

Nilai Konduktansi dan Daya Serap Air (*Swelling*) Membran Komposit Kitosan-Nanopartikel Perak Dalam Larutan Garam Monovalen KCl dan NaCl

The Conductance and Swelling of the Composite Membranes ‘Chitosan-Silver Nanoparticles’ in Monovalent Salt Solution ‘KCl and NaCl’

Ni Wayan Eri Sandriani¹, Ni Nyoman Rupiasih^{2*}, Made Sumadiyasa³

^{1, 2, 3}Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: eri.sandriani@student.unud.ac.id; *rupiasih@unud.ac.id; sumadiyasa@unud.ac.id

Abstrak – Telah dilakukan penelitian untuk menentukan konduktansi dan kapasitas penyerapan air (*swelling*) membran komposit. Membran komposit terbuat dari matrik kitosan dengan pengisi nanopartikel perak (AgNP) sebanyak 100 µg dan pelarut asam asetat 1%, yang dinamakan membran komposit Ch-AgNP. Untuk pembandingan digunakan membran kitosan 2% (membran Ch). Nilai konduktansi membran ditentukan dengan mengukur tegangan membran (V) sebagai fungsi arus (I) di dalam larutan garam monovalen NaCl dan KCl, dengan konsentrasi 0,025 M. Pengujian *swelling* dilakukan menggunakan air suling. Hasil pengukuran I-V pada kedua larutan menunjukkan bahwa konduktansi membran Ch lebih besar daripada membran komposit Ch-AgNP. Dalam larutan KCl, konduktansi membrannya adalah 0,0991 Ω⁻¹ dan 0,0984 Ω⁻¹ dan dalam larutan NaCl adalah 0,1002 Ω⁻¹ dan 0,0996 Ω⁻¹. Nilai konduktansi membran tersebut lebih besar di dalam larutan NaCl daripada dalam larutan KCl. Uji *swelling* menunjukkan bahwa persentase *swelling* membran komposit Ch-AgNP lebih besar dari pada membran Ch.

Kata kunci: membran kitosan, membran komposit, arus-tegangan, konduktansi, *swelling*.

Abstract – A research about to determine the conductance and water absorption capacity (*swelling*) of the composite membrane has been conducted. The membrane used was a membrane made of chitosan matrix, silver nanoparticle (AgNP) of 100 µg as a filler and acetic acid 1% as a solvent, which named chitosan composite membrane (Ch-AgNP). A 2% chitosan membrane (membrane Ch) used as a comparison. The membrane conductance value determined by measuring the membrane voltage (V) as a function of current (I) in monovalent salt solutions of NaCl and KCl with a concentration of 0.025 M. The *swelling* tests have been carried out using distilled water. The results showed that Ch membrane conductance was greater than the Ch-AgNP composite membrane. In KCl solution, the conductance is 0.0991 Ω⁻¹ and 0.0984 Ω⁻¹ and in NaCl solution are 0.1002 Ω⁻¹ and 0.0996 Ω⁻¹. The membrane conductance is greater in NaCl solution than in KCl solution. The *swelling* test showed that the *swelling* percentage of Ch-AgNP composite membrane was greater than Ch membrane.

Keywords: chitosan membrane, composite membrane, current-voltage, conductance, *swelling*.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi membran dalam berbagai bidang seperti bidang industri, biologi, kimia dan fisika sudah sangat maju. Membran adalah suatu media berpori berbentuk lapisan tipis dan bersifat *semipermeable* (hanya dapat dilewati oleh salah satu komponen larutan). Teknologi membran dibuat oleh manusia untuk tujuan tertentu salah satunya adalah untuk pemisahan atau pemurnian. Membran buatan atau sintetik dibedakan menjadi dua yaitu membran anorganik dan membran organik. Membran anorganik adalah membran dengan bahan penyusun utama yaitu logam dan keramik. Membran organik adalah membran dengan bahan penyusun utama yaitu polimer seperti selulosa, polisulfon, poliamida, kitin, kitosan dan polimer sintesis lainnya [1].

