

# Penggunaan Komposit Kitosan-Zeolit Alam Sebagai Membran Separator Pada Microbial Fuel Cell Limbah Cair Perebusan Surimi

## Use of Chitosan-Natural Zeolite Composite as Membrane Separator in Surimi Wastewater Microbial Fuel Cell

Bustami Ibrahim<sup>1\*</sup>, Uju<sup>1</sup>, Mudji Ana Yanti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknologi Hasil Perairan, Bogor, Jawa Barat, Indonesia, 16680

**\*Korespondensi:**

bibrahim@apps.ipb.ac.id

**Riwayat artikel**

Diterima: Oktober 2023

Dipublikasi: Desember 2023

**Keywords:**

kitosan/zeolit  
*microbial fuel cell*  
separator

**Abstrak**

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan teknologi yang menggunakan bakteri eksoelektrogenik untuk menghasilkan energi listrik. Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh rasio kitosan dan zeolit alam terhadap karakteristik membran komposit kitosan/zeolit sebagai separator pada MFC yang bersifat Proton Exchange Membran (PEM), menentukan kinerja MFC dalam menghasilkan elektrisitas, dan menentukan kinerja penurunan beban organik limbah cair perikanan pada aplikasi teknologi MFC. Membran separator kitosan/zeolit dibuat dengan perbedaan perlakuan komposisi kitosan dan zeolit alam 1:3, 1:1, 3:1, dan tanpa membran (b/b). Membran separator kitosan/zeolit merupakan membran penukar proton yang dapat mentransfer ion positif sebesar 20%. Membran dengan perbandingan 3:1 menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 0,855 MPa dan nilai water uptake sebesar 1,8%, serta perbandingan 1:1 menghasilkan nilai konduktivitas tertinggi sebesar 10,57 S/cm, tegangan listrik tertinggi sebesar 0,59 V, kuat arus listrik tertinggi sebesar 0,51 mA, dan daya listrik tertinggi sebesar 0,30 mW. Nilai COD, BOD, dan TAN mengalami penurunan sebesar 45%, 46%, dan 92%, serta nilai pH mengalami peningkatan hingga 8,4.

**Abstract**

*Microbial Fuel Cell (MFC) is a technology that uses exoelectrogenic bacteria to produce electrical energy. This study aims to determine the effect of the ratio of natural chitosan and zeolite on the characteristics of the chitosan / zeolite composite membrane as a PEM separator in MFC, to determine the performance of MFC in producing electricity, and to determine the performance of reducing the organic load of fishery wastewater in MFC technology applications. The chitosan/zeolite separator membrane was made with different ratio of chitosan and natural zeolite 1: 3, 1:1, 3: 1, and without a membrane (w/ w). The chitosan / zeolite separator membrane is a proton exchange membrane that can transfer 20% positive ions. Separator membrane with a ratio of 3: 1 resulted in a tensile strength value of 0,855 MPa and a water uptake value of 1,8%, and ratio of 1:1 produced the highest conductivity value of 10,57 S/cm, the highest electric voltage was 0,59 V, the highest electric current was 0,51 mA, and the highest electric power was 0,30 mW. The values of COD, BOD, and TAN decreased by 45%, 46%, and 92%, and the pH value increased to 8,4.*

**Cara sitasi :**

Ibrahim, B., Uju., & Yanti, M. A. (2023). Penggunaan komposit kitosan-zeolit alam sebagai membran separator pada microbial fuel cell limbah cair perebusan surimi, *Jurnal Perikanan Terpadu*, 4(2), 35-34.

## PENDAHULUAN

Industri perikanan Indonesia terus mengalami perkembangan yang sangat pesat. Data perkembangan Unit Pengolahan Perikanan (UPI) yang tercatat sebanyak 61.603 unit hingga tahun 2017 (KKP 2018). Total produksi perikanan nasional terus meningkat hingga tahun 2017 sebesar 23,26 juta ton (KKP 2018). Industri perikanan selain menghasilkan produk yang diinginkan, juga menghasilkan limbah baik limbah padat maupun limbah cair (Ibrahim 2004). Limbah cair industri perikanan memiliki kandungan bahan organik

seperti lemak dan protein. Proses pengolahan surimi mengandung sekitar 2-5 g/L protein terlarut dalam air limbah (Sumarlan et al. 2017). Limbah cair tersebut dapat menimbulkan masalah lingkungan sebagai sumber polusi berat pada lingkungan perairan jika pembuangannya tidak diberi perlakuan yang tepat (Ibrahim et al. 2017a). Pencemaran yang disebabkan oleh limbah cair perikanan dapat diatasi dengan memanfaatkan limbah cair tersebut melalui teknologi Microbial Fuel Cell (MFC) yang dipadukan pada sistem pengolahan limbah cair, sehingga dapat menurunkan

beban polusi pada limbah dan mendapat hasil samping berupa energi listrik yang berkelanjutan (sustainable) (Ibrahim et al. 2017b).

Microbial Fuel Cell (MFC) merupakan teknologi yang menggunakan bakteri eksoelektrogenik sebagai katalis untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik. Bakteri tersebut mampu mengubah energi kimia di dalam substrat menjadi energi listrik (Logan 2008). Limbah cair industri perikanan dapat dimanfaatkan sebagai substrat dalam sistem MFC, sehingga mampu menurunkan beban limbah cair perikanan dan menghasilkan listrik (Ibrahim et al. 2014a). Tantangan terbesar dalam penerapan teknologi MFC adalah mengurangi biaya pembuatan elektroda dan menambah perolehan elektron dari substrat. Peningkatan perolehan elektron dan kinerja MFC akan berdampak pada peningkatan energi listrik yang dihasilkan oleh reaktor. Penggunaan separator antara katoda dan anoda pada desain MFC dapat meningkatkan kinerja MFC sebesar 0,50 V (Ibrahim et al. 2017b).

