



LAPORAN AKHIR

PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

TEKNIK CEPAT PENDETEKSIAN DINI TINGKAT KEBISINGAN ANTROPOGENIK MENGGUNAKAN SENSOR AKUSTIK SERAT OPTIK INTERFEROMETRI BERBASIS DIAFRAGMA *CHITOSAN* PERFORMA TINGGI

BIDANG KEGIATAN:

PKM-P

Disusun oleh:

Maydariana Ayuningtyas	C34100027	(2010)
Aufa Khoirunnisa	C34100030	(2010)
Mahardika Tri Handayani	C34100046	(2010)
Faqih Ali Ridho	C34120025	(2012)
Riyana Hermadiana	G74100064	(2010)

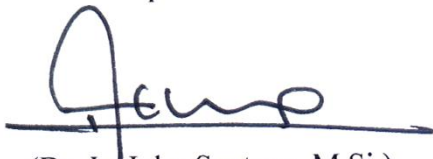
**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2014**

PENGESAHAN PKM-PENELITIAN

1. **Judul Kegiatan** : Teknik Cepat Pendeteksian Dini Tingkat Kebisingan Antropogenik Menggunakan Sensor Akustik Serat Optik Interferometri Berbasis Diafragma *Chitosan* Performa Tinggi
2. **Bidang Kegiatan** : PKM-P (PKM Penelitian)
3. **Ketua Pelaksana Kegiatan**
 - a. Nama Lengkap : Maydariana Ayuningtyas
 - b. NIM : C34100027
 - c. Jurusan : Teknologi Hasil Perairan
 - d. Universitas : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat Rumah dan No. HP : Jl. Babakan Tengah no. 28, Dramaga, Bogor/ 082121988321
 - f. Alamat email : maydariana@gmail.com
4. **Anggota Pelaksana** : 4 orang
5. **Dosen Pendamping**
 - a. Nama Lengkap : Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si.
 - b. NIDN : 0003066903
 - c. Alamat Rumah dan No. HP : Taman Yasmin Jl. Katelia III/23, Bogor/ 08128022114
6. **Biaya Kegiatan Total**
 - a. Dikti : Rp 11.250.000,00
 - b. Sumber lain : -
7. **Jangka Waktu Pelaksanaan** : 4 bulan

Bogor, 25 Juli 2014

Menyetujui,
Ketua Departemen THP



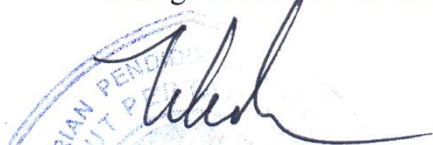
(Dr. Ir. Joko Santoso, M.Si.)
NIP. 19670922 199203 1 003

Ketua Pelaksana Kegiatan



(Maydariana Ayuningtyas)
NIM. C34100027

Wakil Rektor
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

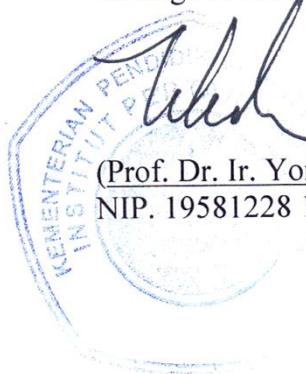


(Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS)
NIP. 19581228 198503 1 003

Dosen Pendamping



(Bambang Riyanto, S.Pi, M.Si)
NIP. 19690603 199802 1 001



ABSTRAK

Kebisingan antropogenik diartikan sebagai suara-suara yang dihasilkan dari aktivitas manusia, yang meliputi lalu lintas darat, laut, udara, kegiatan industri, konstruksi, tempat kerja, maupun lingkungan pemukiman. Paparan kebisingan pada manusia dapat mempengaruhi kesehatan, bahkan kehilangan pendengaran (*noise-induced hearing loss*). Deteksi dini tingkat kebisingan antropogenik dapat dilakukan melalui sistem mikrofon optik menggunakan serat optik. Tujuan penelitian yaitu mengembangkan sistem cepat pendeteksian dini tingkat kebisingan antropogenik menggunakan sensor akustik serat optik berbasis diafragma *chitosan* performa tinggi. Aktivitas penelitian meliputi formulasi dan pembuatan larutan dasar diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik, pembuatan dan karakterisasi struktur diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik, serta *set up* diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik pada model mikrofon dan karakterisasi terhadap tekanan akustik melalui respon amplitudo tegangan (*voltage*).

