

**PENGARUH PERUBAHAN KONSENTRASI PAKAN
IKAN TERHADAP PERUBAHAN POTENSIAL
MEMBRAN SPIROGYRA**

SKRIPSI

Sebagai salah syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Oleh

SANDHI SETYA PRAPTAMA

0410930045-93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGARUH PERUBAHAN KONSENTRASI PAKAN
IKAN TERHADAP PERUBAHAN POTENSIAL
MEMBRAN SPIROGYRA**

Oleh
SANDHI SETYA PRAPTAMA
0410930045-93

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Unggul P. Juswono,
M.Sc.
NIP. 131 879 050

dr. Kusharto, M.Pd.
NIP. 130 819 383

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Drs. Adi Susilo, M.Si, Ph.D
NIP. 131 960 447

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : SANDHI SETYA PRAPTAMA

NIM : 0410930045 - 93

Jurusan : FISIKA

Penulisan Skripsi berjudul :

**PENGARUH PERUBAHAN KONSENTRASI PAKAN
IKAN TERHADAP PERUBAHAN POTENSIAL
MEMBRAN SPIROGYRA**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dan Tugas Akhir ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung resiko yang akan saya terima

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 2 AGUSTUS 2009
Yang menyatakan

SANDHI SETYA PRAPTAMA
NIM. 0410930045-93

PENGARUH PERUBAHAN KONSENTRASI PAKAN IKAN TERHADAP PERUBAHAN POTENSIAL MEMBRAN GANGGANG SPIROGYRA

ABSTRAK

Pada komunitas danau terdapat populasi tanaman yang berfungsi sebagai penyedia oksigen yang sangat berlimpah yaitu *spirogyra*. Selama ini danau banyak dimanfaatkan oleh manusia, salah satu contohnya adalah pembudidayaan ikan dalam keramba. Aktifitas ini memberikan dampak terhadap komunitas danau, terutama pada perkembangan tumbuhan ganggang.

Hasil residu yang menjadi limbah dari aktifitas pembudidayaan ikan dalam keramba mempengaruhi jumlah pertumbuhan ganggang sebagai populasi tanaman pada danau. Penggunaan metode potensial membran bertujuan untuk menguji indikator biologis dan merupakan metode sederhana yang dapat dikembangkan menuju penelitian lebih lanjut. Dapat diketahuinya tingkat atau level pencemaran dari perilaku fisiologis ganggang *spirogyra* akan bermanfaat sebagai indikator pencemaran lingkungan.

Ion Na^+ , Ca^{2+} , atau ion penyusun dari pakan ikan menimbulkan dampak yaitu mengubah permeabilitas membran *spirogyra* terhadap unsur penyusun pakan ikan. Perubahan potensial sekitar -7 milivolt, -9 milivolt memberikan informasi bahwa pada perubahan potensial mengakibatkan membran *spirogyra* mempertahankan sifat fisiologisnya.

Kata kunci: potensial membran, difusi, membran sel, *spirogyra*

THE INFLUENCE OF FISH FOOD CHANGES IN THE CONCENTRATION TO SPIROGYRA MEMBRANE POTENTIAL CHANGES

ABSTRACT

At the lake, there is an ecosystem that serves a population of plants as oxygen is a very abundant spirogyra. During this lake is used by many people, one of the examples is fish developing in *keramba*. This activity to give effect to the ecosystem lake, especially in the development of the weed plants.

Results of a waste residue from fish developing activities in *keramba* affect the amount of weed growth as the population in the lake plants. The use of membrane potential method aims to test the biological indicator and a simple method that can be developed to further research. Can know the level or levels of pollution from the physiological behavior of objects spirogyra will be useful as an indicator of the environment.

Ion Na^+ , Ca^{2+} , or compiler of the ion impact fish feed that is the permeability of the membrane element spirogyra it feed the fish. Changes in potential around -7 milivolt, -9 milivolt provide information on the changes that result in membrane potential spirogyra maintain physiological nature.

Password: membrane potential, diffusion, membrane, spirogyra

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, kami dapat menyelesaikan penulisan laporan skripsi ini dengan mengambil judul ” **Pengaruh Perubahan Konsentrasi Pakan Ikan Terhadap Perubahan Potensial Membran Ganggang Spirogyra (Studi di Danau Ranu, Grati, Kabupaten Pasuruan)**”.

Tulisan ini dibuat berdasarkan hasil penelitian yang telah kami lakukan. Tulisan ini berisi tentang interaksi kelistrikan pada bahan yang terkandung dalam pakan ikan terhadap aktivitas potensial membran di *spyrogira*

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan mulai awal persiapan hingga selesai. Ucapan terimakasih khususnya kami sampaikan kepada:

1. Bapak Drs. Adi Susilo, M.Si, Ph.D selaku ketua Jurusan Fisika FMIPA UB.
2. Bapak Chomsin S. Widodo, S.Si, M.Si selaku sekretaris Jurusan Fisika FMIPA UB.
3. Bapak dr. Kusharto, M.Pd selaku Pembimbing Akademik.
4. Bapak Drs. Unggul. P. Juswono, M.Sc selaku pembimbing I.
5. Bapak Johan A.E Noor, Ph.D selaku Kepala Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika UB.
6. Bapak dan Ibu staf dosen dan karyawan serta laboran di lingkungan Jurusan Fisika UB.
7. Bapak Robi Asmara selaku laboran Biofisika
8. Teman-teman Kelompok Bidang Minat Biofisika UB, dan
9. Saudari Luthfi Alifiyah yang memberikan semangat untuk selalu belajar
10. Seluruh teman-teman di Jurusan Fisika UB terutama angkatan tahun 2004, terima kasih atas dukungan, saran dan diskusinya.
11. Orang tua dan keluarga, terima kasih atas semua dukungan dan do'anya.

Secara keseluruhan dalam penulisan laporan tugas akhir ini kami tidak mengalami kendala yang berarti. Semua dapat dikerjakan dengan lancar berkat ilmu yang didapatkan selama di jurusan Fisika, baik melalui kuliah, informasi dari buku, internet dan melalui diskusi-diskusi yang telah dilakukan.

Akhirnya kami berharap mudah-mudahan apa yang tertulis dalam laporan tugas akhir ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi kita semua. Amin

Malang, Agustus 2009

Penulis_



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK/ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Membran Sel	3
2.2 Potensial Membran	6
2.3 <i>Spirogyra</i>	10
2.4 Pakan Ikan	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.3 Prosedur Penelitian	16
3.3.1 Persiapan Alat	16
3.3.2 Persiapan Bahan	20
3.4 Pengukuran Potensial Membran <i>Spirogyra</i>	21
3.5 Variabel Penelitian	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kalibrasi Alat Ukur	23
4.2 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Pakan Ikan Terhadap Potensial Membran <i>Spirogyra</i>	27
4.3 Pembahasan	30
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Lapisan membran sel.....	5
Gambar 2.2 Lipid tersusun atas bagian polar (kepala lipid) dan non polar (ekor lipid)	6
Gambar 2.3 Proses transpor konsentrasi pada sel (atas) proses difusi (bawah) dan proses osmosis (kanan) yang mempengaruhi terjadi potensial pada membran	9
Gambar 2.4 Spirogyra (kiri) dan sel tunggal spirogyra.....	12
Gambar 2.5 Pakan ikan	13
Gambar 3.1 <i>Mind mapping</i> penelitian.....	18
Gambar 3.1 a. proses sebelum terjadi penyepuhan b. setelah terjadi penyepuhan	19
Gambar 3.2 Pembuat mikroelektrode	20
Gambar 3.3 <i>Banana plug</i> dan mikro elektrode	20
Gambar 3.4 <i>Plotter</i>	21
Gambar 3.5 Rangkaian Penguji <i>Plotter</i> dan Op -Amp.....	22
Gambar 3.6 Rangkaian alat	24
Gambar 4.1 Grafik Potensial Membran Ganggang	25
Gambar 4.2 Grafik Rerata Potensial Membran Ganggang ..	26
Gambar 4.3 Posisi salah yang dapat menyebabkan kematian sel	38

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Mineral yang dibutuhkan oleh ikan (National Reserch Council , 1992).....	15
Tabel 2.2 Kadar massa mineral yang diperlukan oleh ikan tawar per 1 ton pakan	15

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



<i>Simbol/singkatan</i>	<i>Keterangan</i>
A^-	Anion
BSM	Basal Salt Medium
C	Konsentrasi
Cl^-	Ion Klorida
E.....	Energi
E / V	Potensial listrik
F	Konstanta Faraday
J	Fluks ion
K^+	Ion Kalium
μ	Potensial elektrokimia
Na^+	Ion natrium
P	Permeabilitas
R	Konstanta Gas
T	Temperatur (dalam Kelvin)
u	Mobilitas
Z atau z	Valensi
ψ	$V_{in} - V_{out}$

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pada komunitas danau terdapat populasi tanaman yang berfungsi sebagai penyedia oksigen yang sangat berlimpah yaitu *spyrogira*. *Spyrogira* merupakan sejenis ganggang hijau yang termasuk jenis *chlorophyta*, karena ganggang jenis ini merupakan ganggang yang hampir mendekati tumbuhan sempurna dan mengalami proses fotosintesis dan menghasilkan oksigen.

Selama ini danau banyak dimanfaatkan oleh manusia, salah satu contohnya adalah pembudidayaan ikan dalam keramba. Aktifitas ini memberikan dampak terhadap komunitas danau, terutama pada perkembangan tumbuhan ganggang. Hasil residu yang menjadi limbah dari aktifitas pembudidayaan ikan dalam keramba mempengaruhi jumlah pertumbuhan ganggang sebagai populasi tanaman pada danau. Secara kualitas dimungkinkan adanya perubahan terhadap jumlah populasi ganggang akibat penambahan atau intensitas pemberian pakan ikan oleh petani keramba, hal ini masih bersifat hipotesis.

Adanya polutan di sekitar sel mempengaruhi proses transpor pada sel *spyrogira*. Residu polutan memiliki potensi yang cukup besar karena akan mengubah permeabilitas membran terhadap ion-ion. Perubahan permeabilitas ini akan mengubah sistem kerja transpor ion melalui perubahan potensial membran sel (Juswono, 2000).

Pakan ikan merupakan suplemen kaya dengan protein, dan sangat dibutuhkan ikan untuk pertumbuhan. Terdapat 70 persen kadar protein yang terkandung di dalam pakan ikan dan 30 persen lainnya merupakan mineral serta suplemen tambahan yang dibutuhkan oleh ikan. Kandungan mineral di dalam pakan sangat dibutuhkan oleh budidaya ikan air tawar. Dua puluh dua jenis mineral yang bersifat elektrolit banyak terkandung dalam pakan ikan. Hal ini ditunjukkan bahwa pada ikan air tawar memiliki kecenderungan lebih mudah menyerap kalsium yang terdapat

pada pakan ikan, daripada menyerap mineral kalsium karbonat atau mineral lain yang terkandung di air. Oleh karena itu, kalsium pada pakan ikan dikurangi agar penyerapan kalsium maupun mineral lain di air dapat diserap oleh ikan (Jiang, 2004).