Separator adalah bahan isolasi elektrik yang telah direkayasa untuk memiliki pori-pori yang memungkinkan ion untuk berpindah diantara kedua elektroda. Fungsi utama dari separator adalah untuk memastikan terjadinya aliran ion dan mencegah terjadinya hubungan arus pendek pada suatu sistem (Ting 2013). Karakteristik separator sistem fuel cell yang baik dapat menghasilkan konduktivitas yang tinggi dengan porositas yang rendah (Wisodjodarmo et al. 2012). Separator menjadi bagian yang penting untuk meningkatkan kinerja dari MFC. Separator pada MFC dapat mengurangi jarak antara katoda dan anoda, serta menghambat oksigen untuk masuk ke dalam ruang anoda (Ibrahim et al. 2017b). Separator harus dapat menghambat transfer oksigen terhadap substrat, tetapi proton dapat masuk secara efisien dan dengan biaya operasional yang murah (Hou et al. 2013).

Kitosan merupakan material alami yang dapat diperoleh dari limbah industri pengolahan ikan dan tersusun dari monomer N-asetilglukosamin dan D-glukosamin. Kitosan memiliki sifat hidrofilik, biodegradable, toksisitas rendah, struktur kimia teratur, nilai konduktivitas tinggi, mudah diperoleh, dan ekonomis (Liu et al. 2003). Penelitian Ibrahim et al. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan membran komposit kitosan-karaginan pada sistem MFC dapat menghasilkan konduktivitas proton sebesar  $1,15 \times 10^{-3}$  S/cm. Zeolit merupakan adsorben alternatif yang memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi karena memiliki sifat pori dan kapasitas tukar kation yang tinggi (Panayotova 2001). Penelitian Barbosa et al. (2016)

menunjukkan bahwa penambahan material filler anorganik zeolit dapat meningkatkan stabilitas termal pada membran. Penambahan zeolit pada sistem MFC dapat meningkatkan konduktivitas ionik membran sebesar 0,02 S/cm (Wang et al. 2008). Membran campuran polimer kitosan/zeolit yang diaplikasikan pada Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) menghasilkan nilai konduktivitas proton sebesar  $7,2946 \times 10^{-7}$  S/cm (Putro 2013). Penggunaan membran separator yang terbuat dari campuran polimer kitosan/zeolit pada sistem MFC diharapkan dapat mengurangi beban limbah cair perikanan serta hasil samping dalam peningkatan produksi elektrisitas.

## METODOLOGI

### Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Institut Pertanian Bogor pada bulan Juli-Desember, 2020.

### Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah substrat limbah cair perikanan (limbah perebusan surimi PT Sakana Indo Prima), kitosan, zeolit alam Tasikmalaya, (aktivasi HCl 0,05 M, 200 mesh), lumpur aktif (PT Pahala Bahari Nusantara), akuades, asam asetat, lumpur aktif, NH<sub>4</sub>Cl, polivinil alkohol (PVA), HCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan NaOH (Merck). Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah jerigen, gelas ukur 250 ml (Pyrex), reaktor MFC satu bejana dimensi 10x7x10 cm, batang grafit, elektroda tembaga, handblend (Philips HR 1603 550W), pipet volumetrik (Pyrex), bulb, beaker glass 500 ml (Pyrex), labu takar 100 ml (Pyrex), multimeter (sanwa, YX360TRF), timbangan digital, botol jar, DO meter (Lutron), oven, tensile strength tester (Torsee tipe PA-104-3, LCR-meter HIOKI 3532-50, FTIR spektrometer (Perkin Elmert), micrometer sekrup, dan Oxidation Reduction Potential (ORP) meter.

### Prosedur Penelitian

Penelitian terdiri dari empat tahap, yaitu pembuatan dan karakterisasi membran separator kitosan/zeolit, karakterisasi awal limbah air rebusan surimi, pembuatan desain MFC satu bejana, dan pengukuran elektrisitas dari MFC menggunakan membran separator kitosan/zeolit.

### Aktivasi Zeolit Alam

Aktivasi zeolit alam dilakukan berdasarkan penelitian Utami, (2012) dengan modifikasi. Zeolit alam dihaluskan menggunakan mortar. Zeolit alam sebanyak 100 g dicuci menggunakan akuades dengan perbandingan perbandingan 1:3 (b/v). Campuran zeolit dan akuades diaduk dan dikeringkan pada oven suhu 70 °C selama satu jam. Zeolit selanjutnya dibiarkan selama 12 jam pada suhu ruang. Endapan zeolit yang dihasilkan kemudian dikeringkan pada oven suhu 100 °C. Aktivasi zeolit dilakukan dengan mencampurkan asam klorida (HCl 0,05 M). Perbandingan zeolit alam dengan HCl sebesar 1:3 (90 g zeolit dengan 270 mL HCl 0,05 M). Campuran zeolit dan HCl diaduk dan didiamkan sampai gelembung udara hilang. Zeolit yang sudah diaktivasi kemudian dicuci menggunakan aquades hingga pH netral. Zeolit dikeringkan pada suhu 105 °C serta ditumbuk dengan mortar porselen hingga didapatkan serbuk zeolit dengan ukuran 250 mesh.