Diafragma komposit PVOH dengan penambahan *chitosan* 2% menunjukkan formulasi optimum dalam segi morfologis, fisik, mekanik, serta implementasinya pada sistem akustik. Dibandingkan dengan diafragma milar atau poliester yang dapat mendeteksi 0,2-2500 Hz, hasil uji respon diafragma terhadap tekanan akustik pada diafragma *chitosan* 2% menunjukkan rentang frekuensi lebih luas, yaitu 5-25 kHz.

Kata kunci: akustik, chitosan, mikrofon, sensor, serat optik.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya tim penulis dapat menyelesaikan laporan akhir Program Kreativitas Mahasiswa bidang penelitian yang berjudul “Teknik Cepat Pendeteksian Dini Tingkat Kebisingan Antropogenik Menggunakan Sensor Akustik Serat Optik Interferometri Berbasis Diafragma *Chitosan* Performa Tinggi”. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bambang Riyanto, S.Pi, M.Si selaku dosen pendamping yang selalu memberikan arahan, bimbingan, dan nasihat selama pelaksanaan PKM.
2. Dr. Ir. Irzaman, M.Si dan Dr. Nisa Rachmania Mubarik, M.Si yang telah memberikan masukan dan ilmu yang bermanfaat dalam pelaksanaan monitoring dan evaluasi internal.
3. Ir. Ronald Panggabean, M.Si (DIKTI) yang telah memberikan penilaian dan saran dalam pelaksanaan monitoring dan evaluasi eksternal.
4. Dr. Akhiruddin Maddu (Fisika IPB) yang telah memberikan arahan dan ilmu yang bermanfaat dalam pelaksanaan PKM.
5. Ema Masruroh, S.Si dan Dini Indriani, S.Si (THP IPB), Dr. Darwin Alijasa Siregar (Laboratorium Pusat Survei Geologi), serta pihak Balai Pengujian Mutu Barang, Ciracas yang telah membantu tim penulis selama penelitian di laboratorium.
6. Orang tua dan keluarga tim penulis yang selalu memberikan dukungan.
7. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya laporan akhir PKM ini.

Penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan karya ini dan karya yang akan datang. Semoga laporan akhir Program Kreativitas Mahasiswa ini dapat bermanfaat.

Bogor, Juli 2014

Tim Penulis

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan jaringan transportasi yang pesat, pemanfaatan sumber daya alam, maupun perkembangan masyarakat perkotaan dapat menjadi sumber paparan kebisingan di berbagai negara di dunia (Barber *et al.* 2009). Kebisingan antropogenik merupakan suara-suara yang dihasilkan dari aktivitas manusia yang meliputi lalu lintas darat, laut, udara, kegiatan industri, konstruksi, tempat kerja, maupun lingkungan pemukiman. Paparan kebisingan pada manusia dapat memengaruhi efektivitas dalam berkomunikasi, gangguan tidur, peningkatan hormon penyebab stres, tekanan darah tinggi dan penyakit jantung, bahkan kehilangan pendengaran (*noise-induced hearing loss*). Aspek psiko-fisiologis seperti pengaruh negatif pada perilaku sosial seseorang juga merupakan efek samping dari paparan kebisingan (Berglund *et al.* 1999).

Paparan polusi suara menimbulkan dampak yang semakin luas dan menjadi perhatian utama. Baku mutu intensitas kebisingan minimum yang dapat diterima oleh pendengaran manusia menurut WHO (1999) yaitu 55-60 dB(A). Lalu lintas di negara-negara Eropa menyebabkan sekitar 40% masyarakatnya terpapar kebisingan hingga intensitas 55 dB(A), dan 20% penduduk terpapar kebisingan melebihi 65 dB(A) (Berglund *et al.* 1999). Negara-negara berkembang, termasuk di Asia Tenggara, umumnya terpapar kebisingan lalu lintas sepanjang hari hingga intensitas 75-80 dB(A). WHO (1997) melaporkan sebanyak 1 dari 5 pekerja di Asia Tenggara mengalami kehilangan pendengaran akibat terpapar tingkat kebisingan tertentu.

Polusi suara juga dapat menimbulkan pengaruh bagi kehidupan hewan. Gangguan antropogenik merupakan penyebab utama penurunan tingkat keragaman biodiversitas di seluruh dunia (Brumm 2010). Hewan-hewan yang sensitif terhadap tingkat frekuensi kebisingan tertentu akan merasa terganggu (Clemmons & Buchholz 1997). Chan dan Blumstein (2011) memaparkan, gangguan yang ditimbulkan oleh kebisingan antropogenik pada kehidupan hewan antara lain pengaruh dalam dinamika populasi dan respon adaptasi. Manajemen kebisingan merupakan hal yang diperlukan dalam upaya konservasi, salah satunya

yaitu melalui deteksi dini sumber stres pada lingkungan yang disebabkan oleh manusia (Laiolo 2010).