Kitin merupakan polimer alami (biopolimer) kedua terbanyak di alam setelah selulosa [2]. Kitosan adalah senyawa turunan kitin yang diperoleh melalui proses deasetilasi yaitu proses substitusi gugus asetil (CH₃CO-) menjadi gugus amina (-NH₂). Kitosan dapat larut dalam asam asetat encer, asam laktat, asam

malat, asam format dan asam suksinat, sehingga mudah untuk dimodifikasi dengan menjadikannya membran.

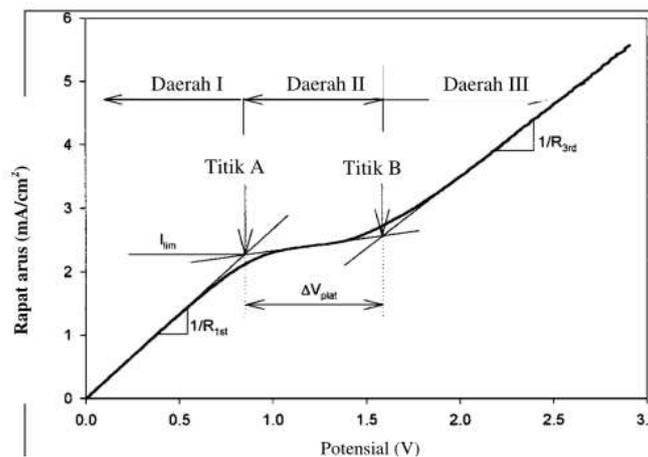
Membran kitosan merupakan salah satu membran organik buatan, yang terbuat dengan bahan dasar (matrik) kitosan. Membran buatan dapat dibuat dengan mencampurkan dua polimer berbeda atau lebih, campuran dari polimer dengan logam atau campuran dari polimer dengan keramik, yang disebut membran komposit. Kelebihan dari membran komposit diantaranya selektifitas dan permeabilitas membran meningkat, serta memiliki stabilitas termal yang tinggi dibandingkan dengan polimer murni [3].

Studi tentang membran komposit telah banyak dilakukan diantaranya penambahan vanillin dalam membran kitosan dengan rasio 1 : 3,5, yang dapat meningkatkan kapasitas tukar kation [4]. Farha dan Kusumawati, 2012 telah melaporkan pembuatan membran komposit kitosan dengan penambahan *polivinil alcohol* (PVA), yang diaplikasikan untuk pemisahan limbah pewarna Rhodamin-B [5]. Penambahan PVA tersebut juga dapat meningkatkan elastisitas membran, serta dengan penambahan oksida dapat meningkatkan sifat-sifat elektrolit membran seperti kapasitas tukar ion, stabilitas thermal dan daya serap airnya (*swelling*).

2. Landasan Teori

Membran kitosan mempunyai karakteristik atau sifat yang sangat bergantung pada beberapa faktor yaitu metode pembuatan, komposisi kitosan dengan pelarutnya, serta kondisi lingkungan pada saat membran dibuat [6]. Sifat-sifat membran meliputi: sifat mekanik, listrik, optik dan fisika. Sifat listrik membran biasanya digambarkan dengan kurva arus-tegangan (I-V) yang memberikan informasi tentang mekanisme *transport* ion, termasuk polarisasi konsentrasi. Menurut hukum Difusi Fick, apabila larutan elektrolit pada masing-masing ruang dipisahkan oleh sebuah membran, ion-ion yang berada pada konsentrasi tinggi akan bergerak melewati membran menuju konsentrasi yang lebih rendah.

Kurva I-V membran pertukaran ion dapat dibagi menjadi tiga daerah, seperti tampak pada Gambar 1 [7, 8]. Daerah I merupakan daerah ohmik yaitu kenaikan rapat arus bersesuaian dengan kenaikan beda potensial listrik, yang memenuhi hukum Ohm. Daerah II adalah daerah *plateau* dimana peningkatan potensial menyebabkan kenaikan rapat arus yang sangat kecil atau nilai arus hampir konstan dan daerah III merupakan daerah asymtotik (daerah *electrical noise*).



Gambar 1. Kurva arus-tegangan membran *Cation Exchange Membrane* (CMX) dalam larutan NaCl 0,025 N [7, 8].