### Pembuatan Membran Separator Kitosan/Zeolit

Pembuatan membran separator dilakukan dengan memodifikasi prosedur yang dilakukan Syahreza, (2017), Vania, (2016), dan Putro, (2013). Larutan kitosan dibuat dengan melarutkan kitosan 3 g ke dalam asam asetat 2%. Larutan zeolit diperoleh dengan melarutkan serbuk zeolit 1 g dengan 25 mL NH<sub>4</sub>Cl 1% dan dicampur menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit, serta disonikasi selama 20 menit. Larutan kitosan selanjutnya dicampurkan dengan larutan zeolit dengan variasi rasio kitosan dan zeolit 1:3, 1:1, dan 3:1 (b/b). Larutan yang telah homogen, kemudian ditambahkan dengan PVA 5% (v/v). Larutan diaduk dengan menggunakan handblend hingga homogen. Larutan selanjutnya didiamkan hingga gelembung udara hilang. Larutan kitosan/zeolit selanjutnya dituang ke dalam cetakan dan dikeringkan pada suhu 70°C selama 24 jam dengan oven hingga diperoleh film kitosan/zeolit kering. Membran yang telah kering kemudian dilepaskan dari cetakan dengan direndam dalam larutan NaOH 1% selama 1 jam. Film selanjutnya dibilas dengan aquades hingga pH netral. Membran yang terbentuk kemudian dikarakterisasi melalui analisis sifat mekanik (ASTM, 2002), analisis konduktivitas proton (Handayani et al. 2010) analisis gugus fungsi (Koog et al. 1996), water uptake (Handayani 2008), dan analisis sifat penukar ion (Hasanah et al. 2015).

Sifat mekanik membran diuji menggunakan alat Tensile Strength Tester merk Torsee tipe PA-104-30. Sampel membran dipotong dengan ukuran lebar 1,5 cm dan panjang disesuaikan dengan sampel. Sampel membran selanjutnya dijepit pada masing-masing

ujungnya. Pengujian kuat tarik membran dilakukan dengan kedua ujung membran dijepit dan ditarik hingga membran terputus. Hasil pengujian kemudian dicatat tegangan maksimum dan regangannya. Nilai kuat tarik membran dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{kuat tarik (kgf)} = \frac{16}{N} \times \frac{\text{Hasil Uji}}{t \times l} \times 0,1$$

Keterangan:

- N = Jumlah pengukuran  
t = Tebal membran  
l = Lebar membran

Konduktivitas proton membran separator kitosan/zeolit diukur menggunakan alat spektrometer impedans LCR-meter (Inductance, Capacitance & Resistance ) HIOKI 3532-50. Membran yang digunakan berukuran 7 x 1 cm dan dijepit di antara 2 elektrode karbon, kemudian nilai konduktans dibaca. Membran diukur juga ketebalannya menggunakan mikrometer sekrup. Nilai konduktivitas proton (S/cm) dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma = G \frac{L}{A}$$

Keterangan:

- $\sigma$  = konduktivitas proton (S/cm)  
G = nilai konduktivitas (S)  
L = jarak antara kedua elektrode (cm)  
A = luas permukaan (cm<sup>2</sup>)

Analisis gugus fungsi membran separator kitosan/zeolit dilakukan dengan menggunakan alat *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectrometer Perkin Elmer Spectrume One*. Reagen yang digunakan adalah serbuk KBr. Langkah pengujian membran, yaitu serbuk KBr dihaluskan menggunakan mortar dan dimasukkan ke dalam lubang silinder yang terdapat pada bagian tengah wadah sampel. Sampel membran dengan ukuran 2x2 cm ditempelkan pada wadah kemudian ditempatkan pada alat DRS. Infrared dari membran akan direkam sebagai gelombang dengan spektrum antara 500-3500 cm<sup>-1</sup>.

Analisis water uptake dilakukan dengan membran komposit kitosan/zeolit dipotong dengan ukuran 1×1 cm dan dikeringkan pada oven pada suhu 120 °C selama 24 jam. Membran ditimbang sebagai bobot kering (W kering). Membran yang telah kering selanjutnya direndam dalam air deionisasi pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian membran dikeluarkan dan dibersihkan dengan menggunakan tisu. Membran ditimbang sebagai bobot basah (Wbasah). Penimbangan dilakukan untuk mengetahui selisih antara bobot membran pada saat keadaan basah dan kering. Water uptake dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Water Uptake (\%)} = \frac{W_{\text{basah}} - W_{\text{kering}}}{W_{\text{kering}}} \times 100\%$$

Analisis ORP membran dilakukan dengan menggunakan alat ORP (Oxidation Reduction Potential) meter. Analisis ORP membran kitosan/zeolit dilakukan dengan memodifikasi prosedur penelitian Hasanah et al. (2015). ORP meter yang digunakan memiliki dua bagian, yaitu layar penampil dan probe yang dapat mendeteksi nilai ORP. Sampel yang digunakan berupa membran kitosan/zeolit. Membran terletak diantara dua larutan, yaitu aquades dan NaCl. Kedua larutan yang digunakan pada uji ORP bervolume 250 mL. Larutan NaCl dibuat dengan melarutkan NaCl sebanyak 60 g dengan 240 mL aquades (Bengi et al. 2018) Cara pengukurannya yaitu dengan alat pendeteksian ORP meter yang dimasukkan ke dalam larutan aquades. Pengukuran nilai ORP dilakukan untuk mengetahui membran kitosan/zeolit dapat berfungsi sebagai pengalir ion positif atau ion negatif. Nilai ORP larutan dapat dilihat pada layar dengan satuan volt (V) atau miliVolt (mV). Membran separator diukur kemampuan dalam mentransfer ion dengan nilai hasil berupa positif (+) bersifat oksidasi dan negatif (-) bersifat reduksi.