Perumusan Masalah

Upaya alternatif kreatif dalam penentuan dan pemantauan porsi suara di lingkungan adalah melalui teknologi sensor penangkap gelombang suara. Sistem akustik digunakan untuk mendeteksi spektrum emisi akustik di lingkungan berupa suara atau kebisingan. Media yang dapat digunakan sebagai komponen utama sensor yaitu serat optik. Selain dapat mentransmisikan informasi dalam kapasitas yang besar dengan cepat, serat optik juga tahan dalam berbagai kondisi dan cocok digunakan pada lingkungan suhu dan tekanan tinggi (Yu & Zhou 2011).

Chitosan dapat digunakan sebagai bahan dasar lapisan yang menyelubungi kepala sensor pada serat optik. *Chitosan* merupakan polimer organik konvensional berbentuk selulosa beramin dan berasetil yang tidak larut dalam air, tetapi larut dalam larutan asam organik dengan pH kurang dari 6 (No & Meyers 1995). *Chitosan* berperan sebagai bahan kepekaan akustik yang akan menangkap rangsangan berupa gelombang suara. Sensor akustik menggunakan sistem mikrofon optik, berdasarkan perubahan intensitas cahaya yang melalui serat optik akibat bergetarnya diafragma.

Sensor akustik berbasis serat optik dan *chitosan* dapat mengukur intensitas bunyi tertentu dalam rentang sensitivitas frekuensi yang tinggi. *Chitosan* memiliki kemampuan pembentukan membran dan kekuatan mekanik yang baik, tingkat sensitivitas yang lebih tinggi, respon terhadap frekuensi yang baik, mudah dibentuk, dan dapat mengukur tekanan akustik secara spesifik (Chen *et al.* 2010). Membran *chitosan* memiliki impedansi akustik yang sesuai untuk pengukuran gelombang suara, termasuk gelombang ultra (*ultrasound*), serta tahan dalam berbagai kondisi karena sifatnya yang permeabel (Chen *et al.* 2012^a). Oleh karena itu, penelitian mengenai penggunaan membran *chitosan* sebagai *sensing pad* dalam sistem sensor akustik berbasis serat optik, untuk mengkaji kualitas penerimaan gelombang suara dalam upaya pemantauan porsi suara di lingkungan dan biodiversitas menjadi sangat penting untuk dilakukan.

Tujuan Program

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem cepat pendeteksian dini tingkat kebisingan antropogenik menggunakan sensor akustik serat optik berbasis diafragma *chitosan* performa tinggi.

Luaran yang Diharapkan

- Adanya formulasi larutan dasar diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik.
- Adanya karakteristik struktur diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik.
- Adanya *set up* diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik pada model mikrofon optik.
- Adanya karakteristik terhadap tekanan akustik melalui respon *voltage*, yang memiliki perbandingan lebih tinggi dari penelitian yang pernah ada.

Kegunaan Program

Bidang Teknologi Keilmuan dan Paten

Teknologi sensor akustik menggunakan serat optik dan sistem mikrofon berbasis diafragma *chitosan* sebagai sensor dengan sensitivitas tinggi.

Bidang Kesehatan

Pengurangan efek samping psiko-fisiologis dan kasus kehilangan pendengaran (*noise-induced hearing loss*) yang disebabkan oleh paparan kebisingan.

Bidang Konservasi

Upaya manajemen kebisingan di lingkungan untuk menekan tingkat stress dan kepunahan spesies hewan tertentu yang disebabkan oleh polusi suara, serta konservasi pada hutan kota.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sensor Akustik

Sensor didefinisikan sebagai instrumen yang menerima rangsangan atau stimulus spesifik, kemudian meresponnya melalui sinyal elektrik (Fraden 2010). Sesuai jenis transfer energi yang dapat dideteksi, sensor diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, antara lain sensor termal, sensor elektromagnetik, sensor mekanik, radiasi optik, dan radiasi ionisasi (Lewis 2004). Sensor akustik merupakan salah

satu jenis sensor yang menggunakan gelombang suara sebagai sumber rangsangan. Rentang gelombang suara yang dapat ditangkap oleh sensor akustik bervariasi, tergantung pada sensitivitas, ambang batas frekuensi, ukuran sensor, dan sebagainya (Fraden 2010). Gelombang akustik termasuk gelombang mekanik yang akan dibelokkan ketika mengenai sensor dan dikonversikan menjadi sinyal-sinyal elektrik. Sinyal tersebut yang akan diinterpretasi untuk didapatkan datanya.

