

## Studi Kurva Karakteristik Arus-Tegangan (I-V) Membran Komposit Kitosan-Nanopartikel Perak

### The Study of Current-Voltage (I-V) Characteristic Curve of Chitosan-Silver Nanoparticle Composite Membrane

Maulida Nirwana Islami, Ni Nyoman Rupiasih\*, Made Sumadiyasa, I B Sujana Manuaba

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana,  
Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: [maulidan65@gmail.com](mailto:maulidan65@gmail.com); \*[rupiasih@unud.ac.id](mailto:rupiasih@unud.ac.id); [sumadiyasa@unud.ac.id](mailto:sumadiyasa@unud.ac.id); [sujana\\_manuaba@unud.ac.id](mailto:sujana_manuaba@unud.ac.id)

**Abstrak** – Telah dilakukan penelitian tentang kurva karakteristik arus-tegangan (I-V) dari membran komposit kitosan-nanopartikel perak (Ch-AgNP). Membran dibuat dengan metode cetak menggunakan bahan dasar (matrik) kitosan, pelarut asam asetat 1% dan bahan pengisi nanopartikel perak (AgNP). AgNP yang digunakan sebanyak 100  $\mu\text{g}$ . Sebagai pembanding digunakan membran kitosan murni yang disebut membran Ch. Pengukuran I-V dilakukan dengan menggunakan sebuah model cell yang terdiri dari 2 ruang, ruang 1 dan 2. Tegangan (V) diukur menggunakan elektroda kalomel Ag/AgCl dalam larutan elektrolit KCl dan  $\text{CaCl}_2$  dengan konsentrasi 0,025 M. Semua pengukuran dilakukan pada temperatur ruang  $\pm 28$  °C. Hasil pengukuran I-V menunjukkan bahwa pada rentang arus 0,66-0,98 mA, kurva I-V dari membran Ch-AgNP bersifat ohmik. Nilai konduktansi dari membran komposit lebih kecil dibandingkan dengan membran kitosan dan nilainya lebih besar pada larutan KCl dibandingkan pada larutan  $\text{CaCl}_2$ . Pada larutan KCl, nilai konduktansi dari membran kitosan dan membran komposit adalah 0,7110 mA/V dan 0,6593 mA/V. Pada larutan  $\text{CaCl}_2$ , nilai konduktansinya masing-masing adalah 0,6617 mA/V dan 0,6107 mA/V.

**Kata kunci:** membran kitosan, membran komposit, nanopartikel perak, arus-tegangan, konduktansi

**Abstract** – A study of current-voltage (I-V) characteristic curve of chitosan-silver nanoparticle composite membrane (Ch-AgNP) has been conducted. Membranes were prepared by casting method using chitosan as matrix, acetic acid 1% as solvent and silver nanoparticle (AgNP) as filler. AgNP used was 100  $\mu\text{g}$ . A chitosan membrane (membrane Ch) have also prepare as a comparison. The I-V measurement was performed using a cell model consisting of 2 chambers, chambers 1 and 2. The voltage was measured using Ag/AgCl calomel electrode in electrolyte solution of KCl and  $\text{CaCl}_2$  with concentration of 0.025 M. All measurements were done at room temperature of  $\pm 28$  °C. The result shows that in the current range of 0.66-0.98 mA, the I-V curve of the Ch-AgNP membrane is ohmic. The conduction of the composite membrane is smaller than the chitosan membrane and the value is greater in KCl solution than in  $\text{CaCl}_2$  solution. In KCl solution, the conductance of chitosan membrane and composite membrane were 0.7110 mA/V and 0.6593 mA/V; and in  $\text{CaCl}_2$  solution, it was 0.6617 mA/V and 0.6107 mA/V, respectively.