Pembuatan desain MFC dilakukan dengan reaktor MFC berbentuk kubus single-chamber dengan air-cathode berdimensi 10x7x10 cm. Anoda yang digunakan adalah tembaga dan katoda yang digunakan adalah batang grafit, serta kabel tembaga ditautkan yang berfungsi sebagai penerima arus. Membran sebelum digunakan pada sistem MFC dilakukan aktivasi dengan cara direndam dalam H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% selama 1 jam dan direndam kembali dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 M selama 1 jam, serta membran dibilas dengan aquades (Nurkilah 2018). Membran separator kitosan/zeolit selanjutnya ditempelkan pada bagian katoda karena sifatnya sebagai PEM. Penelitian ini menggunakan sistem Separator

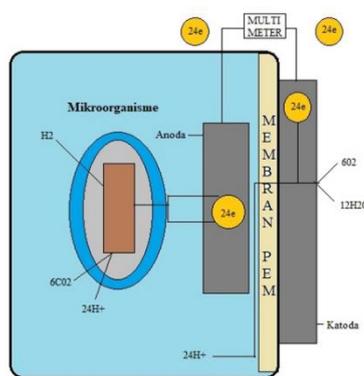
Electrode Assembly (SEA), yaitu katoda dilapisi dengan separator polimer kitosan/zeolit. Penempatan anoda menempel pada bagian separator katoda. Model SPA (Spaced Assembly) tidak menggunakan separator dan antara katoda dan anoda diberikan jarak sebesar 2 cm (Syahreza 2017). Skema desain MFC satu bejana dapat dilihat pada Gambar 1.

Lumpur aktif yang diambil dari unit pengolahan limbah PT Pahala Bahari Nusantara diaklimatisasi terlebih dahulu sebelum digunakan dengan cara menambahkan lumpur aktif ke dalam limbah perebusan surmi dengan perbandingan 1:3 dan diberikan aerasi selama 48 jam. Lumpur aktif yang sudah diaklimatisasi dimasukkan ke dalam MFC yang berisi limbah cair dengan perbandingan antara lumpur aktif dan limbah cair sebesar 1:10 dan diukur elektrisitasnya. Pengukuran elektrisitas dilakukan menggunakan multimeter setiap jam selama 120 jam.

Parameter uji yang digunakan untuk mengukur penurunan beban polutan limbah cair adalah nilai pH, Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), dan Total Amonia Nitrogen (TAN). Analisis nilai COD dilakukan dengan cara sampel diencerkan menggunakan akuades sebanyak 25 kali pengenceran. Tabung reflus kemudian ditutup dan dicuci menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20% sebelum digunakan. Sampel sebanyak 2,5 mL dimasukkan ke dalam tabung reflus. Sampel lalu ditambahkan dengan 1,5 mL larutan pencerna dan 3,5 mL pereaksi asam sulfat. Larutan standar dibuat dengan menambahkan larutan 1,5 mL larutan pencerna dan 3,5 mL pereaksi asam sulfat Larutan standar yang telah dibuat kemudian dimasukkan kedalam tabung reflus. Tabung reflus ditutup dan dihomogenkan menggunakan vortex. Tabung reflus diletakkan pada COD reaktor yang telah dipanaskan pada suhu 150 oC selama 2 jam. Sampel kemudian didinginkan dan dibaca serapan larutan menggunakan spektrofotometer UV-VIS dengan panjang gelombang 600 nm.

Analisis nilai BOD dilakukan dengan cara sampel limbah dimasukkan ke dalam erlenmeyer lalu diencerkan menggunakan akuades dengan faktor pengenceran 10-200 mL. Sampel kemudian diaerasi selama 30 menit. Sampel dipisahkan pada dua botol BOD, satu untuk inkubasi dan botol lainnya untuk mengukur DO pada larutan sampel. Botol sampel yang diinkubasi menggunakan botol khusus BOD dan pada saat diinkubasi tidak boleh ada gelembung udara dalam botol BOD tersebut. Sampel kemudian diinkubasi selama lima hari di tempat gelap pada suhu 20 oC. Nilai DO diukur untuk sampel yang telah diinkubasi dan kontrol.

Penentuan nilai TAN dilakukan dengan cara sampel dipipet sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 mL. Sampel kemudian ditambahkan 1 mL larutan fenol lalu dihomogenkan. Sampel selanjutnya ditambahkan 1 mL natrium nitroprusfid lalu dihomogenkan. Sampel kemudian ditambahkan 2,5 mL larutan pengoksidasi lalu dihomogenkan. Larutan pengoksidasi dibuat dengan mencampurkan 100 mL larutan alkalin sitrat dengan 25 mL Natrium hipoklorit. Sampel pada erlenmeyer kemudian ditutup menggunakan plastik atau paraffin film. Sampel kemudian dibiarkan selama 1 jam sampai terbentuknya warna. Sampel kemudian dimasukkan kedalam kuvet pada alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 640 nm.