Proses pengamatan perubahan konsentrasi dari pakan ikan dan pengaruhnya terhadap polusi air dapat ditunjukkan dari perubahan potensial membran sel dari *spirogyra*. Penggunaan metode potensial membran bertujuan untuk menguji indikator biologis dan merupakan metode sederhana yang dapat dikembangkan menuju penelitian lebih lanjut. Dapat diketahuinya tingkat atau level pencemaran dari perilaku fisiologis ganggang *spirogyra* akan bermanfaat sebagai indikator pencemaran lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat ditarik sebagai acuan pembahasan pada laporan ini, yaitu bagaimana mengamati interaksi yang terjadi akibat perubahan konsentrasi pakan ikan terhadap perubahan potensial membran *spirogyra* ditinjau secara kuantitatif.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu untuk mengamati pengaruh perubahan konsentrasi pakan ikan terhadap perubahan potensial membran ganggang *spirogyra*, konsentrasi pakan ikan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga variasi konsentrasi pakan ikan. Pada penelitian ini, terdapat konsentrasi pakan optimum dimana konsentrasi pakan optimum tersebut dapat membuat jumlah populasi *spirogyra* tersebut bertambah tetapi pada penelitian ini tidak bertujuan mencari konsentrasi optimum.

1.4 Tujuan Penelitian

Mengamati perubahan potensial *spirogyra* akibat perubahan konsentrasi pakan ikan, serta mengetahui interaksi kelistrikan pada bahan yang terkandung dalam pakan ikan terhadap aktivitas potensial membran di *spirogyra*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini adalah sebagai rintisan penelitian untuk bioindikator untuk pencegahan *blooming*¹ komunitas di danau dan bioindikator pencemaran lingkungan di komunitas danau yang ditunjukkan perilaku fisiologis dari ganggang tersebut. Pengembangannya dalam bidang perikanan ganggang jenis *spyrogyra* merupakan penyedia oksigen dalam komunitas danau, sebab ganggang jenis ganggang hijau memiliki klorofil yang dapat membantu proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen.



¹ Merupakan peristiwa ledakan populasi dari 1 spesies atau lebih.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

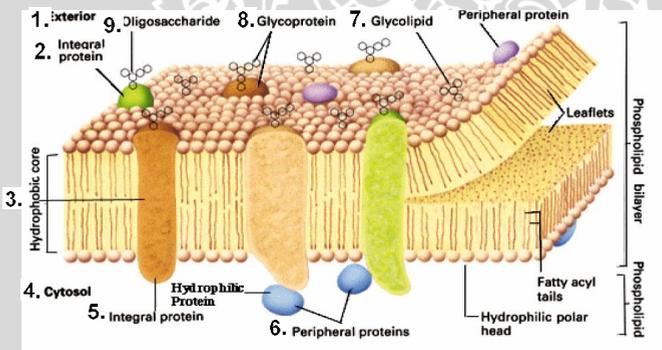


BAB II DASAR TEORI

2.1 Membran Sel

Sistem terkecil dalam organisme kehidupan adalah sel, tersusun atas tiga bagian penting yaitu lapisan luar, lapisan tengah, dan bagian dalam. Lapisan luar merupakan struktur yang berfungsi sebagai pelindung bagi sel, juga sebagai transpor konsentrasi antara ekstraseluler dengan intraseluler. Lapisan luar ini terdiri atas dinding sel dan membran sel (Cotteril, 2002).

Karakteristik dari dinding sel yaitu memiliki ketebalan yang lebih tebal daripada membran sel dan tersusun atas lipid, protein, karbohidrat. Membran sel merupakan selaput tipis yang memiliki karakteristik dua lapisan (*bilayer*) dengan tebal sekitar 7,5 nm.

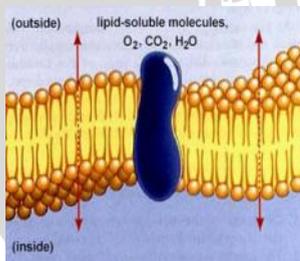


Gambar 2.1 lapisan membran sel

1. Lapisan eksterior
2. Protein Integral
3. Lapisan yang hidrofobik
4. Sitosol
5. Protein integral
6. Protein tepi (protein perifer)
7. Glikolipid
8. Glikoprotein

Bagian lipid tersusun atas kepala lipid, leher lipid dan ekor lipid seperti tampak seperti Gambar 2.2. Kepala lipid lebih banyak mengandung gugusan pospat sehingga bersifat polar atau bermuatan listrik (dapat menarik muatan listrik/ion, hidrofilik (suka air) dan lentur. Leher lipid banyak mengandung gliserol yang merupakan pengikat antara gugusan fosfat dengan hidrokarbon. Ekor lipid tersusun dari gugusan hidrokarbon yang tidak memiliki muatan listrik (non polar), bersifat sebagai isolator listrik, hidropobik (sukar ditembus air, ion maupun molekul polar lainnya) serta kaku. Di dalam membran sel konsentrasi lipid sangat berpengaruh yaitu semakin besar kelarutan lipid suatu molekul semakin besar kecepatan difusinya melalui membran.

Pada membran sel terdapat pula lipoprotein yang merupakan unsur gabungan lipid dan protein serta merupakan unsur pembentuk sel, banyak pula ditemui di bagian sitoplasma dan berfungsi sebagai transportasi lipid pada darah. Pada sel saraf, lipid berfungsi sebagai sumber energi yang berperan secara langsung maupun tidak langsung. Energi potensial yang terkandung pada lipid tersimpan di dalam jaringan adiposa. Unsur lipid polar (kepala lipid) berfungsi sebagai penyekat panas dalam jaringan subkutan serta di sekeliling organ tertentu dan senyawa lipid non-polar (ekor lipid) bekerja sebagai penyekat listrik dari perambatan secara cepat gelombang depolarisasi di sepanjang serabut bermielin dan selanjutnya disebut fenomena *saltatory conduction*.



Kepala Lipid bersifat polar

Ekor Lipid bersifat non-polar

Gambar 2.2 Lipid tersusun atas bagian polar (kepala lipid) dan non polar (ekor lipid)

Penyusun membran yang berfungsi sebagai peregenerasi membran sel adalah protein. Protein memiliki sifat semipermeabel yang sangat berperan langsung terhadap sistem transportasi sel. Pada bagian membran sel memiliki dua jenis protein fungsional yang membantu proses transportasi sel yaitu protein integral yang tampak Gambar 2.1 no. 5 yang menonjol ke dalam sel dan protein perifer yang tampak Gambar 2.1 no. 6 yang hanya melekat pada permukaan membran serta tidak menembus membran.

Protein integral merupakan protein yang berfungsi sebagai *channel transport* yang memberikan lintasan struktural pada zat lain untuk melakukan difusi. Protein perifer berfungsi sebagai enzim dan terdapat di seluruh bagian membran sel serta melekat pula di salah satu protein integral (Lehninger, 1982).

Meskipun struktur dasar dari membran terbentuk dari lapisan *lipid bilayer*, kebanyakan fungsi dari membran dilakukan oleh protein. Komposisi protein membran sel memiliki kurang dari 25% dari massa protein yang terdapat di mitokondria pada sel hewan, juga memiliki kandungan oligosakarida (rangkaian senyawa gula), serta lapisan luarnya terdapat karbohidrat.

Sebagian besar protein pada membran yang tampak di permukaan membran sel diduga mengikat gugus gula sedangkan kurang dari 1/10 molekul lipid dari lapisan luar lipid mengikat karbohidrat. Setiap glikoprotein memiliki sejumlah rantai-rantai cabang oligosakarida, namun sebaliknya setiap molekul glikolipid hanya memiliki sebuah rantai cabang.

Zat pembangun membran sel lainnya adalah karbohidrat yang terbentuk dari rantai oligosakarida yang terikat dengan protein membran (glikoprotein) yang tampak pada Gambar 2.1 no 8 dan sebagian kecil terikat pada lipid (glikolipid) yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 no 7. Secara keseluruhan, perbandingan karbohidrat dalam membran berkisar antara 2% - 10% terhadap berat membran.

Membran mempunyai peranan yang sangat penting dalam setiap aktivitas sel. Umumnya membran mempunyai fungsi sebagai pemisah antara bagian luar dan dalam dari

sel sehingga komposisi larutan intrasel dan ekstrasel dapat berbeda. Lebih lanjut, perbedaan ini sekaligus dikontrol oleh membran sel. Membran juga berfungsi sebagai pemompa ion yang melawan gradien konsentrasi antara intrasel dan ekstrasel (Tester, 1990)

2.2 Potensial Membran

Fungsi dari membran sel adalah membatasi larutan yang ada di dalam dan di luar sel, memberikan sarana larutan tersebut bisa berdifusi. Larutan tersebut mengandung ion-ion Na^+ , K^+ , Cl^- dan A^- . Perbedaan jumlah ion di dalam sel dan di luar sel akan menyebabkan perpindahan ion dari daerah dengan potensial elektrokimia yang tinggi menuju ke daerah dengan potensial elektrokimia rendah. Karena adanya perpindahan dari ion-ion tersebut maka terjadi perpisahan muatan listrik yang menyebabkan terjadinya perbedaan potensial listrik (Guyton, 1996).

Perbedaan potensial pada membran ini disebabkan oleh perbedaan energi intraseluler maupun ekstraseluler. Perbedaan potensial menyebabkan sistem membran melakukan proses transportasi larutan yaitu difusi, osmosis, transpor aktif. Fenomena akibat perbedaan konsentrasi di dalam proses transport yang diukur dari perpindahan ion sehingga menimbulkan perbedaan potensial disebut dengan fenomena potensial membran. Potensial membran terjadi akibat perbedaan jumlah ion serta aliran transpor yang melewati membran (Juswono, 1996).

Transportasi secara difusi maupun osmosis terjadi apabila perbedaan konsentrasi akibat perbedaan jumlah ion dari larutan yang bersebelahan ditunjukkan oleh gambar 2.3. Kondisi difusi maupun osmosis juga akibat adanya daya dorong pada zat yang melakukan transport dalam jumlah tertentu (fluks) (Nobel, 1974). Fluks dari difusi suatu ion dinyatakan sebagai.