Serat Optik

Serat optik merupakan salah satu media transmisi yang dapat menyalurkan informasi dengan kapasitas besar. Serat optik menggunakan cahaya untuk mengirimkan informasi atau data. Cahaya dialirkan melalui serat optik sebagai kumpulan gelombang-gelombang elektromagnetik terpandu yang disebut moda (*mode*) (Azadeh 2009). Struktur serat optik terdiri dari inti (*core*) silinder dari bahan kaca atau plastik, mantel (*cladding*), dan bahan pelindung berupa jaket (*coating*). Penggunaan serat optik sebagai sensor memiliki beberapa keuntungan, antara lain tahan terhadap interferensi gelombang elektromagnetik, memiliki sensitivitas tinggi, tahan terhadap korosi dan suhu tinggi, serta strukturnya yang sederhana (Yu & Zhou 2011).

Diafragma Chitosan

Chitosan merupakan senyawa turunan dari *chitin*, yaitu polisakarida alami yang ditemukan pada eksoskeleton hewan-hewan avertebrata, serta dinding sel fungi dan kapang. *Chitosan* didapatkan dari hasil penghilangan gugus asetil pada kitin (Azofeifa *et al.* 2012). Struktur *chitosan* tersusun atas rantai poli-(2-amino-2-deoksi- β -(1-4)-D-glukopiranos) dengan rumus molekul $(C_6H_{11}O_4)_n$.

Chitosan dapat digunakan dalam berbagai bidang karena sifatnya yang alami, tidak beracun, *biodegradable*, dan *biocompatible* (Kim & Je 2011). *Chitosan* dapat dijadikan membran komposit dengan penambahan polivinil alkohol (PVOH) sebagai *plasticizer*. Aplikasi *chitosan* sebagai material penyusun diafragma dalam sistem sensor dapat dilakukan karena *chitosan* memiliki tingkat sensitivitas yang lebih tinggi, respon terhadap frekuensi yang baik, mudah dibentuk, dan dapat mengukur tekanan akustik secara spesifik (Chen *et al.* 2010). Sensor berbasis *chitosan* dapat diaplikasikan di bidang lingkungan maupun biomedis karena sensitivitasnya yang tinggi (Chen *et al.* 2012^b).

III. METODE PENDEKATAN

Pendeteksian dini kebisingan antropogenik dilakukan melalui sistem mikrofon optik. Sistem ini menggunakan serat optik dan lapisan plastik tipis. Diafragma komposit *chitosan* dan PVOH berperan sebagai bahan yang peka terhadap rangsangan akustik, dan akan bergetar jika diberi gelombang suara dalam frekuensi tertentu. Cahaya dilewatkan melalui serat optik hingga mengenai diafragma *chitosan*, lalu dipantulkan kembali. Getaran yang dihasilkan oleh diafragma menyebabkan intensitas pantulan cahaya berubah.

IV. PELAKSANAAN PROGRAM

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juli 2014. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biokimia Hasil Perairan (THP IPB), Laboratorium Spektroskopi dan Laboratorium Analisis Bahan (Fisika IPB), Laboratorium Pusat Survei Geologi (Puslitbang Geologi Kelautan (P3GL) Bandung), serta Balai Pengujian Mutu Barang, Jakarta.

Tahapan Pelaksanaan

Formulasi dan Pembuatan Larutan Dasar Diafragma Komposit Chitosan Sensor Akustik Serat Optik (modifikasi Leceta et al. 2013; Kartika 2014)

Formulasi komposisi larutan dasar diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik berupa *chitosan* dan polivinil alkohol (PVOH), dengan konsentrasi *chitosan* yang dicobakan 0% (kontrol), 1%, dan 2% serta konsentrasi PVOH 5%. Pelarutan *chitosan* dilakukan dalam 100 mL larutan asam asetat 1% (modifikasi Leceta *et al.* 2013 pada konsentrasi *chitosan*). Larutan PVOH dibuat dengan melarutkan 5 gram kristal PVOH dalam 100 mL akuades pada suhu 90°C, mengacu pada PVOH 5% terbaik (Kartika 2014).

