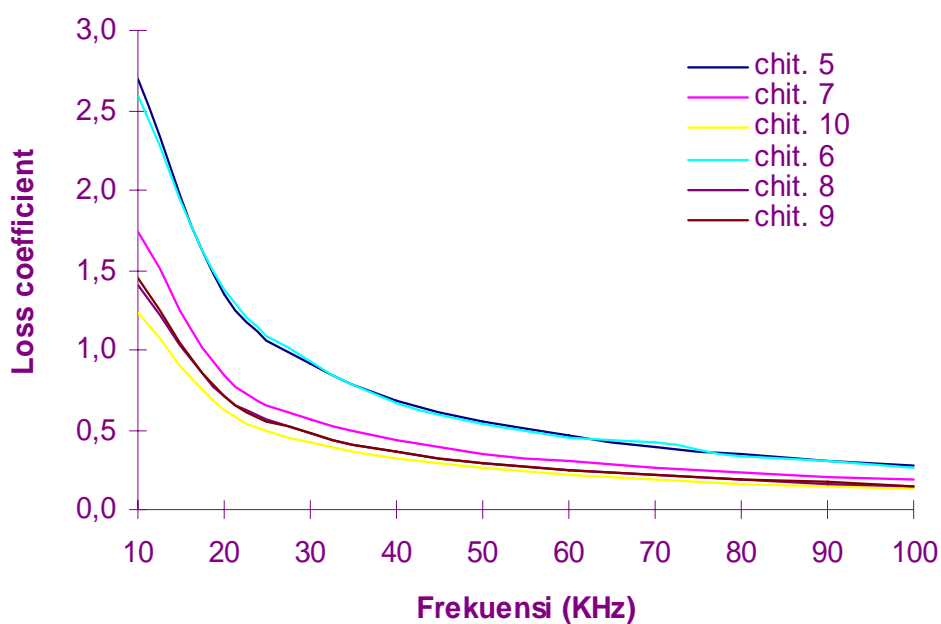


Diagram Hubungan Konsentrasi Dengan Nilai Impedansi Pada Frekuensi 10 KHz

Lampiran 13. Nilai loss coefficient pada berbagai konsentrasi membran kitosan

Tabel Nilai Rata-rata Loss Coefficient Pada Berbagai Membran Kitosan

Frekuensi(KHz)	D chit.5	D chit.7	D chit.10	D chit.6	D chit.8	D chit.9
10	2,699	1,732	1,231	2,598	1,399	1,455
20	1,351	0,837	0,623	1,372	0,703	0,716
30	0,908	0,567	0,420	0,927	0,474	0,484
40	0,684	0,438	0,317	0,672	0,359	0,368
50	0,551	0,354	0,256	0,533	0,291	0,295
60	0,461	0,297	0,214	0,456	0,244	0,247
70	0,396	0,256	0,186	0,417	0,211	0,214
80	0,347	0,226	0,163	0,338	0,185	0,188
90	0,309	0,202	0,146	0,301	0,165	0,168
100	0,278	0,183	0,131	0,254	0,149	0,152



Grafik Hubungan Frekuensi Dengan Loss coefficient Pada Berbagai Konsentrasi Membran Kitosan

Lampiran 14. Diagram Hubungan Konsentrasi dengan Loss Coefficient Pada Frekuensi 10 KHz dan 100 KHz

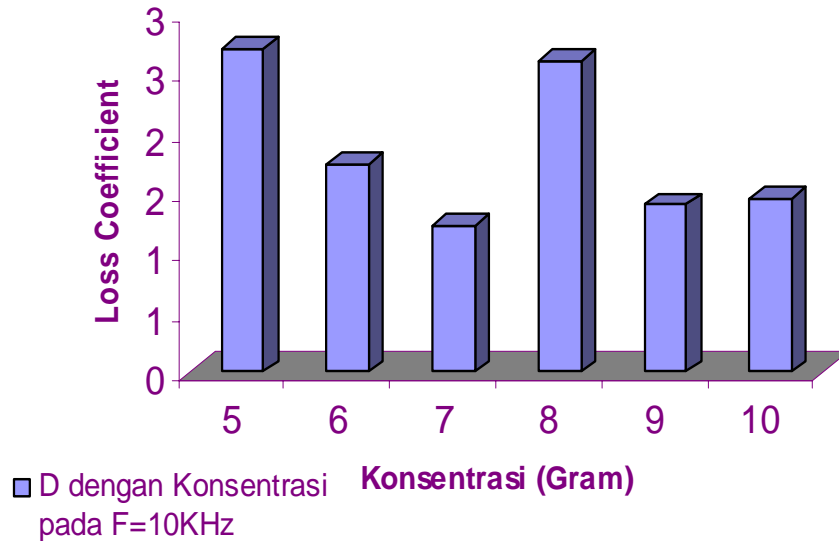


Diagram Hubungan Konsentrasi Dengan Nilai Loss coefficient Pada Frekuensi 10 KHz

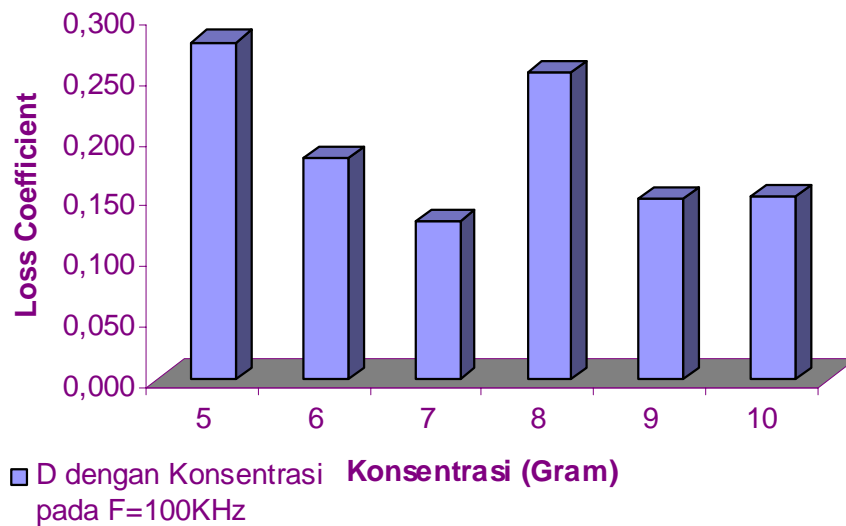


Diagram Hubungan Konsentrasi Dengan Nilai Loss coefficient Pada Frekuensi 100 KHz