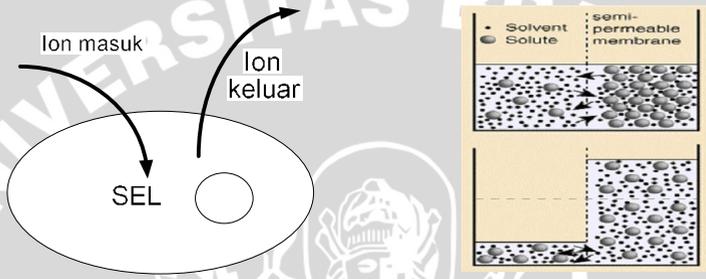
$$J_i = -u_i \cdot C_i \cdot \nabla \mu_i \dots\dots\dots 2.1$$

Dengan, u_i merupakan mobilitas ion ke i dan μ_j

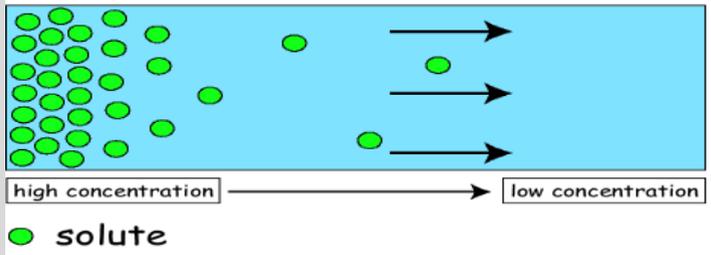
$$\mu_j = \mu_j^0 + RT \ln \alpha_j + V_j P + z_j F E + m_j g h \dots\dots\dots 2.2$$

Jika diasumsikan tidak terjadi perubahan volume pada sel akibat dari perubahan sel (kondisi isokhorik) dan energi potensial adalah nol karena nilai dari $h \cong 0$. Maka persamaan 2.2 dapat dituliskan

$$\mu_j = \mu_j^0 + RT \ln \alpha_j + z_j F E \dots\dots\dots 2.3$$



Diffusion



Gambar 2.3 Proses transportasi konsentrasi pada sel (atas); proses difusi (bawah) dan proses osmosis (kanan) yang mempengaruhi terjadi potensial pada membran

Energi yang dimiliki larutan yang pekat lebih besar dibandingkan dengan larutan yang lebih encer. Jika kita lihat bahwa energi yang terkandung dalam suatu larutan memiliki energi kimia maupun energi listrik. Secara matematis dapat dituliskan.

$$E_{\text{pekat}} > E_{\text{encer}}$$

$$\text{Energi Kimia} = R.T \ln [C] \dots\dots\dots 2.4$$

$$\text{Energi listrik} = Z . F . V \dots\dots\dots 2.5$$

Pada proses difusi, konsentrasi di luar sel lebih besar daripada di dalam sel. Ketika konsentrasi antara luar sel maupun dalam sel seimbang maka pertukaran ion mengalami keseimbangan seakan tidak ada arus difusi, dengan begitu jumlah energi di dalam maupun di dalam sel sama. Secara matematis dengan menggunakan persamaan hukum kekekalan energi maka dapat kita nyatakan dengan menjumlahkan persamaan 2.3 dan persamaan 2.4.

$$E_{\text{luar sel}} = E_{\text{dalam sel}}$$

$$E_{\text{kimia (out)}} + E_{\text{listrik(out)}} = E_{\text{kimia(in)}} + E_{\text{listrik(in)}}$$

$$R T \ln [C]_{\text{out}} + Z.F.V_{\text{out}} = R T \ln [C]_{\text{in}} + Z.F.V_{\text{in}}$$

Maka persamaan di atas akan menjadi

$$\psi = \frac{RT}{ZF} \ln \frac{[C]_{\text{out}}}{[C]_{\text{in}}} \dots\dots\dots 2.5$$

di mana

$$\psi = V_{\text{in}} - V_{\text{out}}$$

Potensial membran suatu sel merupakan superposisi dari potensial membran masing-masing ion dalam keadaan seimbang (*resting potential*) sehingga tidak ada arus yang mengalir. Akibatnya jumlah distribusi gaya (fluks) akan sama dengan nol, karena jumlah ion pada larutan yang bersebelahan akan berjumlah sama atau dengan kata lain sudah tidak terjadi pertukaran ion.

$$\sum z_i . J_i = 0 \dots\dots\dots 2.7$$

Persamaan 2.5 disebut pula dengan persamaan Nernst, persamaan di atas berlaku untuk ion-ion tunggal (Na^+ , Cl^- , dsb). Nilai dari $\ln [C]$ bergantung pula kepada nilai bilangan oksidasi, karena bilangan oksidasi mempengaruhi besar kecilnya energi yang dihasilkan dari ion tersebut.

Apabila didalam lingkungan yang terkandung dengan unsur Na, K, dan juga Cl atau pada atom-atom bervalensi tunggal, maka persamaan di atas menjadi.

$$\psi = \frac{RT}{ZF} \ln \left(\frac{P_{Na} [Na]_0 + P_K [K]_0 + P_{Cl} [Cl]_i}{P_{Na} [Na]_i + P_K [K]_i + P_{Cl} [Cl]_0} \right) \dots 2.8$$

P_{Na} , P_K , P_{Cl} merupakan faktor pembobot untuk masing-masing channel (permeabilitas ion). Apabila di dalam suatu sistem terdiri atas dua macam larutan yang dipisahkan di dalam selaput yang hanya permiable dalam satu spesies tertentu bertanda tertentu saja (misalnya anion/pembawa ion positif), maka beda potensial antara kedua sisi membran ($\Delta\psi$), diberikan persamaan oleh Nernst, yaitu (Noor, 2000):

$$\Delta\psi = \psi' - \psi'' = \frac{RT}{F} \ln \left[\frac{\sum i\alpha' j \frac{P_i}{P_j}}{\sum i\alpha'' j \frac{P_i}{P_j}} \right] \dots \dots \dots 2.9$$

2.3 *Spirogyra*

Spirogyra merupakan spesies ganggang hijau (chloropyta) yang berhabitat di air tawar, ganggang ini mudah untuk dikenali karena kloroplasnya besar dan menyerupai pita yang melingkar-lingkar seperti spiral dalam sel. *Spirogyra* merupakan genus dari [ganggang hijau](#) dari ordo [Zygnematales](#). *Spirogyra* mampu ber[fotosintesis](#) serta merupakan sel [eukariotik](#) (Anonymous, 2009).

Reproduksi aseksual dari *spirogyra* adalah dengan cara fragmentasi sedangkan reproduksi secara seksual adalah konjugasi. Reproduksi secara konjugasi berlangsung ketika *Spirogyra* yang berlainan jenis berdekatan, sehingga sel-sel pada *Spirogyra* membentuk tonjolan-tonjolan yang saling mendekati hingga bersatu membentuk pembuluh. Protoplasma yang satu (jenis +) pindah ke sel lain (jenis -) dengan demikian terjadilah persatuan plasma (plasmogami) yang diikuti oleh persatuan inti.

[Pigmen](#) utama yang dikandung alga hijau adalah [klorofil](#). Tubuhnya berbentuk [filamen](#) yang tidak bercabang.

Panjang tubuhnya mencapai 1 kaki (30,48 cm). Filamen tersusun oleh protoplasma yang transparan dan setiap sel memiliki 1 atau lebih kloroplas yang memanjang dari ujung ke ujung berbentuk spiral. Pada kloroplas yang berbentuk pita terdapat pirenoid. Pirenoid tersebut dikelilingi oleh butiran tepung (Egmond, 2009).



Gambar 2.4 Spirogyra (kiri) dan sel tunggal spirogyra

Sel *Spirogyra* memiliki inti yang terletak di tengah, sitoplasmanya terbungkus oleh dinding sel, serta memiliki vakuola yang besar. Lapisan gelatin yang tipis melindungi seluruh sel sehingga memberikan karakter tertentu pada spirogyra. Pada siang hari, fotosintesis berlangsung cepat dan oksigen yang dihasilkan disimpan diantara filamen. Pada saat itu, *Spirogyra* akan naik ke permukaan air. Pada malam hari, oksigen dilarutkan kembali ke dalam air.

2.4 Pakan Ikan

Ikan budidaya di dalam dietnya (susunan makanannya) membutuhkan protein, lemak, energi, vitamin serta mineral untuk pertumbuhan, reproduksi, dan fungsi fisiologis normal lainnya. Kebutuhan-kebutuhan diet bervariasi di antara jenis dan di dalam jenis ikan, khususnya dalam hal tahapan siklus hidup, jenis kelamin dan keadaan reproduksinya (Jiang, 2004).

Pakan merupakan suplemen yang kaya akan protein, pakan ini memang dibutuhkan ikan untuk pertumbuhan dan gizi yang dikandung oleh ikan. Adapula pakan tambahan, yaitu makanan yang ditambahkan ke dalam pakan pokok, pakan tambahan memiliki gizi yang kurang lengkap

dibanding pakan pokok. Pakan bergizi lengkap biasanya berupa pakan palet yang susunan bahannya majemuk, yang dibuat baik dengan menggunakan uap maupun proses pemeletan secara ekstruksi.

Protein yang terkandung dalam pakan memiliki kadar 70% bobot kering bahan organik di dalam jaringan tubuh ikan, oleh karena itu kandungan protein merupakan salah satu senyawa bergizi yang paling penting pada pakan ikan. Kandungan protein dasar kasar merupakan ukuran umum bagi kualitas pakan ikan, dan biasanya menjadi rujukan ketika menentukan pakan ikan khusus seperti ikan lele dengan kadar protein 32%.



Gambar 2.5 Pakan ikan

Ikan tidak membutuhkan protein dalam arti sebenarnya, tetapi memerlukan kombinasi seimbang 20 jenis asam amino esensial dan non-esensial utama penyusun protein. Ikan memanfaatkan protein pakan diet dengan mencernanya menjadi asam amino bebas, yang diserap ke dalam darah dan diedarkan dan didistribusikan ke jaringan seluruh tubuh, yang kemudian disusun kembali menjadi protein jaringan ikan yang spesifik dan baru (Jiang, 2004).

Ikan dalam tubuhnya dapat mensintesis beberapa jenis di antara 20 jenis asam amino, tetapi asam amino yang lain tidak dapat disintesis dan harus dikonsumsi. Asam amino yang dapat disintesis merupakan asam amino esensial. Secara kuantitatif asam amino yang dibutuhkan untuk jenis-jenis ikan berbeda.

Protein terdapat pada semua jenis hewan dan tumbuhan dalam jumlah dan komposisi asam amino yang bervariasi. Namun, setiap jenis protein bervariasi pula dalam kandungan asam amino yang tersedia bagi ikan. Oleh karenanya, komposisi asam amino dan ketersediaannya di dalam bahan penyusun pakan dimungkinkan tidak mengalami kesetimbangan.

Kebutuhan energi, dan yang lebih penting lagi kebutuhan rasio energi dengan protein untuk ikan belum tepat. Energi metabolik pada ikan dapat diperoleh dari protein, lemak dan karbohidrat. Jumlah energi tercerna yang dibutuhkan ikan dipengaruhi oleh jenis ikan, tahap kehidupan, jenis kelamin, dan aktifitas dari suhu serta faktor yang lingkungan yang lain.