Pembuatan komposit larutan dasar diafragma dilakukan dengan homogenisasi campuran larutan *chitosan* dan PVOH 1:1 dengan *magnetic stirrer* (Yamato MD-41) dengan kecepatan 400-1500 rpm selama 1 jam. Kehomogenan campuran dianalisis dengan uji viskositas yang dioperasikan menurut ASTM

D789 (2010), menggunakan viskometer *Brookfield* (*spindle* no.2, 50 rpm). Nilai viskositas (cPs) merupakan hasil kali nilai terukur dengan faktor konversi.

Pembuatan dan Karakterisasi Struktur Diafragma Komposit Chitosan Sensor Akustik Serat Optik (Leceta et al. 2013; Bonilla et al. 2014)

Pembuatan struktur diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik dilakukan menurut metode Leceta *et al.* (2013) dengan teknik pencetakan lembaran *film*. Aktivitas yang dilakukan yaitu dengan menuangkan larutan komposit diafragma pada wadah kaca pencetak berdimensi 29,5×29,5×2,5 cm, dengan ketinggian larutan pada wadah 2-3 mm. Pengeringan larutan dilakukan dengan teknik oven udara mengacu Bonilla *et al.* (2014) dengan peralatan berupa oven Memmert (kapasitas 99 L) dengan suhu 40°C selama 48 jam.

Struktur diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik yang baik mengacu Chen *et al.* (2010) dengan kriteria berupa permukaan berpori yang diukur dengan teknik *Scanning Electron Microscopy*. Bentuk diamati secara deskripsi berupa tingkat transparansi, warna, dan secara visual diperoleh dengan menggunakan kamera 12,4 *megapixels* dan disajikan dalam bentuk foto.

Karakterisasi struktur diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik meliputi analisis fisika dan kimia. Acuan dasarnya adalah berbagai karakteristik struktur diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik, antara lain berupa ketebalan (*thickness*), kuat tarik (*tensile strength*), dan karakteristik struktur morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Kandungan kimia mengacu kajian mutu struktur diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik, yaitu penentuan gugus fungsi yang dilakukan dengan menggunakan spektrum penyerapan inframerah (IR)-*Fourier Transform Infrared-FTIR spectrofotometer* (ASTM E1252 2013).

Ketebalan/*thickness* (Δx) diukur dengan *Digital Thickness Gauge* (Adamel Lhomargy M120), yang dioperasikan sesuai ASTM D374 (2004). Nilai ketebalan direpresentasikan untuk sampel berukuran 10×10 cm yang diukur pada 5 titik berbeda.

Kuat tarik (*tensile strength*) atau kemuluran (*elongation at break*) diukur menggunakan *Tensile Strength and Elongation Tester* Zwick/Roell Z005 yang dioperasikan sesuai ASTM D1708 (2013). Sampel berukuran 22 x 1,5 cm dijepit

pada alat dengan *grip* sepanjang 75 mm. Hasil pengukuran ditampilkan dalam output kurva pada komputer menggunakan *software* TestXpert Tensile Tester for Zwick/Roell berupa kurva regang putus, yang dikonversi menjadi rata-rata nilai regangan putus (N) dan elongasinya (%).

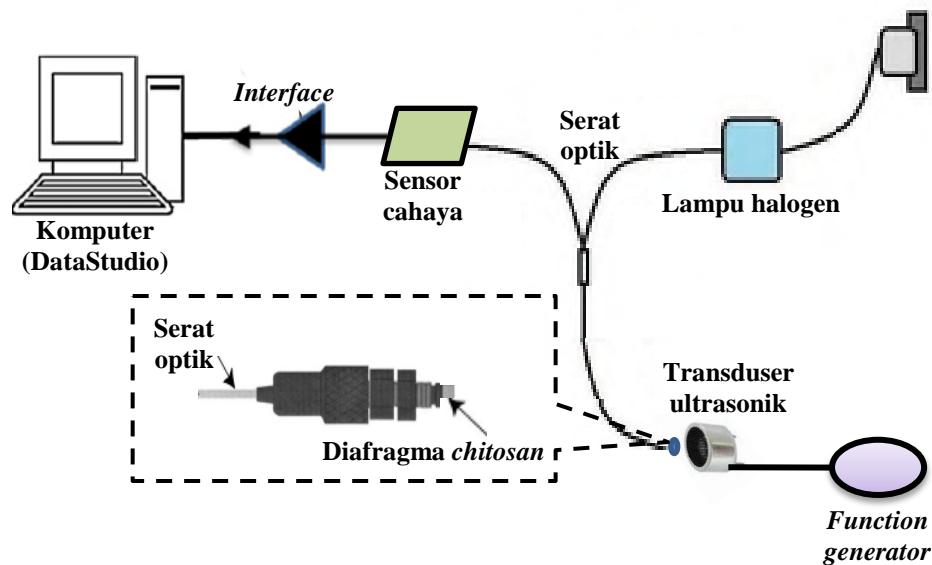
Karakteristik struktur morfologi dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (JEOL JSM-6360LA, tegangan 20 kV). Sampel terlebih dahulu dilapisi dengan campuran emas dan paladium hingga konduktif elektron. Pengukuran dilakukan dengan perbesaran 1000× dan 5000× secara melintang (Tripathi *et al.* 2009).