Gambar .1 Desain *microbial fuel cell*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Membran Separator Kitosan/Zeolit

Karakteristik sifat mekanik penting dilakukan untuk memperoleh gambaran sifat membran yang akan digunakan (Warastuti et al. 2013). Sifat mekanik berhubungan dengan sifat mekanik membran sebagai faktor penentu dalam pemilihan membran untuk digunakan pada sistem MFC. Hasil uji kuat tarik membran komposit kitosan/zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.

Komposit membran dengan sifat mekanik yang baik terbuat dari bahan pengisi yang dapat terdispersi di dalam matriks yang bersifat kompatibel satu sama lain. Perlakuan dengan perbandingan komposisi membran kitosan dan zeolit 3:1 menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi. Peningkatan konsentrasi kitosan cenderung meningkatkan nilai kuat tarik membran karena kitosan dapat membentuk ikatan hidrogen antar rantai, sehingga edible film menjadi lebih rapat (Lee et al. 2019). Penurunan nilai kuat tarik membran disebabkan adanya penetrasi molekul-molekul air ke dalam matriks polimer membran, sehingga menimbulkan penggelembungan (swelling) pada membran dan

menyebabkan terjadinya slip antar molekul pada saat membran ditarik (Setyawan 2012).

### Nilai *Oxidation Reduction Potential (ORP)* Membran Separator Kitosan/Zeolit

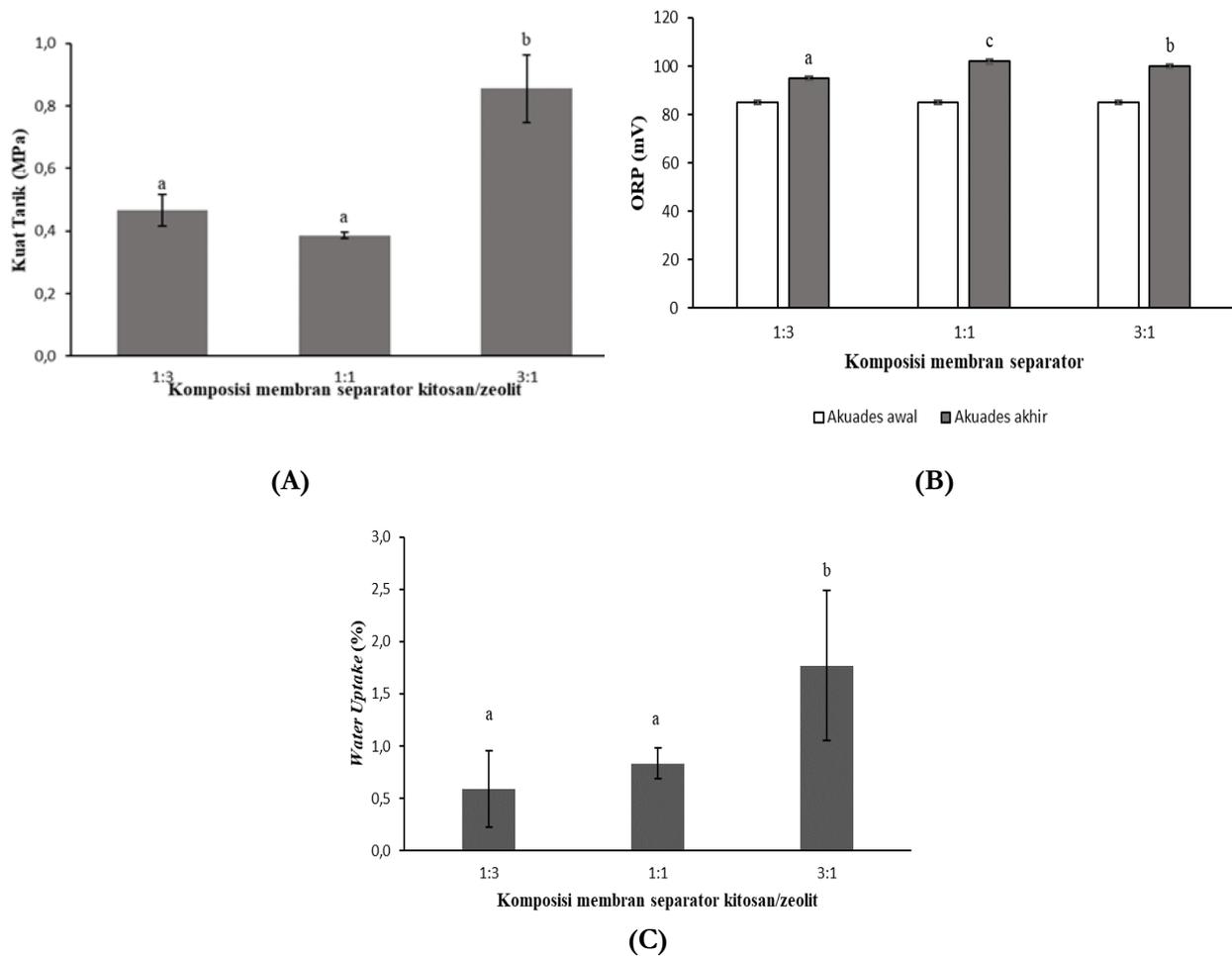
*Oxidation Reduction Potential (ORP)* merupakan suatu uji untuk mengetahui kemampuan oksidasi suatu bahan (Sumardilan et al. 2015). ORP dijadikan indikator untuk mengetahui kemampuan reaksi redoks. Semakin tinggi nilai ORP yang dihasilkan, maka semakin besar kemampuan oksidasinya (Hricova et al. 2008). Hasil uji ORP membran komposit kitosan/zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.