Dalam makanan ikan perlu didukung vitamin, vitamin merupakan senyawa organik yang dibutuhkan dalam jumlah kecil dan esensial bagi pertumbuhan normal, reproduksi dan kesehatan ikan. Ikan tidak dapat mensintesis vitamin dan harus diperoleh dari dietnya. Kebutuhan minimum bagi sebagian besar dari 15 jenis vitamin esensial untuk ikan lele, ikan mas, dan nila telah ditetapkan meskipun secara umum diperuntukkan bagi bibit ikan (Jiang, 2004).

Suplemen mineral juga diperlukan dalam pakan bergizi yang diberikan kepada ikan yang dibudidayakan di keramba. Namun, kebutuhan spesifik mineral dari sebagian ikan masih ditentukan. Ikan masih membutuhkan 22 jenis mineral yang berbeda untuk pembentukan jaringan, proses metabolik dan menjaga keseimbangan osmotik antara cairan dalam lingkungan airnya. Beberapa jenis mineral yang terlarut, seperti kalsium, dapat dipertukarkan antara cairan tubuh dan air sekitarnya melalui membran insang.

Tabel 2.1 Mineral yang dibutuhkan oleh ikan (National Reserch Council , 1992)

Mineral utama (7)	Mineral jarang (15)	
Kalsium (Ca)	Besi (Fe)	Fluor (F)
Fosfor (P)	Yodium (I)	Alumunium (Al)
Magnesium (Mg)	Mangan (Mn)	Nikel (Ni)
Kalium (K)	Tembaga (Cu)	Vanadium (V)
Khlor (Cl)	Kobalt (Co)	Silikon (Si)
Belerang (S)	Seng (Zn)	Timah Putih (Sn)
	Selenium (Se)	Khrom (Cr)
	Molibden (Mo)	

Tabel 2.2 Kadar massa mineral yang diperlukan oleh ikan tawar per 1 ton pakan

Jenis Mineral	Jumlah/ton pakan
Tembaga Sulfat (CuSO_4)	20 gram
Besi Sulfat (FeSO_4)	200 gram
Magnesium Karbonat (MgCO_3)	50 gram
Mangan Karbonat (MnCO_3)	50 gram
Kalium Iodida (KI)	10 gram
Seng Sulfat (ZnSO_4)	60 gram
Garam Dapur (NaCl)	5 gram
Kobalt Karbonat (CoCO_3)	1 gram
Natrium Selenit (Na_2SeO_3)	2 gram
Etoksikuin (antioksidan)	125 gram

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan pada tanggal 1 September – 23 Februari 2008 di Laboraturium Biofisika, Jurusan Fisika Universitas Brawijaya Malang dengan pengambilan sampel di Danau Ranu, Grati, Kabupaten Pasuruan.

3.2 Alat dan Bahan

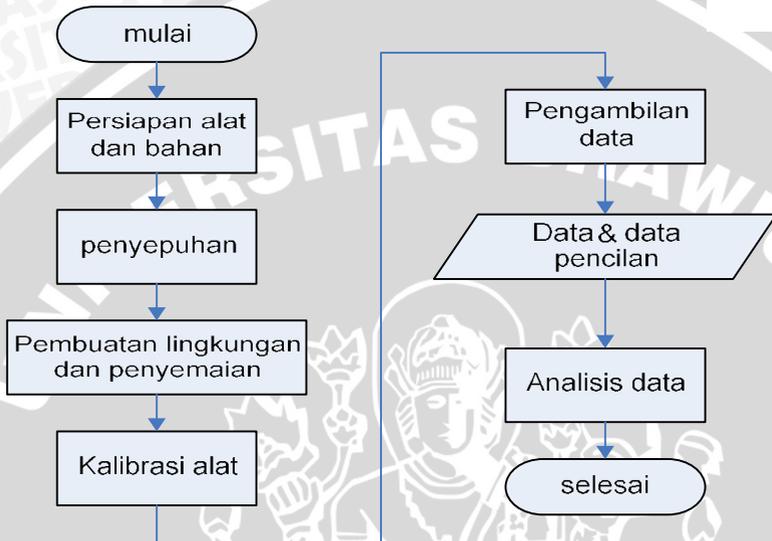
Pada penelitian ini bahan yang digunakan antara lain ganggang *Spirogyra* sebagai objek percobaan, larutan KCl sebagai jembatan garam dalam proses difusi pada membran sel yang akan diukur, pakan ikan, larutan HCl dengan konsentrasi rendah, larutan BSM (Basal Salt Medium) yang terdiri dari 0,1 mM CaCl_2 , 0,1 mM KCl, 0,1 mM NaCl.

Peralatan yang digunakan antara lain adalah mikroskop, kotak preparat yang dimodifikasi, beberapa buah suntikan sebagai injektor cairan yang digunakan sebagai lingkungan disekitar objek, neraca, tabung reaksi, labu ukur, pipet, beberapa kabel, kawat perak yang disepuh dan tabung kaca terbuat dari *borocilicate* yang berfungsi sebagai mikroelektroda, serta *banana plug* yang berfungsi sebagai tempat mikroelektroda. *Plotter* berfungsi untuk pencatat data serta dilengkapi dengan kertas grafik untuk mempermudah analisa data, rangkaian Op-Amp jenis non-inverter berfungsi sebagai penguat sinyal potensial (umumnya rendah) yang ditimbulkan oleh interaksi dari membran dan lingkungannya, multimeter berfungsi sebagai pengukur fluktuasi tegangan yang tercatat oleh *plotter*.

Untuk proses penyepuhan peralatan dan bahan yang digunakan antara lain baterai atau catu daya (*power supply*) yang dirangkai dengan beberapa resistor, larutan asam

klorida (HCl) dengan konsentrasi rendah, kawat perak (Ag), gelas ukur, serta beberapa buah kabel.

Proses penelitian ini ditampilkan pada Gambar



Gambar 3.1 *Mind mapping* penelitian

3.3 Prosedur Penelitian

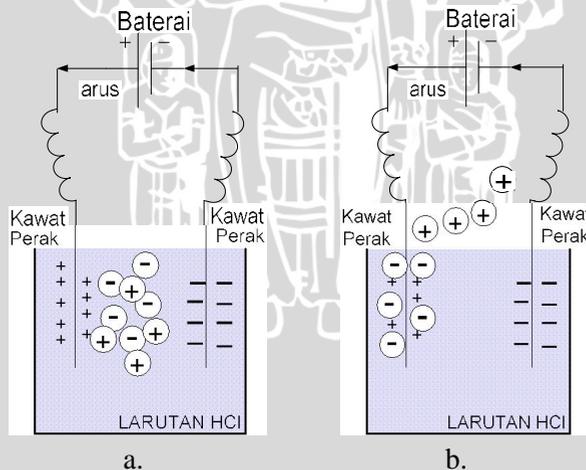
3.3.1 Persiapan alat

Mula-mula kawat perak (Ag) disepuh dengan menggunakan HCl. Pada saat pengukuran hasil sepuhan AgCl akan memberikan kontak yang lebih baik dengan KCl dibanding dalam bentuk Ag, serta akan menurunkan hambatan kontak antara larutan dengan logam (Juswono¹, 2000).

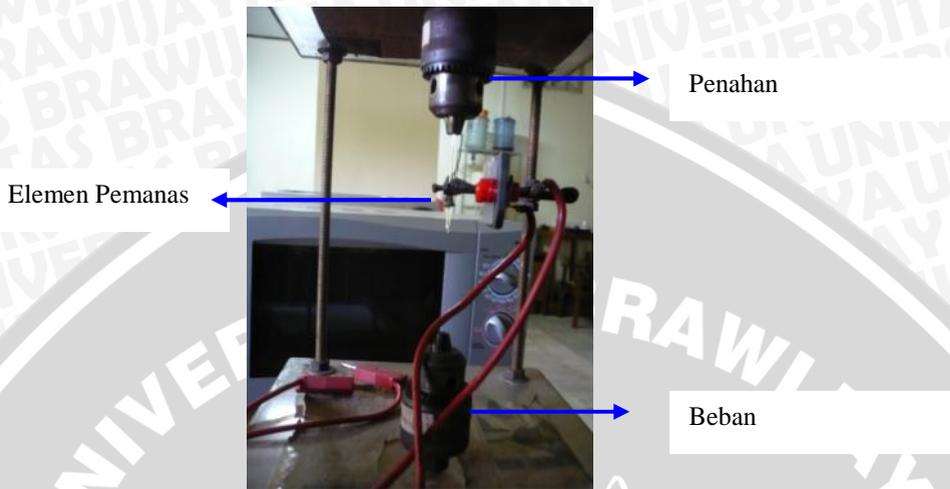
Resiko kecelakaan di laboratorium dapat dikurangi dengan menggunakan larutan HCl dengan konsentrasi rendah, serta untuk mendapatkan hasil sepuhan yang sempurna, maka digunakan arus yang rendah. Hal ini dikarenakan pada arus penyepuhan yang kecil, AgCl dapat menempel lebih kuat pada kawat perak.

Mikroelektrode merupakan elektrode dengan ukuran mikro yang berfungsi untuk membantu dalam pengukuran potensial membran. Mikroelektrode terbuat dari tabung gelas kecil dari bahan *borosilicate* (*Clark Electromedical Instrument Company Pangbourne*), dengan diameter luar 1,5 mm dan terdapat fiber (code GC 150 F-10). Pada proses pembuatan mikroelektrode, mula-mula tabung gelas dimasukkan pada kumparan pemanas dan dijepit dengan dua buah mata bor yang dipasang secara vertikal. Posisi kumparan diatur sehingga tabung gelas tepat berada di tengah kumparan elemen pemanas. Dengan mengalirkan arus listrik pada kumparan dan dengan tarikan dari pemberat maka gelas akan meleleh dan terpisah menjadi dua buah mikroelektrode (Juswono², 2000).

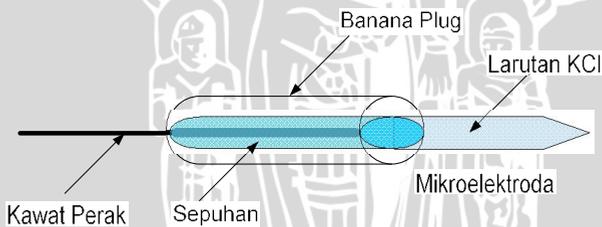
Kemudian, mikroelektrode diisi dengan larutan KCl dengan menggunakan injektor dan diusahakan kedap udara untuk menimalisir error, serta ditempatkan di *banana plug* yang telah diisi dengan larutan garam KCl (Gambar 3.3). Pada pengisian mikroelektrode dengan menggunakan KCl diusahakan tidak ada gelembung udara, karena akan memberikan efek *bubble* yang menyebabkan mikroelektrode seperti kabel putus .