Penentuan gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan spektrum penyerapan inframerah (IR)-*Fourier Transform Infrared-FTIR spectrofotometer* (ASTM E1252 2013). Hasil yang didapatkan berupa persentase nilai transmitansi, dengan pengukuran spektrum pada rentang bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} .

Set up Diafragma Komposit Chitosan Sensor Akustik Serat Optik pada Model Mikrofon dan Karakterisasi Terhadap Tekanan Akustik Melalui Respon Tegangan (Bucaro & Lagakos 2001)

Set up diafragma komposit *chitosan* chitosan sensor akustik serat optik pada model mikrofon mengacu Bucaro & Lagakos (2001), dengan pengujian respon terhadap frekuensi dan tegangan. Diafragma *chitosan* dipotong dengan ukuran diameter 1 cm. Diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik dipasang pada ujung serat optik berbentuk Y hingga dapat menutupi ujung serat optik. Permukaan ujung serat yang tertutup diafragma komposit *chitosan* dilapisi cat perak sebagai reflektor cahaya (Bucaro & Lagakos 2001). Selanjutnya serat optik dipasang dalam rangkaian untuk pengukuran respon dinamik. Model rangkaian atau *set-up* ditunjukkan pada Gambar 1.

Karakterisasi terhadap terhadap tekanan akustik memodifikasi metode Bucaro & Lagakos (2001) pada teknik aplikasi diafragma di ujung serat optik. Sumber suara berupa transduser ultrasonik diatur dengan *function generator* dalam frekuensi yang bervariasi (1, 5, 10, 15, 20, dan 25 kHz) untuk setiap formula diafragma.



Gambar 1 Rangkaian (*set-up*) diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik pada model mikrofon (modifikasi Bucaro & Lagakos 2001) dan model pengujian terhadap tekanan akustik melalui respon tegangan

Instrumen Pelaksanaan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain serat optik bifurkasi *laboratory-grade* (Ocean Optics), *chitosan* serbuk (DD 88%, PT Biotech Surindo), asam asetat (CH_3COOH) 1%, akuades, kristal polivinil alkohol (PVOH), dan cat perak.

Alat-alat yang digunakan meliputi *magnetic stirrer* (Yamato MD-41), oven (Memmert), wadah kaca (dimensi 29,5×29,5×2,5 cm). Alat yang digunakan dalam analisis viskositas larutan *chitosan*-PVOH yaitu viskometer (Brookfield LV), serta spektrofotometer (ABB MB3000 λ 8500-485 cm^{-1} , KBr *beam splitter*) untuk analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Morfologi diafragma diamati menggunakan *Scanning Electron Microscope* JEOL JSM-6360LA. Pengukuran kekuatan tarik dilakukan menggunakan *Tensile Strength Tester* (Zwell/Roeck Z005), serta *Digital Thickness Gauge* (Adamel Lhomargy M120) untuk pengukuran ketebalan. Alat-alat yang digunakan dalam rangkaian pengujian sensor akustik meliputi *tungsten halogen lamp* (Ocean Optics LS-1), *function generator* (BK Precision 4011A), transduser ultrasonik, *interface* (Science Workshop 750), sensor cahaya (PASCO Scientific CI-6504A), dan *software* DataStudio.

Rekapitulasi Rancangan dan Realisasi Biaya

Rincian anggaran biaya penelitian dan realisasinya disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Rekapitulasi rancangan dan realisasi biaya penelitian

No	Sasaran biaya	Rancangan biaya (Rp)	Realisasi (Rp)
1	Biaya pengadaan peralatan penunjang	3.100.000	4.559.500
2	Biaya pengadaan bahan habis pakai	5.000.000	5.442.000
3	Biaya perjalanan	3.150.000	446.000
4	Biaya pengeluaran lain	1.250.000	92.500
Total		12.500.000	10.540.000