Membran juga memiliki sifat listrik seperti konduktansi. Konduktansi membran adalah besaran yang menggambarkan kemampuan suatu membran untuk mengalirkan ion. Konduktansi membran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$g = \frac{I}{(V_m - V_i)} \quad 1)$$

dimana g adalah konduktansi membran, I adalah arus listrik yang mengalir, V_m adalah tegangan membran dan V_i adalah tegangan ion. Tegangan ion yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan persamaan Nernst (2) [9].

$$V_i = \frac{RT}{z_i F} \ln \left(\frac{c_{i1}}{c_{i2}} \right) \tag{2}$$

dimana R adalah konstanta gas ideal, T adalah temperatur larutan, z_i adalah valensi ion, F adalah konstanta Faraday, c_{i1} dan c_{i2} masing-masing adalah konsentrasi ion pada bilik 1 dan 2.

Kemampuan membran dalam menyerap air (*swelling*) adalah merupakan salah satu sifat penting. Hal tersebut dapat diketahui dengan melakukan uji *swelling*. Uji *swelling* dilakukan dengan mengukur perbedaan massa membran sebelum dan sesudah direndam dalam air dalam waktu tertentu. Daya serap air dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$\text{Persentase swelling (\%)} = \frac{(m_w - m_d)}{m_d} \times 100\% \tag{3}$$

Dimana persentase *swelling* adalah persentase daya serap air membran, m_w adalah massa membran basah (*wet*) dan m_d adalah massa membran kering (*dry*).

3. Eksperimen

3.1 Pengukuran I-V

Membran kering dipotong dengan diameter 3,5 cm dan direndam dalam aqua demineralisasi (aqua-dm) selama 5 menit, selanjutnya diletakkan di antara 2 bilik dari sebuah sistem sel transport. Larutan elektrolit yang digunakan adalah larutan KCl dan NaCl dengan konsentrasi 0,025 M. Tegangan membran diukur dengan menggunakan elektroda kalomel pada rentang arus 0,01-0,20 A. Semua pengukuran dilakukan pada temperatur ruang yaitu sekitar 28,5 °C.

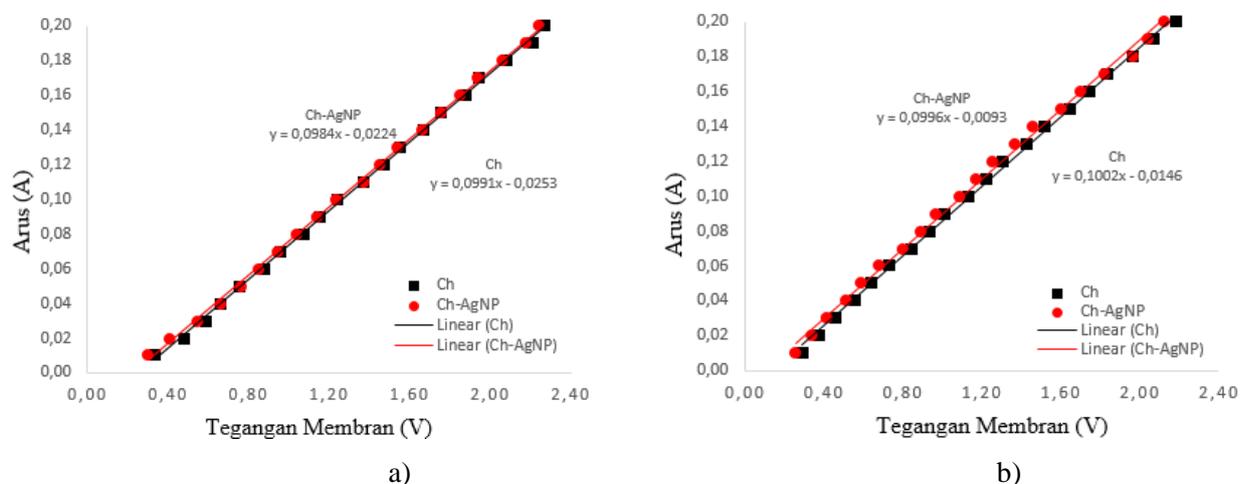
3.2 Uji daya serap air (*swelling*)