Gambar 3.1 a. prsoes sebelum terjadi penyepuhan
b. setelah terjadi penyepuhan



Gambar 3.2 Pembuat mikroelektrode



Gambar 3.3 Banana plug dan mikro elektrode

Mikroelektroda yang baik mempunyai kondisi ujung yang runcing dan panjang dari mikroelektrode diusahakan separuh dari tabung kaca. ujung yang pajar dan lebar yang sangat kecil akan memperbesar tahanan elektrode. Agar dapat digunakan sebagai probe pengukur, mikroelektrode dihubungkan dengan penguat dengan menggunakan kawat perak murni yang dilapisi dengan

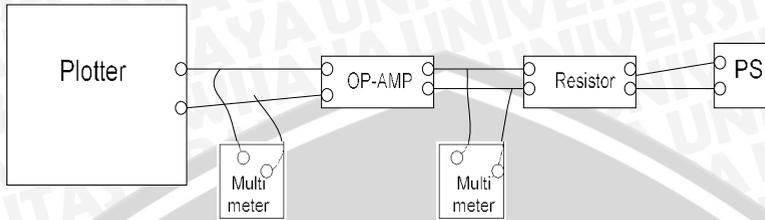
senyawa AgCl. Pelapisan Ag dengan AgCl akan menjadi probe Ag/AgCl. Pelapisan ini dimaksudkan untuk memperkecil potensial batas hubung antara logam dengan larutan pengisi elektrode (KCl), karena *junction potential* ini selalu terjadi pada batas dua permukaan zat yang berbeda.

Pada pengukuran potensial membran, multimeter (baik digital maupun analog), Op-amp, dan plotter dikalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan apakah alat ukur dapat bekerja dengan baik dan memastikan titik nol/awal pengukuran sebelum dilakukan pengukuran. Pada proses pengambilan data, hal yang terpenting adalah penginterpretasian dan implementasi data dari sebuah penelitian.



Gambar 3.4 *plotter*

Kalibrasi *Plotter dan Op-Amp* dilakukan dengan memberikan tegangan masukan sebesar perkiraan tegangan yang diukur dalam penelitian yaitu sekitar 1 – 900 milivolt. Pemberian tegangan masukan dilakukan dengan catu daya dan beberapa rangkaian resistor. Pada pengujian ini nilai tegangan masukan diubah-ubah untuk melihat respon dari *plotter*. Pengujian Op-Amp dilakukan dengan menempatkan dua multimeter pada sinyal masukan dan sinyal keluaran Op-Amp.



Gambar 3.5 Rangkaian Penguji Plotter dan Op -Amp

3.3.2 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan sebagai objek penelitian adalah Spyrogira. Spyrogira yang digunakan dalam penelitian merupakan spyrogira yang diambil di bagian tepi danau, karena memiliki aktifitas interaksi yang sangat jauh dengan keramba dan dimungkinkan indikasi pencemaran residu pakan ikan lebih peka dibanding spyrogira yang diambil di tengah danau. Kemudian, Spyrogira yang didapat disemaikan di larutan BSM (Basal Salt Medium) yang terdiri dari 0,1 mM CaCl_2 , 0,1 mM KCl, 0,1 mM NaCl dengan pH = 6 dengan sedikit perubahan konsentrasi (Juswono³,2000)

Pembuatan lingkungan pada pakan dibuat bervariasi dengan mengubah konsentrasi pakan ikan yang dilarutkan dengan larutan BSM. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui aktifitas dari ganggang dengan berbagai variasi konsentrasi pakan ikan,. Pakan ikan sebelumnya

dianalisa dengan terlebih dahulu menggunakan analisator untuk mengetahui unsur-unsur penyusunnya. Konsentrasi pakan ikan dibuat tiga variasi yaitu 0,5 gram/10 ml BSM, 1 gram/10ml BSM, 1,5 gram/10 ml BSM.

Pembuatan kosentrasi pakan ikan mengikuti persamaan matematis

$$\text{Konsentrasi} = \frac{m - \text{Pakan ikan}}{\text{volume pelarut (BSM)}}$$

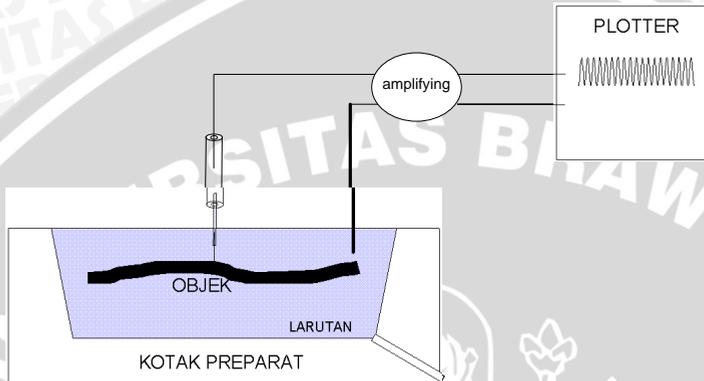
3.4 Pengukuran Potensial Membran Ganggang

Pada pengukuran potensial membran ganggang, pemilihan sampel penelitian (*spyrogira*) dipilih dengan melihat kondisi ganggang yang masih hijau, tidak lunak, serta memiliki kondisi membran yang tebal. Kemudian, *spyrogira* dimasukkan ke dalam kotak preparat yang diisi dengan larutan BSM sebagai kondisi normal.

Selanjutnya, *spyrogira* dimasukkan ke dalam kotak preparat yang sudah berisi larutan BSM. Membran sel *spyrogira* diamati dengan menggunakan mikroskop. Apabila membran sel telah ditemukan, maka mikroelektrode ditusukkan ke sel dengan metode implantasi. Mikroeletr ode sebelumnya telah terisi dengan larutan KCl yang berfungsi sebagai konduktor listrik. Kemudian, sampel dapat diukur potensial membrannya menurut skema pada Gambar 3.6 selama dua menit. Tahap selanjutnya, larutan BSM diganti dengan larutan pakan ikan yang sudah dipersiapkan dengan tiga variasi konsentrasi. Proses penggantian larutan ini dilakukan dengan cara larutan BSM disedot keluar dengan menggunakan injektor dan seketika itu larutan pakan dimasukkan untuk mengurangi kontak udara. Saat penggantian lingkungan selesai, sampel dikondisikan dalam waktu satu menit dan secara otomatis plotter akan langsung mencatat aktifitas kelistrikan, akibat perubahan lingkungan yang terjadi di sekitar sampel (*spyrogira*). Untuk pengambilan data selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama untuk variasi konsentrasi pakan berikutnya.

Intensitas cahaya, suhu, kosentrasi lingkungan akan mempengaruhi besarnya potensial membran ketika dilakukan

pengukuran. Faktor yang mempengaruhi tersebut dapat dikurangi dengan mengkodisikan keadaan ganggang pada kondisi insitu (kondisi yang sama di lapangan pada skala laboratorium).



Gambar 3.6 rangkaian alat

3.5 Variabel Penelitian

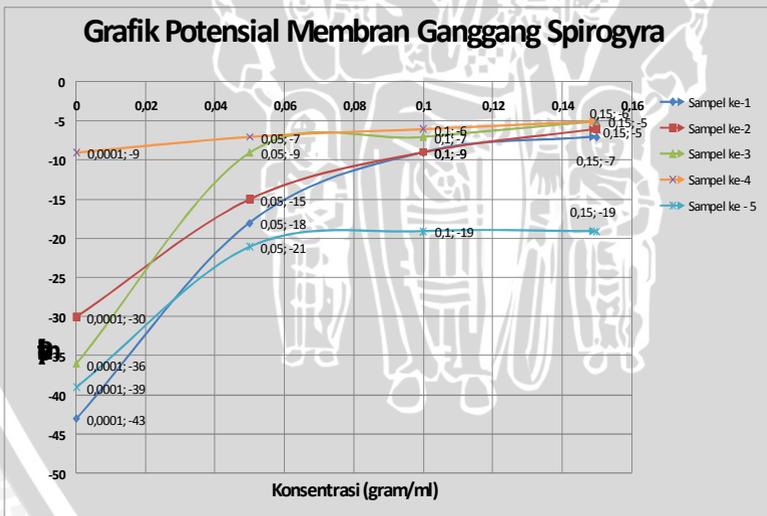
Data yang diambil merupakan data kuantitatif yang didapatkan dari hasil pengukuran tersebut. Pada saat pengukuran, dilakukan penentuan variabel bebas dan variabel terikatnya. Variabel terikat adalah beda potensial yang dihasilkan dari perubahan konsentrasi pakan dan ditampilkan pada grafik di plotter, sedangkan variabel bebasnya adalah konsentrasi yang telah ditentukan sebanyak 3 kali. Pada plotter, grafik aktifitas kelistrikan membran sel merupakan fungsi waktu, di mana perubahan potensial akan tercatat tiap satuan waktu dan tiap kali dilakukan penambahan konsentrasi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Penambahan Konsentrasi Pakan Ikan Terhadap Potensial Membran Spirogyra

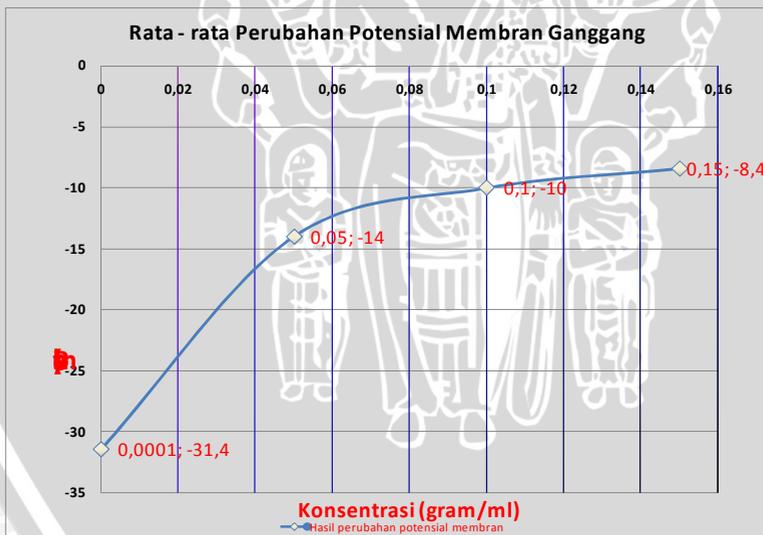
Pada penelitian ini digunakan enam sampel spirogyra yang berbeda. Spirogyra yang dipilih memiliki kondisi yang masih hijau, tidak lunak, dan kondisi membran yang sehat karena pada kondisi tersebut, spirogyra dapat diasumsikan memiliki respon yang lebih baik ketika kondisi lingkungan berubah (penambahan konsentrasi pakan ikan).