**Key words:** chitosan membrane, composite membrane, silver nanoparticles, current-voltage, conductance

#### 1. Pendahuluan

Saat ini penelitian tentang pemanfaatan polimer alam sebagai membran telah berkembang sangat pesat. Hal ini didukung oleh keteruraiannya yang relatif tinggi di alam. Membran adalah suatu lapisan tipis yang membatasi dua larutan dan bersifat *semipermeable*. Berdasarkan sifat sebagai pemisah material, membran dibedakan menjadi tiga yaitu membran *impermeable* (tidak bisa dilewati oleh material atau unsur apapun), *semipermeable* (hanya dapat dilewati oleh salah satu komponen larutan) dan *permeable* (dapat dilewati oleh semua komponen larutan). Proses pemisahan dengan membran dapat terjadi karena perbedaan ukuran dan bentuk pori, serta sifat kimia dari membran [1].

Membran kitosan merupakan salah satu membran organik buatan, yang terbuat dengan bahan dasar polimer alam (*biopolymer*) yaitu kitosan. Membran kitosan dibuat dengan mencampurkan serbuk kitosan dengan asam asetat, dibuat dengan metode cetak. Kitosan termasuk polimer alami yang ketersediaannya melimpah di alam. Kitosan merupakan senyawa turunan kitin yang diperoleh dari proses deasetilasi yaitu proses penghilangan gugus asetil ( $-\text{COCH}_3$ ) dengan menggunakan larutan NaOH konsentrasi tinggi. Kitosan bersifat hidrofobik dan mudah dibentuk menjadi lapisan tipis atau membran [2]. Kitosan memiliki sifat-sifat yang menguntungkan diantaranya mudah terbiodegradasi, tidak beracun dan ramah lingkungan.

Membran komposit adalah membran yang terbuat dari campuran dua atau lebih polimer atau campuran dari polimer dengan bahan pengisi berupa logam ataupun bukan logam. Komposit merupakan perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasarnya.

Studi tentang membran komposit, khususnya yang berbahan dasar polimer kitosan telah banyak dilakukan diantaranya membran komposit kitosan-sodium alginat dari rumput laut coklat (*Sargassum sp.*) terfosforilasi sebagai *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) [3] dan penggunaan komposit kitosan-TiO<sub>2</sub> sebagai agen antibakteri pada kain kasa [4]. Selain itu juga tentang penambahan senyawa pemlastis seperti polivinil alcohol (PVA) untuk meningkatkan elastisitas membran, dengan penambahan oksida dapat meningkatkan sifat-sifat membran polimer elektrolit seperti kapasitas tukar ion, stabilitas thermal dan derajat pengembangan (*swelling degree*). Juga telah dilaporkan pembuatan membran komposit nano-kitosan dengan bahan pengisi polimer *polypyrrole* yang bertujuan untuk meningkatkan dan memperkuat fungsi kemampuan anti-mikroba dari kitosan [5]. Membran komposit kitosan monmorillonit termodifikasi silan 10% sebagai membran polielektrolit untuk aplikasi sel bahan bakar [6]. Komposit kitosan-ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> merupakan material komposit baru berbasis biopolimer dan material anorganik non toksik dapat diaplikasikan pada berbagai bidang salah satunya pada industri tekstil sebagai agen antibakteri melalui proses pelapisan atau *coating* pada kain [7]. Membran komposit kitosan-hidroksiapatit (HA) sebagai membran GTR (*guided tissue regeneration*) dalam bidang periodontal dapat diaplikasikan sebagai biomaterial baru untuk menangani kerusakan gigi dan memberikan kesempatan untuk tumbuhnya gigi baru [8].