Uji *swelling* dilakukan dengan menggunakan aqua-dm dan perhitungan persentase *swelling*-nya menggunakan persamaan 3. Membran kering dengan diameter 3,5 cm ditimbang (m_d), selanjutnya membran direndam selama waktu tertentu yaitu 5 sampai 600 menit dan ditimbang (massa basah (m_w)). Dari hasil ini diperoleh persentase *swelling* sebagai fungsi waktu.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kurva I-V

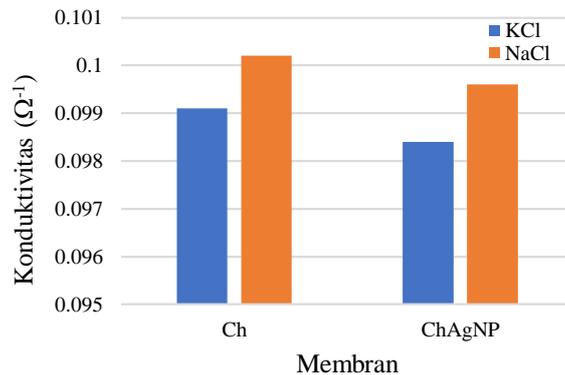
Hasil pengukuran I-V dari membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP pada larutan KCl dan NaCl dengan konsentrasi 0,025 M diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik I-V dari membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP pada: a) larutan KCl 0,025 M dan b) larutan NaCl 0,025 M.

Pada Gambar 2 tampak bahwa kenaikan arus menyebabkan bertambah besarnya tegangan membran. Pada kedua grafik, tampak kurva I-V membentuk garis lurus, tidak teramati daerah *plateau* maupun daerah *asymtotik* (*electrical noise*) seperti kurva I-V membran *CMX*. Grafik tampak hanya memenuhi daerah I yaitu

daerah Ohmik, dimana kenaikan tegangan membran linear dengan kenaikan arus listrik yang diberikan. Melalui pendekatan regresi linear maka diperoleh nilai gradien dari masing-masing grafik, yang merupakan nilai konduktansi dari masing-masing membran terhadap ion-ion di dalam larutan seperti tampak pada Gambar 2.

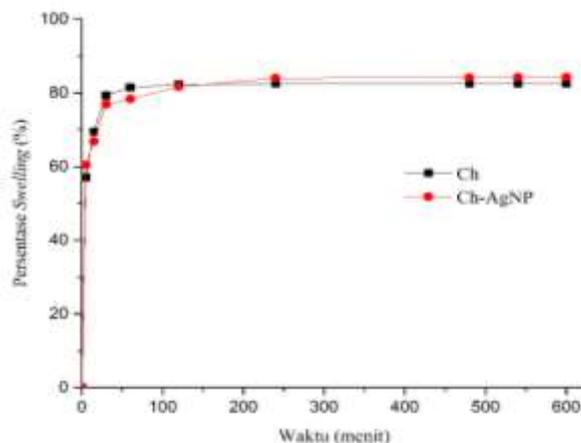


Gambar 3. Grafik nilai konduktansi membran Ch dan Ch-AgNP masing-masing dalam larutan KCl dan NaCl dengan konsentrasi 0,025 M.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa nilai konduktansi membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP pada larutan KCl secara berturut-turut adalah 0,0991 Ω⁻¹ dan 0,0984 Ω⁻¹. Pada larutan NaCl, nilai konduktansi membran Ch adalah 0,1002 Ω⁻¹ dan nilai konduktansi membran komposit Ch-AgNP adalah 0,0996 Ω⁻¹. Nilai konduktansi yang lebih besar menunjukkan bahwa kemampuan suatu membran dalam mengalirkan ion lebih besar [7,10]. Dari hasil pengamatan tampak bahwa nilai konduktansi membran Ch lebih besar dibandingkan membran komposit Ch-AgNP. Adanya penambahan AgNP menyebabkan penurunan nilai konduktansi membran. Hal ini dapat disebabkan oleh berkurangnya kerapatan pori-pori membran karena beberapa pori-porinya terisi AgNP [11]. Oleh karena itu, kemampuan membran dalam transport ion menjadi menurun, sehingga nilai konduktansi membran juga menurun.