Dari hasil yang terekam plotter, didapatkan grafik aktivitas perubahan potensial membran ketika dilakukan penambahan konsentrasi pakan ikan. Korelasi antara nilai penambahan konsentrasi penambahan konsentrasi dan nilai perubahan potensial membran dapat pula dinyatakan dalam bentuk Grafik. Grafik hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Potensial Membran Ganggang

Dari Gambar 4.1, didapatkan grafik nilai potensial membran ketika dilakukan penambahan konsentrasi pakan ikan. Gambar 4.1 menunjukkan karakteristik membran ganggang spirogyra, ketika dilakukan penambahan konsentrasi pakan ikan akan mengecilkan nilai potensial membran spirogyra. Nilai potensial yang semakin kecil tersebut dikarenakan adanya perbedaan konsentrasi ekstraseluler dengan intraseluler yang menyebabkan terjadi difusi antar ion-ion penyusun pakan ikan dengan spirogyra, dimana keduanya memiliki dominasi penentuan besarnya potensial membran (Juswono, 2000). Selain itu, perubahan konsentrasi lingkungan dapat mengubah sifat fisis dan kimia dari membran sel. Perubahan sifat fisis dan kimia sel ditunjukkan dengan adanya kontraksi sel, terbuka pompa $\text{Na}^+ \text{K}^+$, menurunnya nilai potensial ketika terjadinya depolarisasi (Dzen, 2003). Karakteristik yang sama pada perilaku ganggang spirogyra dapat diambil rerata perubahan potensial membran ganggang spirogyra yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Rerata Potensial Membran Ganggang

Secara berturut-turut, nilai rerata penurunan potensial membran tersebut adalah -31,4 milivolt, -14 milivolt, -10 milivolt, -8,4 milivolt. Hubungan antara perubahan

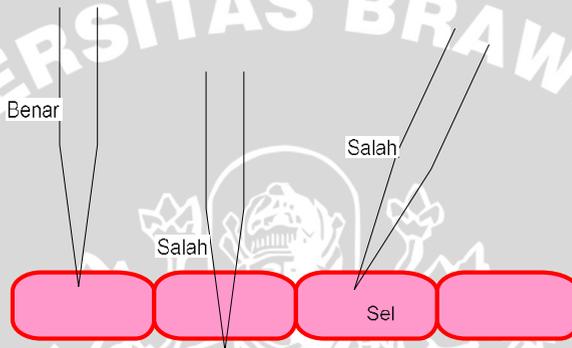
potensial membran dan perubahan konsentrasi pakan ikan, merupakan fungsi logaritmik. Regresi logaritmik yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 99,1% dengan error pengukuran 0,9%.

Pada konsentrasi pakan ikan 0%, besarnya rerata potensial membran adalah $-31,4 \pm 5,99$ mV. Adanya penambahan konsentrasi pakan ikan menyebabkan mengecilnya nilai potensial yang timbul secara spontan yaitu ketika dilakukan penambahan konsentrasi 0,05 gram/ml besarnya rerata potensial membrannya adalah $-14 \pm 2,64$ mV, tetapi setelah ditambahkan konsentrasi 0,1 gram/ml penurunan nilai potensial membran spirogyra menunjukkan respon yang stabil dengan ditunjukkan selisih nilai penurunan potensial membran spirogyra yang semakin kecil. Penurunan potensial yang timbul secara spontan ini terjadi karena konsentrasi variasi yang diberikan terlalu besar dibanding dengan perubahan yang terjadi di lapangan (danau). Perubahan konsentrasi yang terjadi di danau sangat kecil dan hampir tidak dapat teramati karena perbandingan volume konsentrasi pelarut (air) jauh lebih besar dengan volume pakan ikan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Juswono³ (2000), mengenai pengaruh perubahan konsentrasi detergen terhadap perubahan potensial membran akar jagung didapatkan hasil bahwa besarnya konsentrasi detergen sangat berpengaruh. Pengaruh dari penambahan konsentrasi detergen dapat dilihat pada saat terjadinya potensial aksi membran dimana potensial tersebut terjadi karena terbukanya sistem channel pada membran sel akar jagung. Komposisi dari pakan ikan merupakan campuran dari berbagai macam zat seperti mineral, vitamin, protein, dan lain-lain. Pengaruh ion-ion penyusun memiliki pengaruh yang dominan dalam menentukan besarnya potensial membran sehingga cenderung menggunakan persamaan Goldman (persamaan 2.8), karena persamaan Nerts mengabaikan besarnya permeabilitas membran dari sel.

Ketika dilakukan pengamatan perubahan potensial membran pada spirogyra, ditemukan sel yang mati dengan ditunjukkannya gejala aktivitas kelistrikan sel yang

menurun. Penurunan nilai aktifitas perubahan membran spirogyra ditunjukkan juga dengan adanya penurunan tren grafik *plotter* dan peningkatan nilai potensial, walaupun tidak menambahkan konsentrasi pakan ikan. Fenomena sel mati ini disebabkan oleh dua kemungkinan, yaitu akibat kebocoran dari membran dan proses pe nyeimbangan jumlah ion antara intrasel dan ekstrasel terjadi secara spontan.



Gambar 4.5 Posisi salah yang dapat menyebabkan kematian sel

4.3 Pembahasan

Penurunan nilai potensial membran spirogyra terhadap penambahan kosentrasi pakan ikan ini diakibatk an adanya difusi ion penyusun pakan ikan yang masuk menuju sel Spirogyra. Karakteristik dari membran spir ogyra merupakan selaput semipermiabel, maka tidak semua senyawa masuk ke dalam sel. Agar ion-ion dapat masuk ke dalam sel spirogyra, maka membran dilengkapi dengan ion *channel* yang permiabel. Ion-ion yang dapat melewati channel membran adalah Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , serta molekul air (Murray, 1996).

Mekanisme difusi ion pakan ikan menuju sel spirogyra yang didominasi ion Na^+ , K^+ melalui channel $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATP-ase}$ dengan energi yang diperoleh dari ATP dilakukan dengan cara *voltage gated channels*. *Voltage gated channels* merupakan proses difusi melalui protein ion channel yang dipengaruhi perbedaan muatan ion antara ekstrasel dan intrasel (Guyton, 1997). Nilai potensial membran sel yang

semakin kecil (lebih positif) pada spirogyra, terjadi ketika ion Na^+ masuk menuju sel (influks) bersamaan dengan keluarnya ion K^+ (efluks). Nilai potensial membran sel spirogyra semakin kecil, sebab tingkat keelektronegatifan ion K^+ yang lebih besar daripada ion Na^+ sehingga apabila ion Na^+ masuk menuju intrasel akan mengurangi tingkat keelektronegatifan konsentrasi sitoplasma sel spirogyra sehingga nilai potensial membran tersebut menjadi lebih positif (Juswono³, 2000).

Seperti halnya efek ion Na^+ , ion Ca^{2+} memiliki pengaruh dalam menentukan nilai potensial membran akibat difusi di dalam pakan ikan menuju sel spirogyra. Adanya kandungan Ca^{2+} di dalam larutan pakan ikan diduga akan meningkatkan resistansi membran terhadap ion K^+ maupun ion Na^+ . Peningkatan konsentrasi ion Ca^{2+} akan mengubah permeabilitas beberapa ion terutama ion-ion alkali (golongan IA). Keberadaan ion Ca^{2+} di ekstrasel maupun intrasel akan mempengaruhi penggerbang beberapa *ion channel*.

Secara sederhana dapat dikatakan bahwa ion Ca^{2+} dapat menjadi *channel blocker* bagi ion K^+ , Na^+ dan ion-ion alkali. Sifat *channel blocker* adalah menghalangi ion untuk keluar ataupun masuk sel spirogyra. Pada kondisi hiper calcemia, ion Ca^{2+} akan menghambat proses difusi serta menutup ion channel di sel spirogyra. Penghambatan proses difusi ini disebabkan ion Ca^{2+} memiliki jari-jari yang lebih besar dibanding dengan ion K^+ maupun ion Na^+ (ion-ion alkali) dan tingkat keelektronegatifan dari ion Ca^{2+} yang lebih besar dibanding dengan ion K^+ dan ion Na^+ (Hille, 1992).

Pengaruh difusi di membran sel spirogyra, juga mempengaruhi perubahan nilai aktifitas kelistrikan. Perubahan nilai aktifitas kelistrikan ini ditunjukkan dengan meningkatnya grafik aktifitas yang terekam plotter setiap dilakukan penambahan konsentrasi pakan ikan dengan diikuti penurunan nilai potensial membran ganggang spirogyra (lampiran 1 sampai lampiran 5). Nilai aktifitas kelistrikan disebut pula dengan perubahan laju difusi, karena nilai laju difusi dipengaruhi perubahan nilai konsentrasi. Pada difusi ion pakan ikan menuju sel spirogyra, akan terjadi keseimbangan dinamis akibat jumlah ion yang masuk ke dalam sel sama dengan jumlah ion yang keluar sel

spirogyra. Keseimbangan jumlah ion antara ekstraseluler dan intraseluler ini akan mengakibatkan laju difusi semakin lambat sehingga difusi berhenti.

Mekanisme peningkatan maupun penurunan nilai aktivitas listrik ganggang pada saat dilakukan penambahan atau pengurangan nilai konsentrasi pakan ikan terjadi karena ion-ion penyusun pakan ikan yang didominasi ion Na^+ , K^+ , serta ion-ion yang lain melakukan difusi menuju intrasel dan ion-ion penyusun sitoplasma yang keluar sel (efluks). Ion K^+ memiliki fungsi yang sangat penting dalam mempertahankan aktivitas kelistrikan dari sel ganggang serta memacu transpor aktif zat-zat yang lain. Meskipun ion K^+ dan ion Na^+ dapat melewati membran ganggang spirogyra, tetapi ion K^+ sangat dibutuhkan oleh sel spirogyra sehingga diperlukan pemasukan ion K^+ ke intraseluler (influks) dan pengeluaran ion Na^+ melewati *channel $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATP-ase}$* . Konsentrasi ion K^+ di luar sel nilainya sangat rendah, dan di dalam sel spirogyra memiliki konsentrasi yang tinggi. Pergerakan ion-ion Na^+ dan molekul air yang menuju sel spirogyra yang mengakibatkan meningkatnya nilai aktifitas kelistrikan sel ganggang spirogyra, atau dengan kata lain semakin banyak ion yang berdifusi menuju sel spirogyra maka semakin meningkat pula nilai aktifitas kelistrikan dari sel spirogyra (Polya, 2009).



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian terhadap data hasil pengukuran potensial membran akibat perubahan konsentrasi pakan ikan dapat ditarik kesimpulan bahwa besarnya potensial membran pada ganggang *spyrogira* sangat berpengaruh dengan berubahnya konsentrasi pakan ikan.