Berdasarkan beberapa studi di atas, maka penelitian tentang karakteristik arus-tegangan dari membran komposit berbahan dasar kitosan dan bahan pengisi nanopartikel perak adalah hal baru yang belum pernah dilaporkan. Nanopartikel perak (AgNP) adalah salah satu nanopartikel logam yang banyak digunakan dalam bidang medis. Perak telah digunakan untuk pengobatan penyakit medis selama lebih dari 100 tahun karena memiliki sifat alami sebagai anti bakteri dan anti jamur serta sifatnya yang tidak toksik terhadap kulit manusia. Sifat-sifat tersebut telah digunakan dalam berbagai aplikasi yang luar biasa, seperti tekstil antibakteri dan polimer yang mengandung nano-Ag yang digunakan untuk membuat lemari es, mesin cuci, piring, *rice cooker*, plastik lapis tipis, botol vakum, ember plastik, wadah sampah dan bahkan untuk obat-obatan [9].

## 2. Landasan Teori

Sifat kelistrikan membran dapat dilihat dengan melakukan pengukuran konduktansi, kapasitansi dan impedansi. Nilai konduktansi membran dapat diperoleh dengan pengukuran arus-tegangan. Karakteristik ini dipengaruhi oleh aliran elektron atau ion-ion yang melalui membran [10]. Besarnya arus dipengaruhi oleh besarnya beda tegangan dan beda konsentrasi muatan pembawa. Semakin besar beda konsentrasi muatan pembawa dan beda tegangan maka semakin besar pula arus yang mengalir pada membran.

Transport ion pada membran merupakan proses perpindahan ion-ion dari satu ruang ke ruang yang lain, yang terjadi melalui proses transport aktif dan pasif. Transport aktif adalah transport di dalam membran yang memerlukan energi sedangkan transport pasif adalah transport di dalam membran yang digerakkan oleh perbedaan tekanan, perbedaan konsentrasi atau perbedaan temperatur di antara kedua sisi membran.

Kurva arus-tegangan (I-V) menggambarkan sifat listrik dari membran dan memberikan informasi tentang mekanisme transport ion, termasuk polarisasi konsentrasi. Kurva I-V membran pertukaran ion dapat dibagi menjadi tiga daerah seperti terlihat pada Gambar 1. Daerah I merupakan daerah ohmik yaitu rapat arus yang bersesuaian dengan beda potensial listrik, 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 asyptotik (daerah *electrical noise*) [11].

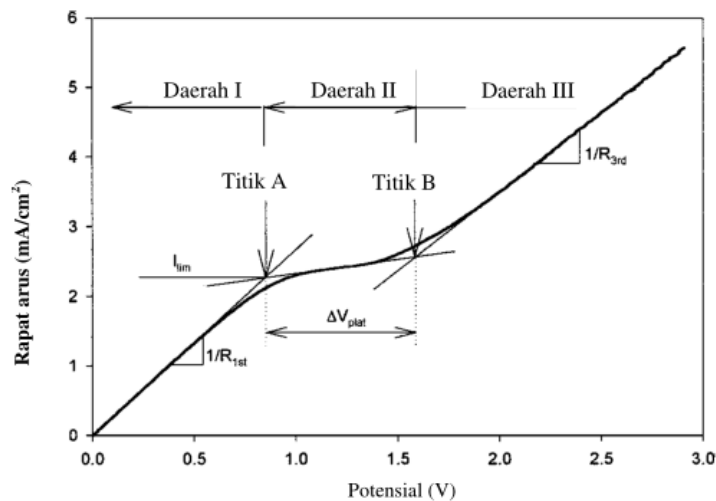
Sifat kelistrikan membran dapat dinyatakan dalam besaran konduktansi yang mana adalah menggambarkan kemampuan suatu membran untuk mengalirkan ion. Konduktansi membran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [12],

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

dimana  $g_i$  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 [12],

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

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



Gambar 1. Kurva arus-tegangan membran *cation exchange membrane* (CMX) dalam larutan NaCl 0,025 N [11, 13].