4.2 Uji swelling

Untuk mengetahui laju penyerapan air pada masing-masing membran dapat diplot antara persentase *swelling* terhadap waktu. Persentase *swelling* dari membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP sebelum digunakan untuk transport ion diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil uji *swelling* membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP.

Pada Gambar 4 tampak bahwa daya serap air (*swelling*) membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP mengalami peningkatan tajam pada lama rendam mulai dari 5 sampai 30 menit, kemudian peningkatannya sangat kecil untuk lama rendam 60 menit dan akhirnya mencapai titik jenuh, dalam hal ini membran sudah tidak mampu menyerap air lagi. Membran Ch mencapai titik jenuh pada waktu 240 menit sedangkan membran komposit Ch-AgNP mencapai titik jenuh pada waktu 540 menit. Tampak bahwa

persentase *swelling* maksimum dari membran Ch adalah 82,524% dan membran komposit Ch-AgNP adalah 84,238%. Jadi dari hasil uji *swelling* diperoleh bahwa daya serap air membran komposit Ch-AgNP lebih besar dibandingkan membran Ch dan waktu jenuh lebih panjang yaitu 540 jam. Adanya penambahan nanopartikel perak menyebabkan sifat hidrofilik dari membran menjadi lebih baik.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai konduktansi membran Ch dalam larutan garam monovalen NaCl dan KCl, lebih besar dibandingkan membran komposit Ch-AgNP. Nilai konduktansi membran dalam larutan NaCl lebih besar dibandingkan dalam larutan KCl. Berlaku pada kedua membran, yaitu membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP. Hasil uji *swelling* menunjukkan bahwa persentase *swelling* membran komposit Ch-AgNP lebih besar dibandingkan membran Ch.

Ucapan Terimakasih

Penulis berterimakasih kepada semua pihak yang ikut membantu dan Laboratorium Biofisika Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana.

Pustaka

- [1] J. Mulder, Basic Principles of Membrane Technology, *Kluwer Academic Publisher*, London, 1996, pp. 128-136.
- [2] D. Yanming, X. U. Congyi, *et al.*, Determination of Degree of Substitution For N-Acylated Chitosan Using IR Spectra, *Science in Chine*, vol. 44, no. 2, 2001, pp. 216-224.
- [3] S. Aprilia, Pembuatan Membran Komposit KITOSAN-Selulosa dari Limbah Kulit Kepala Udang, *Jurnal Rekayasa dan Lingkungan*, vol. 5, no. 1, Universitas Syiah Kuala, Aceh, 2006, halaman 28-35.
- [4] W. Ariyanto, Pembuatan Membran Komposit Kitosan-Vanilin/Polivinil Alkohol/Lempung Sebagai Membran Elektrolit, *Skripsi*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2012.
- [5] I. F. Farha dan N. Kusumawati, Pembuatan Membran Komposit Kitosan-PVA dan Pemanfaatannya pada Pemisahan Limbah Pewarna Rhodamin-B, *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, 2012.
- [6] Meriatna, Penggunaan Membran Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) Dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam, *Tesis*, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2008.
- [7] I. Ristian, Kajian Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat (AgNO_3) Terhadap Ukuran Nanopartikel Perak, *Skripsi*, Universitas Semarang, Semarang, 2013.
- [8] J. H. Choi, H. Joo and S. H. Moon, Effect of Electrolytes on the Transport Phenomena in a Cation-Exchange Membrane, *Journal of Collid and Interface Science*, vol. 238, 2001, pp.188-195.
- [9] N. M. Rasmini, Pengaruh Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Karakteristik Arus-Tegangan Membran Kitosan, *Skripsi*, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Udayana, Bali, 2016.
- [10] C. M. Liberman and J. Adams, Ions, Channels, Current and Electrical Potentials, *HST 721 The Peripheral Auditory System*, Harvard-MIT Division of Health Science and Technology, 2005.
- [11] N. N. Rupiasih, Effects of electrolytes on ion transport in Chitosan membranes, *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 776, no. 1, 2016, 012045(1-6).
- [12] A. A. Zoucella, Sintesis dan Karakterisasi Sifat-sifat Fisik Membran Komposit Kitosan-Nanopartikel Perak, *Skripsi*, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Udayana, Bali, 2017.