Nilai ORP tertinggi terdapat pada perlakuan dengan perbandingan komposisi membran kitosan/zeolit 1:1. Peningkatan nilai ORP larutan akuades yang dihasilkan menunjukkan bahwa membran separator kitosan/zeolit dapat berperan sebagai media transfer ion positif. Ion positif pada larutan elektrolit NaCl berpindah melalui membran separator menuju larutan akuades. Pengukuran nilai ORP yang menghasilkan nilai positif memiliki sifat oksidator (Priambodo 2017) atau semakin tinggi nilai ORP yang dihasilkan, maka semakin mudah reaksi oksidasinya (Sumiati et al. 2015).

### *Water Uptake* Membran Separator Kitosan/Zeolit

Nilai *Water uptake* ditentukan dengan menghitung selisih antara bobot basah dan bobot kering membran. Nilai *water uptake* dapat melihat kemampuan membran dalam menyerap air karena air pada membran berfungsi sebagai media transport proton  $H^+$  yang berhubungan dengan konduktivitas proton (Anggraini et al. 2013). Hasil uji *water uptake* membran separator kitosan/zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil menunjukkan bahwa nilai *water uptake* membran separator kitosan/zeolit mengalami peningkatan bobot membran setelah perendaman (bobot basah). Peningkatan bobot membran menunjukkan membran memiliki kemampuan mengikat air bebas yang dapat digunakan sebagai media transfer proton. Perlakuan dengan perbandingan komposisi membran kitosan dan zeolit 3:1 memiliki nilai *water uptake* tertinggi. Penurunan nilai *water uptake* dengan penambahan komposisi zeolit disebabkan karena penggabungan komponen anorganik dan transisi fase yang dihasilkan antara matriks polimer dan partikel anorganik zeolit dapat membatasi peregangan rantai polimer pada larutan air, sehingga menjadi lebih kaku (Wu et al. 2007).



Gambar 2. Rasio nilai kekuatan tarik membran komposit kitosan/zeolit (A), rasio nilai ORP membran komposit kitosan/zeolit (B), rasio nilai serapan air membran komposit kitosan/zeolit (C)

### Gugus Fungsi Membran Separator Kitosan/Zeolit

Hasil Spektrum FTIR pada membran komposit kitosan/zeolit menunjukkan bahwa serapan khas kitosan terdapat pada bilangan gelombang 1646-1652  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan gugus fungsi NH. Bilangan gelombang 2930-2950  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan gugus fungsi CH. Pita absorpsi gugus -C-N terdapat pada bilangan gelombang 1336  $\text{cm}^{-1}$ . Vibrasi ulur gugus fungsi C-C terdapat pada bilangan gelombang 852 dan 854  $\text{cm}^{-1}$ . Bilangan gelombang 1426-1440  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan gugus fungsi OH. Serapan khas zeolit terdapat pada bilangan gelombang 1025  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan rentang asimetris pada Si-O-Si atau Al-O-Al. Bilangan gelombang 1234  $\text{cm}^{-1}$  merupakan serapan C-C-O. Hasil analisis FTIR menunjukkan tidak adanya perubahan peak yang signifikan dan tidak terbentuknya gugus fungsi baru. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi kimia antara kitosan dengan zeolit alam, melainkan hanya terjadi interaksi fisik dengan terbentuknya pori pada membran yang dapat mempengaruhi karakteristik membran komposit.

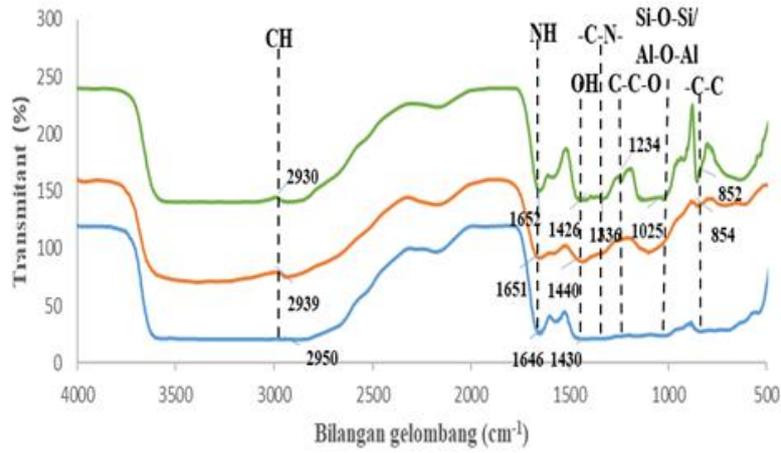
### Konduktivitas Proton Membran Separator Kitosan/Zeolit

Konduktivitas proton merupakan aliran proton. Uji konduktivitas proton dilakukan untuk mengetahui kemampuan migrasi ion  $\text{H}^+$  dalam membran elektrolit pada sistem bahan bakar (Kharisma *et al.* 2020). Nilai konduktivitas proton membran separator kitosan/zeolit dapat dilihat pada *Figure 5*.