### 3. Metode Eksperimen

#### 3.1 Pembuatan membran komposit

Membran komposit kitosan-nanopartikel perak (Ch-AgNP) dibuat dengan metoda cetak, dimana kitosan sebagai bahan dasar (matrik), nanopartikel perak (AgNP) sebagai pengisi dan asam asetat 1 % sebagai pelarut. Lima (5) g serbuk kitosan dicampur dengan 100  $\mu$ g AgNP, kemudian dicampur dengan 250 ml asam asetat 1%, diaduk selama  $\pm$  4 jam pada temperatur ruang sampai diperoleh campuran homogen (larutan membran). Larutan membran dicetak pada plat kaca berukuran 37 cm x 24 cm, dan dikeringkan pada temperatur ruang sampai diperoleh membran komposit kering. Membran kering direndam dalam larutan NaOH 1% selama 12 menit, dibilas dengan aqua-dm (aqua-demineralisasi) berulang-ulang, dan dikeringkan kembali pada temperatur ruang sampai diperoleh membran komposit kering yang siap dikarakterisasi atau digunakan. Sebagai pembandingan, dengan cara yang sama dibuat membran kitosan (tanpa bahan pengisi), yang disebut sebagai membran Ch.

#### 3.2 Karakterisasi Arus-Tegangan (I-V)

Pengukuran arus-tegangan (I-V) dilakukan dengan menggunakan sebuah model *cell* yang terdiri dari 2 ruang, ruang 1 dan ruang 2. Tegangan diukur menggunakan elektroda kalomel Ag/AgCl dalam larutan elektrolit KCl dan CaCl<sub>2</sub> dengan konsentrasi 0,025 M. Semua pengukuran dilakukan pada temperatur ruang  $\pm$  28 °C. Pada eksperimen ini tegangan membran mulai terukur ketika arus yang diberikan 0,66 mA. Rentang arus yang diberikan adalah 0,66 - 0,98 mA. Dilakukan pengulangan eksperimen sebanyak 3 kali.

Pada penelitian ini, konsentrasi larutan di kedua ruang adalah sama yaitu 0,025 M. Oleh sebab itu, tegangan ion yang disebabkan oleh perbedaan konsentrasi larutan di kedua ruang (persamaan 2) sama dengan nol.

### 4. Hasil Dan Pembahasan

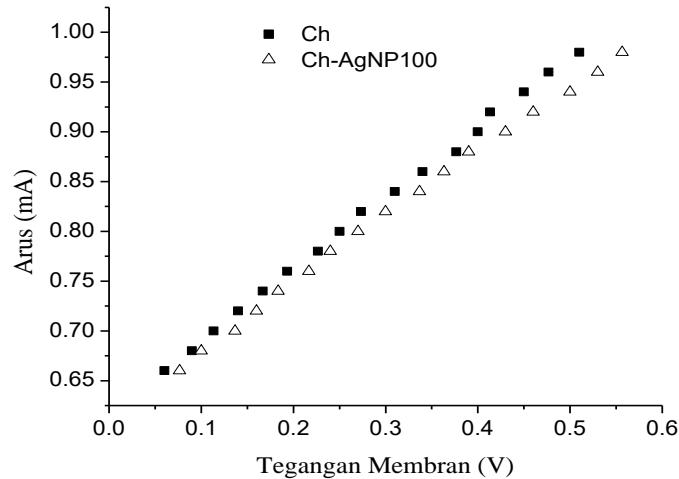
#### 4.1 Kurva I-V

Data yang diperoleh dari pengukuran tegangan membran (V) sebagai fungsi dari arus (I) dari membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP100 pada larutan KCl dan larutan CaCl<sub>2</sub>, masing-masing diperlihatkan pada Gambar 2 dan 3.