Pada rata-rata perubahan potensial membran, tren grafik menunjukkan hasil sesuai dengan teori yaitu ketika dilakukan perubahan konsentrasi maka potensial yang ditunjukkan akan semakin mendekati nol milivolt. Perubahan dengan tiga variasi konsentrasi pakan ikan yaitu : 0,05 gram/ml, 0,1 gram/ml, 0,15 gram/ml sudah memberikan informasi yang cukup untuk mengetahui respon fisiologis dari *spyrogira*. Secara berturut-turut nilai perubahan potensial membran ketika dilakukan perubahan konsentrasi adalah -31,4 milivolt, -14 milivolt, -10 milivolt, dan -8,4 milivolt.

Pengaruh difusi di membran sel *spyrogira*, juga mempengaruhi perubahan nilai aktifitas kelistrikan. Perubahan nilai aktifitas kelistrikan ini ditunjukkan dengan meningkatnya grafik aktifitas yang terekam plotter setiap dilakukan penambahan konsentrasi pakan ikan bersamaan dengan penurunan nilai potensial potensial membran ganggang *spyrogira*.

5.2 Saran

Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk jenis tumbuhan yang lain dengan perlakuan dan dengan jenis polutan yang berbeda sehingga dapat diketahui sensitivitiats suatu jenis tumbuhan pada suatu jenis polutan.

Pada alat ukur seperti plotter, multimeter, dan op-amp dapat dikemas menjadi lebih ringkas dalam bentuk *software* agar didapatkan pula data yang lebih banyak tanpa harus melakukan *scanning* pada grafik yang tercatat oleh plotter.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2009. *Spirogyra*. www.wikipedia.com. Diakses pada tanggal 12 Mei 2009.
- Cotteril, Rodney M.J. 2002. *Biophysics An Introduction*. Jhon Willey and Sons, England.
- Dzen, Sjoekoer M. 2003. *Bakteriologi Medik*. Malang : Bayumedia Publishing.
- Egmond. 2009. *Green Algae*. www.microscopy-uk.org.uk. Diakses pada tanggal 12 Mei 2009.
- Guyton. 1997. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Hille, Bertil. 1992. *Ionic Channels of Excitable Membranes*. Massachusetts : Sinauer Associates Inc.
- Jian, Zhang et all. 2004. *Beberapa Prinsip dan Praktek Budi daya Ikan pada Kepadatan Tinggi dalam Keramba Volume Rendah* (terjemahan). American Soybean Association.
- Juswono, U.P. 1996. *Ion Fluxes from Protoplast and Split Segments of Oats Coleoptiles Relating to The Mode of Action of Growth Substance*. M.Sc. Thesis. University of Tasmania, Hobart, Australia.
- Juswono¹, U.P dkk. 2000. *Pembuatan Mikrolektrode dan Elektrometer Impedansi Tinggi Sebagai Piranti Penelaah Aktifitas Sel*. Jurnal Natural, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Volume 12 No. 2, Hal 176.
- Juswono², U.P dkk. 2000. *Mikroelektrod dan Elektrometer Impedansi Tinggi Sebagai Piranti Pengukur Potensial Membran*. Jurnal Natural, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Volume 3 No.2, Hal 24.
- Juswono³, U.P dkk. 2000. *Pengukuran Perubahan Potensial Membran Sel Akar Jagung sebagai Indikator Tingkat Pencemaran Air*. Jurnal Natural, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Volume 12 No.1, Hal 35.
- Lehninger, Albert L. 1982. *Priciples Of Bio Chemistry*. Wort Publisher.

- Murray, Robert K., et al. 1996. *Biokimia Harper*. Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- National Research Council. 1992. *Nutrient of Warmwater Fish*. National Academy of Science, Washington, DC, USA.
- Nobel, P.S. 1974. *Introduction to Biophysical Plant Physical*. USA : W.H Freeman and Company.
- Noor, J.A.E dkk. 2000. *Studi Karakteristik Membran Polyvinylidene (PVDV) dan Nylon*. Malang : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.
- Polya, Gideon. 2009. *Biochemical Targets of Plant Bioactive Compounds*. www.google.com. diakses pada tanggal 12 Mei 2009.
- Tester, M and Mac Robbie. 1990. *Cytoplasmic Ca^{2+} in The Plasmalemma of The Green Algae Chara Corallina*. Journal of Membrane Biology.