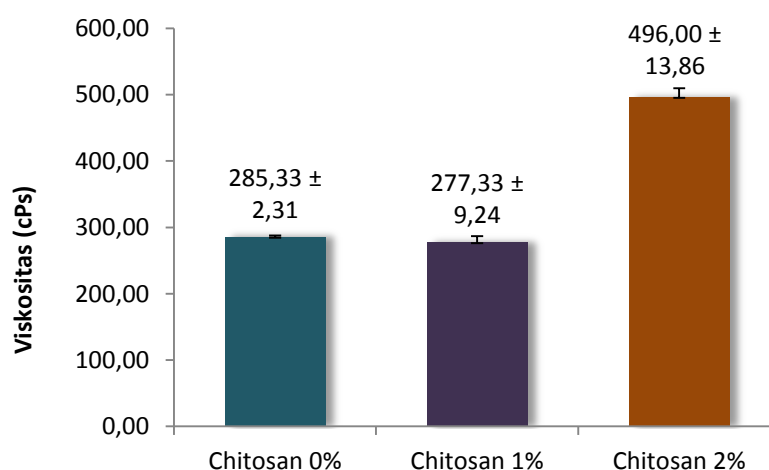
Tabel 2 Penggunaan anggaran dana penelitian

Realisasi biaya	Total biaya (Rp)
Biaya yang dihibahkan	11.250.000
Biaya yang terpakai	10.540.000
Sisa	710.000

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Viskositas Larutan Dasar Diafragma Komposit Chitosan Sensor Akustik Serat Optik

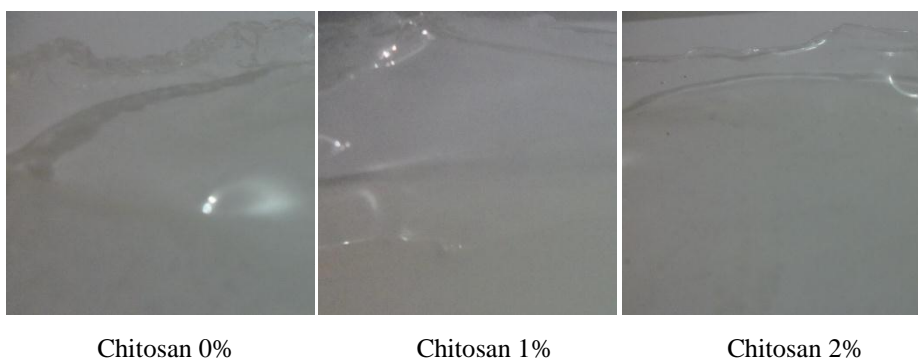
Viskositas atau kekentalan larutan berkisar antara $(277,33 \pm 9,24)$ hingga $(496,00 \pm 13,86)$ cPs (Gambar 2). Kekentalan makin meningkat seiring bobot massa terlarut dalam pelarut. Viskositas dapat dipengaruhi oleh bobot molekul terlarut dan fase zat terlarutnya (kristal atau amorf) (Wang & Xu 1994), sehingga dapat menunjukkan penurunan nilai viskositas seiring penambahan zat terlarut, seperti pada diafragma *chitosan* 0% dan 1%.



Gambar 2 Viskositas atau kekentalan larutan dasar diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik

Kenampakan Diafragma Komposit *Chitosan* Sensor Akustik Serat Optik

Bentuk diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik berupa lembaran plastik tipis transparan dengan warna sedikit kekuningan (Gambar 3). Secara visual memperlihatkan campuran yang homogen antara *chitosan* dengan PVOH. Warna diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik yang kekuningan diduga karena pengaruh konsentrasi dari *chitosan* yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi *chitosan* yang digunakan menyebabkan warna larutan menjadi semakin kuning, sehingga dihasilkan warna diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik menjadi kuning gelap. Dallon *et al.* (2007) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi *chitosan* dalam larutan akan membuat warna larutan semakin keruh yang akan mempengaruhi warna *film chitosan* yang dihasilkan. Mangala *et al.* (2003) melaporkan bahwa semakin keruh larutan *chitosan* yang dihasilkan maka *film* yang terbentuk akan makin berwarna kuning.