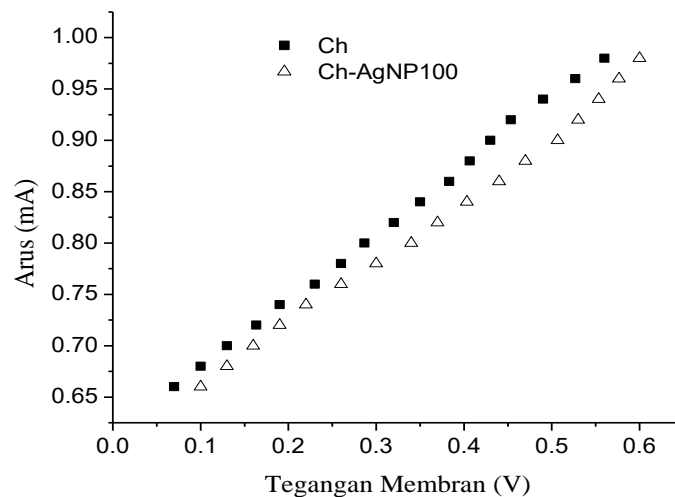
Dari Gambar 2 dan 3 teramati bahwa grafik I-V pada masing-masing membran bersifat *ohmik* yaitu semakin besar arus yang diberikan maka tegangan membran terukur juga semakin besar, dalam hal ini grafik memperlihatkan hubungan linear. Untuk rentang arus pengamatan antara 0,66 mA - 0,98 mA, kurva I-V dari kedua membran hanya teramati daerah I (daerah *ohmik*), tidak teramati daerah *plateau* maupun daerah *asymtotik* (daerah *electrical noise*).

#### 4.2 Nilai konduktansi membran

Dari kurva I-V masing-masing membran pada Gambar 2 dan 3 dapat dilakukan pendekatan dengan metode regresi linear sehingga diperoleh nilai gradien dari masing-masing kurva tersebut, seperti tampak pada Gambar 4. Nilai gradient tersebut merupakan nilai konduktansi dari masing-masing membran.

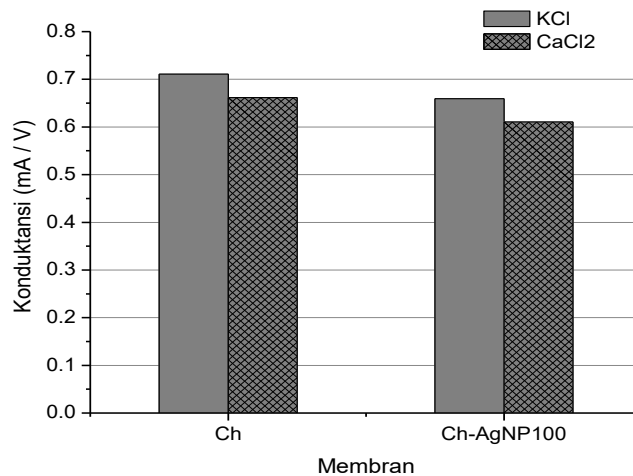


**Gambar 2.** Grafik I-V dari membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP100 pada larutan KCl dengan konsentrasi larutan 0,025 M.



**Gambar 3.** Grafik I-V dari membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP100 pada larutan  $\text{CaCl}_2$  dengan konsentrasi larutan 0,025 M.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa, nilai konduktansi membran pada larutan KCl lebih besar dibandingkan pada larutan  $\text{CaCl}_2$ . Hal ini teramati pada kedua jenis membran. Nilai konduktansi yang lebih besar menunjukkan bahwa kemampuan suatu membran dalam mengalirkan ion lebih besar dibandingkan membran dengan nilai konduktansi yang lebih kecil. Hasil pengamatan ini sesuai dengan yang telah dilaporkan oleh [2, 11]. Nilai konduktansi membran lebih besar pada larutan elektrolit yang memiliki nilai konduktivitas molar dan jari-jari Stoke yang lebih kecil. Nilai konduktivitas molar dan jari-jari Stoke untuk larutan KCl masing-masing adalah  $73,55 \times 10^4 \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$  dan 0,125 nm, sedangkan untuk larutan  $\text{CaCl}_2$  adalah  $119,0 \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$  dan 0,308 nm [11].