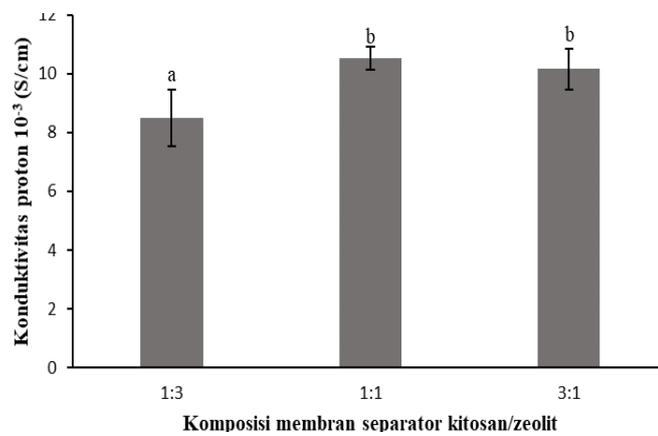
Nilai konduktivitas proton tertinggi terdapat pada perlakuan dengan perbandingan 1:1. Penambahan konsentrasi kitosan dapat meningkatkan nilai konduktivitas proton. Hal ini karena kitosan mengandung banyak gugus hidroksi dan amino yang dapat meningkatkan sifat hidrofilitasnya, sehingga dapat dimanfaatkan dalam mekanisme perpindahan proton pada membran (Wu *et al.* 2007)..

### KESIMPULAN

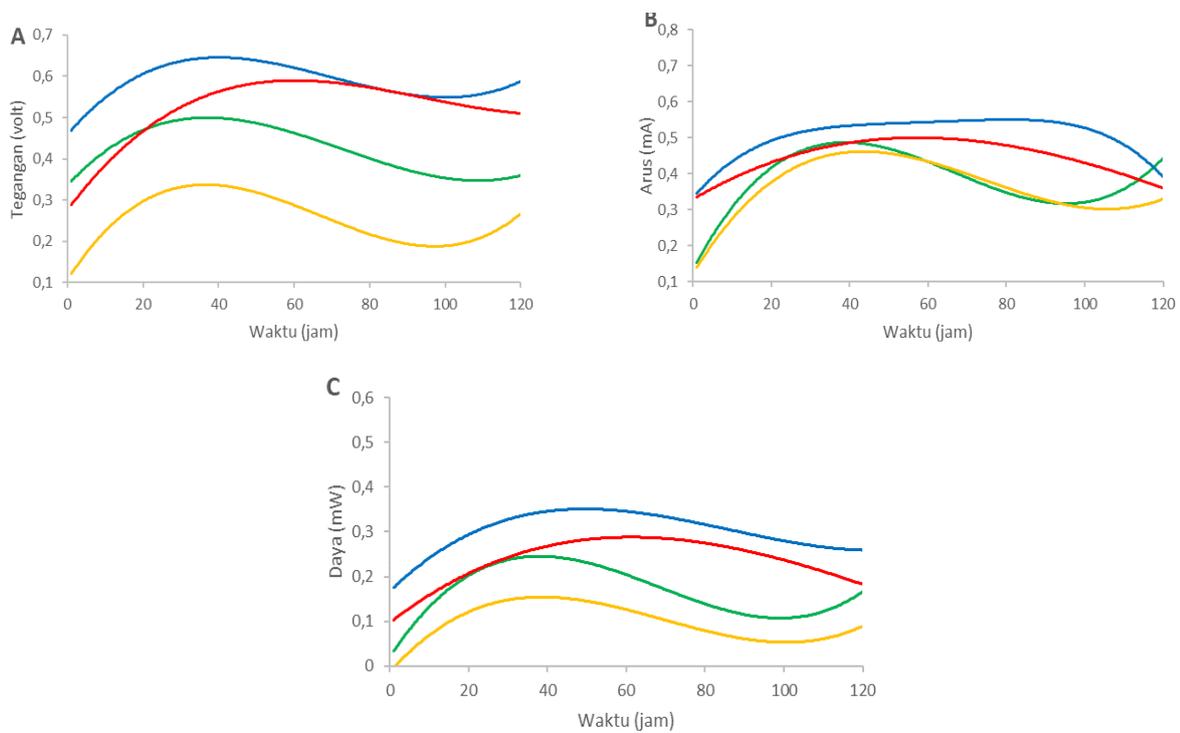
Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan dalam penelitian ini didapat kesimpulan sebagai berikut:



Gambar 3. Hasil FTIR dari membran chitosan/zeolite 1:3 (biru), 1:1 (orange), dan 3:1 (hijau)



Gambar 3. Konduktivitas proton membran kitosan/zeolit



Gambar 4. Nilai listrik MFC. (A) Tegangan, (B) Arus Listrik, (C) Daya Listrik; polinom 1:3 (hijau), polinom 1:1 (biru), polinom 3:1 (orange), polinom TM (tanpa membran) (merah)

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor produksi mempengaruhi sebesar 0.834 atau 83 % terhadap produksi *purse seine*. Dengan koefisien korelasi (0.990) yang berarti kuat. Dalam hal ini variabel-variabel bebasnya bisa menjelaskan variabel terikat sedangkan sisanya 17 % dijelaskan oleh variabel lainnya yang tidak diteliti. Hasil penelitian dapat dijelaskan bahwa faktor-faktor produksi yang berpengaruh nyata terhadap hasil tangkapan *purse seine* adalah ukuran kapal (X1), BBM (X6) dan lampu (7) sedangkan faktor produksi yang tidak berpengaruh nyata terhadap hasil tangkapan *purse seine* adalah kekuatan mesin kapal (X2), panjang jaring (X3), lebar jaring (X4), jumlah ABK (X5), dan lama trip (X8).

## SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan saran yang dapat diberikan adalah jika kedepannya dilakukan penelitian lebih lanjut disarankan untuk menambahkan variabel lain dan analisis yang berbeda yang belum diteliti untuk meningkatkan hasil tangkapan pada perikanan *purse seine* di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Sibolga.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dermawan, E. Syawaluddin, Abrori M. R. Nelfiyanti, Ramadhan, A. I. 2017. Analisa Perhitungan Beban Kalor dan Pemilihan Kompresor Dalam Perancangan Air Blast Freezer Untuk Membekukan Adonan Roti Dengan Kapasitas 250 kg/jam. *Engineering and Sains Journal*.
- Fitriana, L. dan Wahyuningsih, A.S. 2017. Penerapan Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (SMK3) di PT. Ahmadaris. *HIGEIA*, 1(1):30-35
- Haderiah, et all. 2016. Meminimalisir Kadar Deterjen dengan Penambahan Koagulan dan Filtrasi Media Saring Pada Limbah Kamar Mandi. *Journal Higiene Vol.1, No. 2 Juni 2009, Hal. 117-125. Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Makasar Kemenkes*.
- Indrastuti, N. A. wulandari, N, & Palupi, N. S. 2019. Profile of Salted Fish Processing in Pengolahan Hasil Perikanan (PHPT) Muara Angke. *Journal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(2):218-228.
- Kuncoro M. 2009. *Ensiklopedi populer Ikan Air Laut*. Yogyakarta: ANDI. Halaman 100. Mursyid, S. 2009. *Proses Pengolahan Ikan Beku* : Bogor: PT. Panca
- Mitra Multi Perdana. Mufrein, A. N. 2016. Pengaruh Desain Produk, Bentuk Kemasan dan Bahan Kemasan Terhadap Minat Beli Konsumen (Studi Kasus The Hijau Serbuk Tocha). *Journal Ekonomi Manajemen*, 2(2), 48-54.
- Novianti, S. D, Sulistyani, Darundiati, Y. H. 2017. Hubungan Antara Pengendalian Titik Kritis Pengolahan Terhadap Keberadaan Bakteri E. coli Pindang Ikan Layang di Desa Tasikagung Kabupaten Rembang. *Journal Kesehatan Masyarakat*.
- Ridwan. 2004. *Belajar Mudah Untuk Penelitian Guru – Karyawan dan Peneliti Pemula*. Bandung: Alfabeta.
- Saragih, Ruben, Joey. 2013. Analisis Bahaya dan Titik Kendali Kritis Pada Penanganan Tuna Steak di PT Graha Insan Sejahtera, Muara Baru. Jakarta. 20 juli 2015.
- Samsuar, S, Mariana, F, Setyowati, M. 2017. Analisis Kadar Klorin Sebagai Pemutih Pada Rumput Laut (*Eucheuma Cottoni*) Yang Beredar di Lampung. *Journal Farmasi Lampung*.
- Sandra L, dan Juhairiyah. 2014. Penerapan Sanitasi dan Hygiene pada Pembekuan Ikan Anggoli (*Pristipomoides multidens*) di CV. Bee Jay Seafoods. *Journal Ilmu Perikanan* 6(1):41-43
- Sipahutar, Y, Purwandari, W. V, Sitorus, T. M. R. 2019. Mutu Ikan Cakalang (*Katsuwonus Pelamis*) Pasca Penangkapan di Pelabuhan Perikanan Samudra Kendari, Sulawesi Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan XIV*. Surabaya: Universitas Hang Tuah.
- Sofiaty T, Wahab I, dan Deto S N. Sanitasi dan Hygiene pada Pengolahan Tuna Loin Beku di PT. Harta Samudra Kabupaten Pulau Morotai. *Journal Enggano* 5(2):120.
- Sungadji EM, Sopiah. 2010. *Metodelogi Penelitian Pendekatan Praktis Dalam Penelitian*. Yogya :Rhineka.
- Tatontos, S. J. Harikedua, S. D. Mongi, E. L. Wonggo, D. Montolalu, L. A. Makapedua, D. M. dan Dotulong, V. 2019. Efek Pembekuan-Pelelehan Berulang Terhadap Mutu Sensori Ikan Cakalang (*katsuwonus pelamis L*), *Media Teknologi Hasil Perikanan* ,
- Triharjono, A. Probowati, B. D. Dan Fakhry, M. 2013. Evaluasi Sanitation Standard Operating Procedures Kerupuk Amplang di UD Sarina Kecamatan

Kalianget Kabupaten Sumenep. Agrountek Jurnal  
Teknologi Industri Pertanian.

Zulfikar, R. 2016. Cara Penanganan yang Baik  
Pengolahan Produk Hasil Perikanan Berupa Udang.  
Journal Aplikasi Teknologi Pangan.

Yulianto A, dan Nurcholis. 2015. Penerapan Standard  
Hygienes dan Sanitasi dalam Meningkatkan Kualitas  
Makanan di Food dan Beverage@Hom Platinum  
Yogyakarta. Journal Khasanah Ilmu6(2): 32-33.

Yunita ILP, Dwipayanti IMU. 2010. Kualitas  
Mikrobiologi Nasi Jinggo Berdasarkan Angka  
Lempeng Total coliform Total dan Kandungan  
Escherichia coli. Journal Biologi Udayana 14(1): 15-  
19