LAMPIRAN I

Hasil Pengamatan pada Sampel Ganggang Pertama



LAMPIRAN II

Hasil Pengamatan pada Sampel Ganggang Kedua



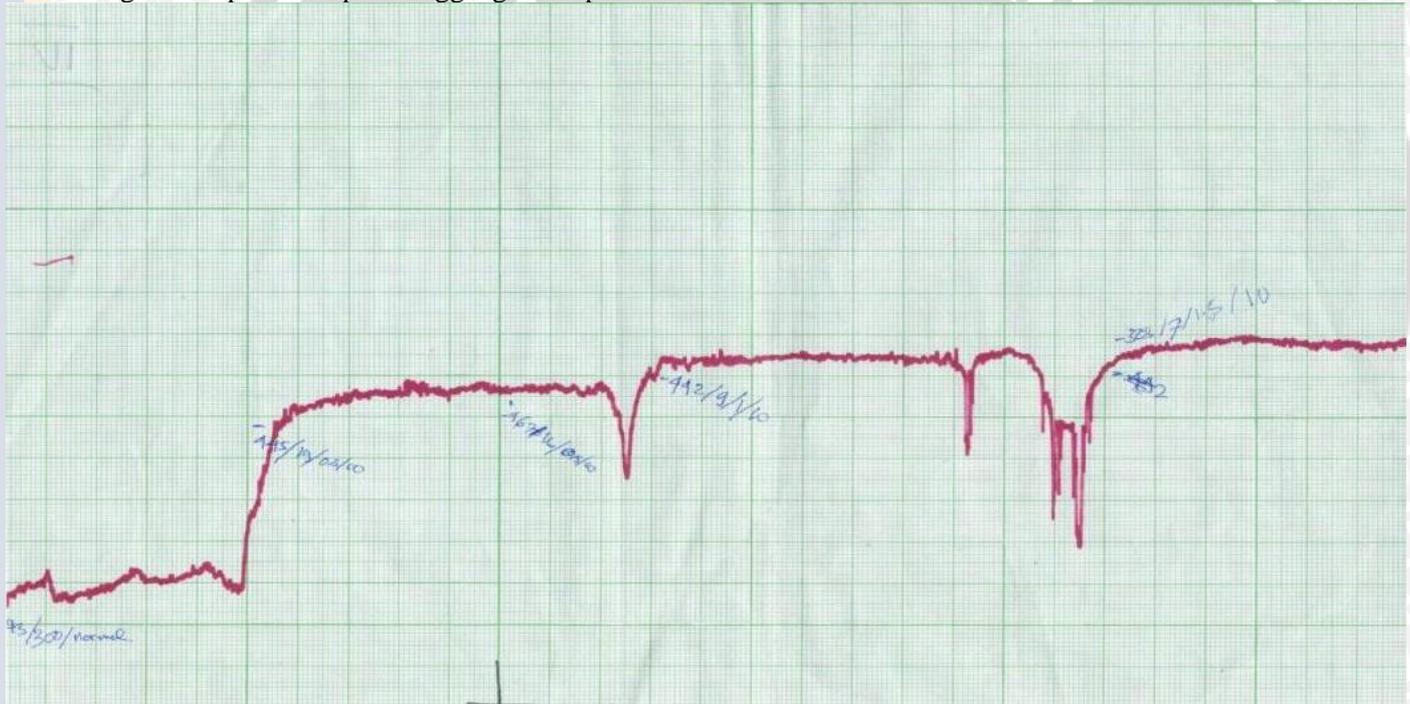
LAMPIRAN III

Hasil Pengamatan pada Sampel Ganggang Ketiga



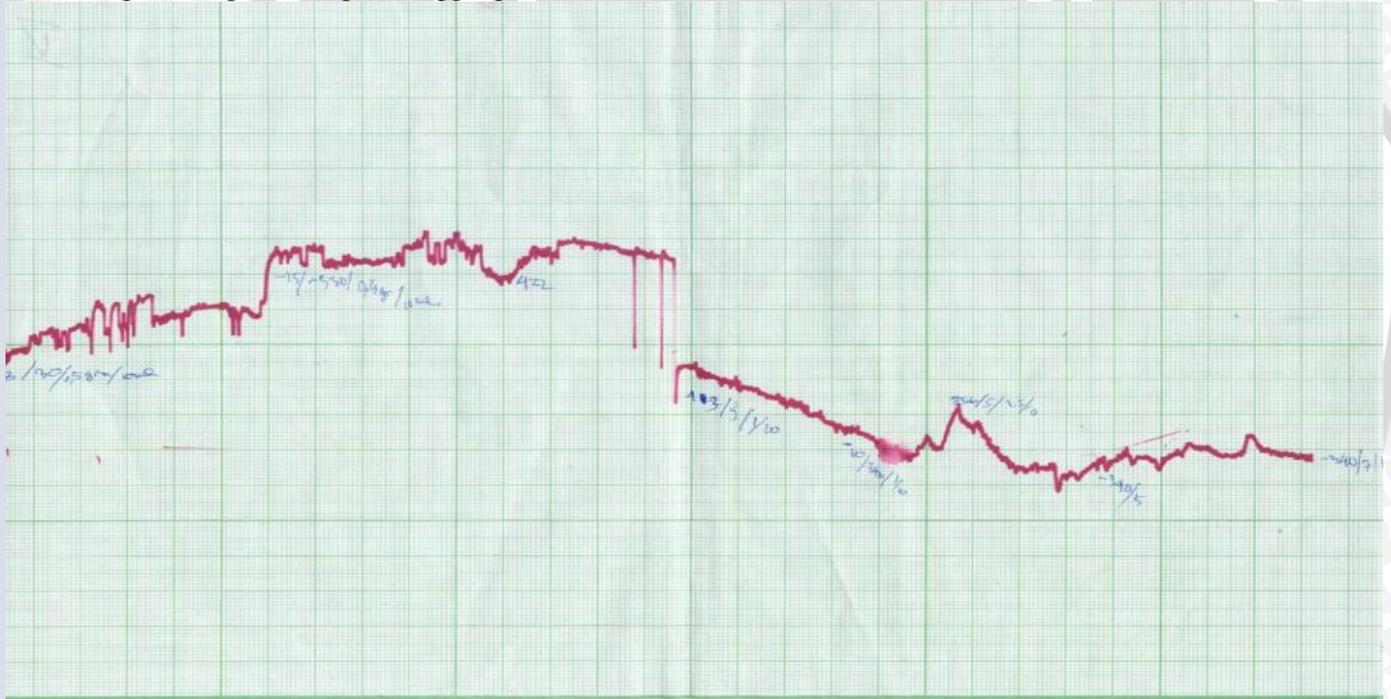
LAMPIRAN IV

Hasil Pengamatan pada Sampel Ganggang Keempat



LAMPIRAN V

Hasil Pengamatan pada Sampel Ganggang Kelima



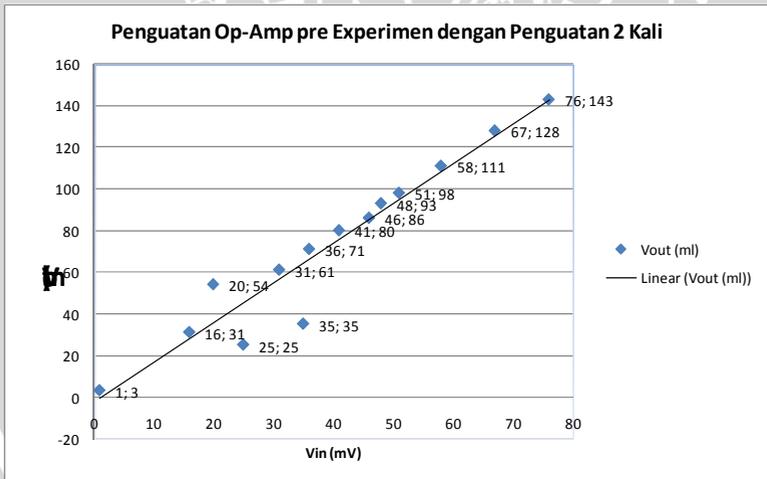
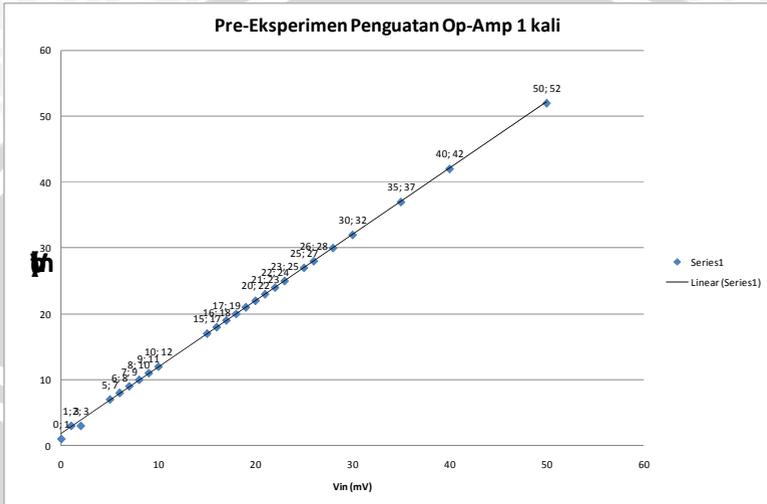
LAMPIRAN VI

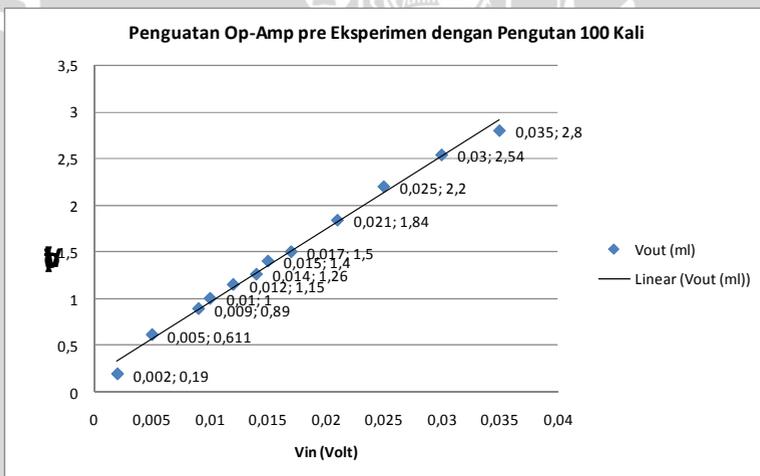
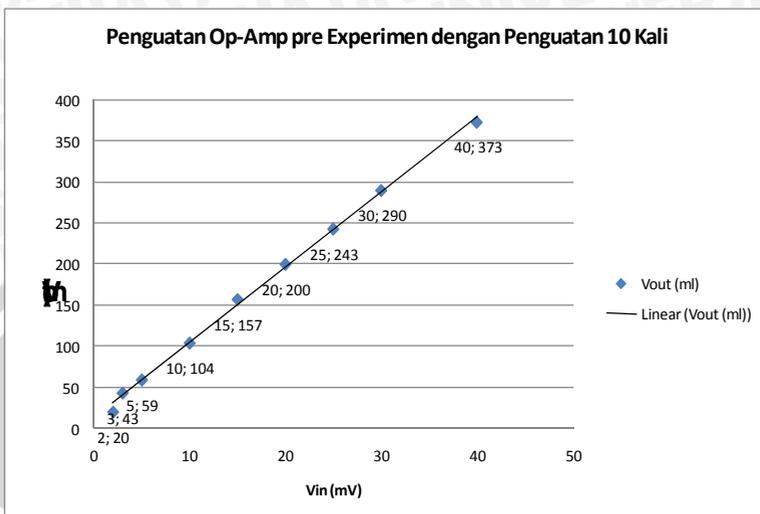
Hasil Pengamatan pada Sampel Ganggang Keenam



Lampiran IX

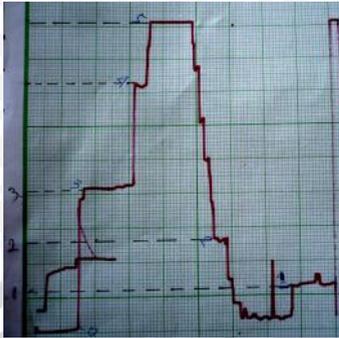
Hasil Kalibrasi Op-Amp



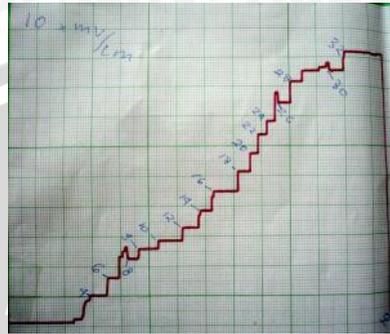


Tabel Hasil Analisa Kalibrasi Op-Amp

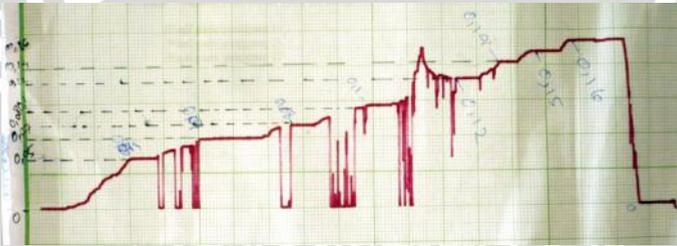
Penguatan	Range Tegangan masukan	Regresi	Error
1 kali	1 – 50 milivolt	99,9 %	0,1 %
2 kali	1 – 76 milivolt	91,9 %	8,1 %
10 kali	2 – 40 milivolt	99,8 %	0,2 %
100 kali	3 – 40 milivolt	99,6 %	0,4 %



a.



b.



c.

Gambar Hasil rekaman ploter: a. skala 1 mV/cm b. skala 10 mV/cm
c. skala 1 V/cm

Lampiran VIII

Analisan data

Pada kondisi di BSM

Objek	ψ (dalam mV)	$ \psi - \bar{\psi} $	$ \psi - \bar{\psi} ^2$
Potensial Spirogyra - 1	-43	11,6	134,56
Potensial Spirogyra - 1	-30	1,4	1,96
Potensial Spirogyra - 1	-36	4,6	21,16
Potensial Spirogyra - 1	-9	22,4	501,76
Potensial Spirogyra - 1	-39	7,6	57,76
Jumlah	-157		5,988

$$\psi_{rata-rata} = \frac{-157}{5} mV = 31,4 mV$$

$$\delta\psi = \sqrt{\frac{\sum |\psi - \bar{\psi}|^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{717,2}{20}} = 5,98$$

Pada kondisi di konsentrasi 0,05 gr/ml

Objek	ψ (dalam mV)	$ \psi - \bar{\psi} $	$ \psi - \bar{\psi} ^2$
Potensial Spirogyra - 1	-18	4	16
Potensial Spirogyra - 1	-15	1	1
Potensial Spirogyra - 1	-9	5	25
Potensial Spirogyra - 1	-7	7	49
Potensial Spirogyra - 1	-21	7	49
Jumlah	-70		140

$$\psi_{rata-rata} = \frac{-70}{5} mV = 14 mV$$

$$\delta\psi = \sqrt{\frac{\sum |\psi - \bar{\psi}|^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{140}{20}} = 2,64$$

Pada kondisi di kosentrasi 0,1 gr/ml

Objek	ψ (dalam mV)	$ \psi - \bar{\psi} $	$ \psi - \bar{\psi} ^2$
Potensial Spirogyra - 1	-9	1	1
Potensial Spirogyra - 1	-9	1	1
Potensial Spirogyra - 1	-7	3	9
Potensial Spirogyra - 1	-6	4	16
Potensial Spirogyra - 1	-19	9	81
Jumlah	-50		108

$$\psi_{rata-rata} = \frac{-50}{5} mV = 10mV$$

$$\delta\psi = \sqrt{\frac{\sum |\psi - \bar{\psi}|^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{108}{20}} = 2,32$$

Pada kondisi di konsentrasi 0,15 gr/ml

Objek	ψ (dalam mV)	$ \psi - \bar{\psi} $	$ \psi - \bar{\psi} ^2$
Potensial Spirogyra - 1	-7	1,4	1,96
Potensial Spirogyra - 1	-6	2,4	5,76
Potensial Spirogyra - 1	-5	3,4	11,56
Potensial Spirogyra - 1	-5	3,4	11,56
Potensial Spirogyra - 1	-19	10,6	112,36
Jumlah	-42		143,2

$$\psi_{rata-rata} = \frac{-42}{5} mV = 8,4mV$$

$$\delta\psi = \sqrt{\frac{\sum |\psi - \bar{\psi}|^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{143}{20}} = 2,67$$

LAMPIRAN IX

Alat dan Bahan

* *Penyepuhan*



Keterangan: Atas: Kawat perak (kiri), HCl , **Bawah:** Gelas ukur (kiri), Power Supply.

Bahan Untuk Penelitian



a.



b.



c.



d.



e.



f.

Keterangan: a. Pakan Ikan; b. Ganggang Spirogyra; c. Garam; d. Tabung reaksi; e. Neraca; f. Mortal.