**Gambar 4.** Grafik nilai konduktansi dari membran Ch dan membran komposit Ch-AgNP100.

Pada Gambar 4 juga tampak bahwa, penambahan bahan pengisi AgNP pada membran komposit Ch-AgNP berdampak terhadap penurunan nilai konduktansi membran komposit dibandingkan dengan membran kitosan itu sendiri. Hal ini dapat dijelaskan bahwa, proses transport ion dalam hal ini  $\text{Cl}^-$  sangat dipengaruhi oleh besar arus listrik sebagai gaya pendorong transport ion dan kerapatan pori (pori/ $\text{m}^3$ ) dari membran. Semakin besar arus listrik yang diberikan maka tegangan membran semakin besar, yang memenuhi Hukum Ohm. Penambahan AgNP berakibat pada penurunan kerapatan pori-pori membran karena sebagian pori-pori membran terisi oleh AgNP [14]. Akibatnya kemampuan membran dalam transport ion menjadi menurun.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada daerah arus 0,66 mA - 0,98 mA, karakteristik kurva I-V dari membran komposit kitosan adalah ohmik serupa dengan membran kitosan. Penambahan bahan pengisi AgNP pada membran kitosan mengakibatkan penurunan nilai konduktansi dari membran komposit tersebut.

## Pustaka

- [1] Pratomo, H., Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Polisulfon Selulosa Asetat untuk Proses Ultrafisisasi, *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, Edisi 3 Tahun VIII, Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY, Yogyakarta, 2003.
- [2] 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).
- [3] W. Siti, S. Suyanto dan Y. Yuliana, Pembuatan Dan Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-Sodium Alginat Terfosforilasi Sebagai Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC), *Journal Kimia Riset*, vol. 1, no. 1, 2016, pp. 14-21.
- [4] 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.
- [5] M. Soleiman, M. Ghorbani and S. Salahi, Antibacterial Activity of Polypyrrole-Chitosan Nanocomposite: Mechanism of Action, *International Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 12, no. 3, 2016, pp. 191-197.
- [6] A. W. Diah dan A. Lukman, Pengaruh Variasi Konsentrasi Metanol terhadap Sifat Permeabilitas Metanol Membran Komposit Kitosan/Monmorillonit Termodifikasi Silan 10%, *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, pp. 97-102.
- [7] K. M. Dina dan H. Rusly, Preparasi Dan Karakterisasi Komposit Kitosan-ZnO/  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , *Molekul*, vol. 10, no. 1, 2015, pp. 9-18.
- [8] Erizal, A. Basril, W. Yessy dan Darmawan, Sintesis Dan Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-Hidroksi Apatit Berikatan Silang Sebagai *Guided Tissue Regeneration (GTR)*, *Majalah Metalurgi*, vol. 28, no.1, 2013, pp. 55-64.
- [9] S. Dirlina, A. Henry dan S. K. Vanda, Sintesis Nanopartikel Perak (Ag) Dengan Reduktor Natrium Borohidrida ( $\text{NaBH}_4$ ) Menggunakan Matriks *Nata-De-Coco*, *Chem. Prog.*, vol. 9, no. 2, 2016, pp. 40-47.

- [10] F. Azizah, Kajian Sifat Listrik Membran Selulosa Asetat yang Direndam dalam Larutan Asam Klorida dan Kalium Hidroksida, *Skripsi*, Departemen Fisika FMIPA Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2008.
- [11] 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.
- [12] Charles M Liberman and Joe Adams. Ions, Channels, Current, and Electrical Potentials. HST 721 The Peripheral Auditory System. Harvad-MIT Division of Health Science and Technology, 2005.
- [13] N. M. Rasmini, Pengaruh Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Karakteristik Arus-Tegangan Membran Kitosan, *Skripsi*, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Udayana, Bali, 2016.
- [14] A. A. Zoucella, Sintesis dan Karakterisasi Sifat-sifat Fisik Membran Komposit Kitosan-Nanopartikel Perak, *Skripsi*, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Udayana, Bali, 2017.