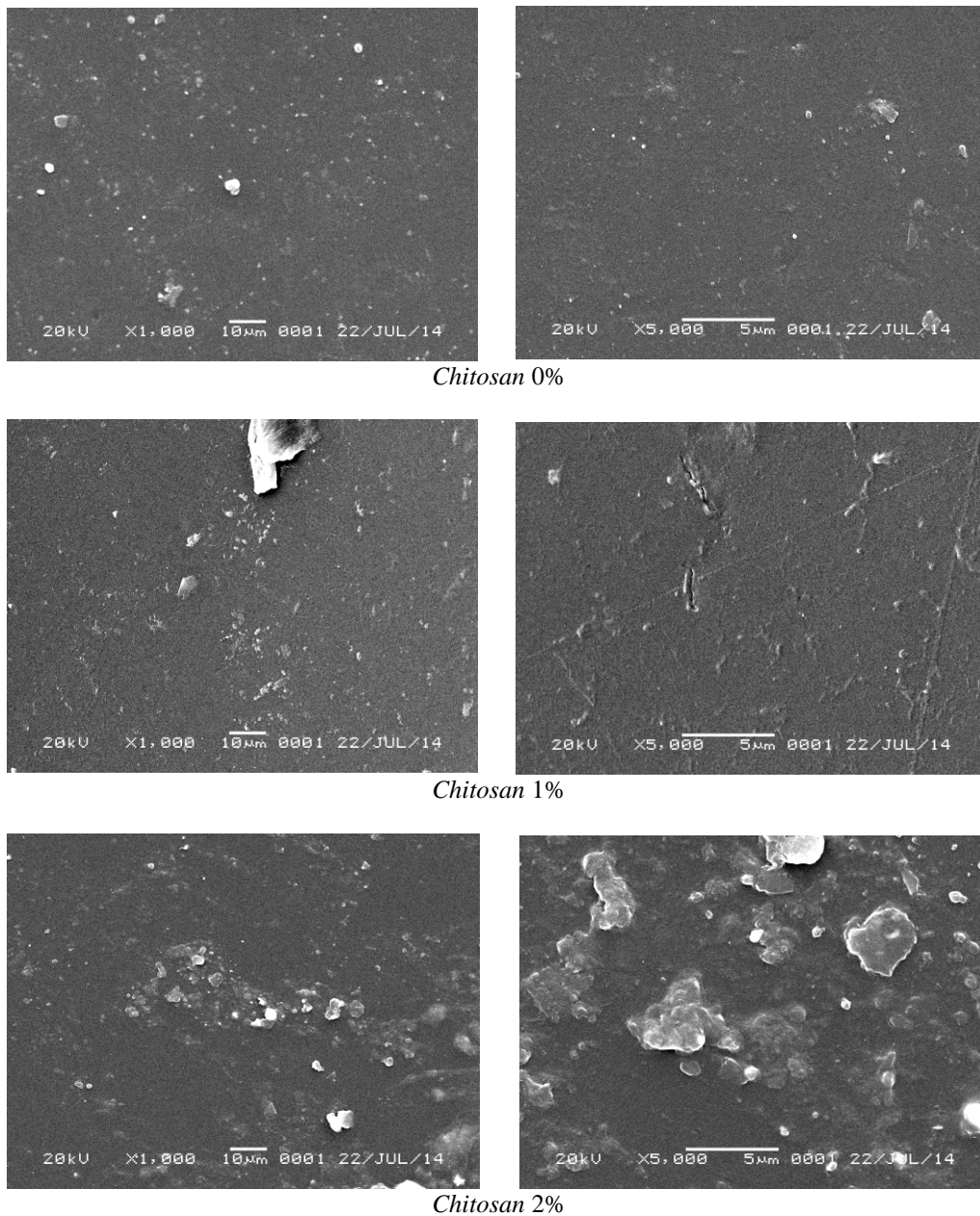


Gambar 3 Kenampakan diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik

Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Diafragma Komposit *Chitosan* Sensor Akustik Serat Optik

Diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik secara umum tampak halus dan homogen serta terdapat butir-butir halus yang seragam yang terdapat pada permukaan (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa *chitosan* dan PVOH tercampur dengan baik atau kemungkinan terjadi interaksi antara *chitosan* dengan PVOH. El-Hefian *et al.* (2010) melaporkan bahwa pembentukan campuran yang homogen dari *chitosan* dan PVOH sebagian besar disebabkan oleh interaksi antara *chitosan* dengan PVOH. Koyano *et al.* (2000) melaporkan bahwa interaksi *chitosan* dengan PVOH adalah berupa pembentukan ikatan hidrogen antara gugus amina (NH₂) pada *chitosan* yang bermuatan positif dengan gugus hidroksil (OH) pada PVOH yang bermuatan negatif. Muzzarelli dan Rocchetti

(1985) melaporkan bahwa ikatan hidrogen membuat kedua bahan bercampur dengan baik dan menghasilkan homogenitas pada permukaan film.

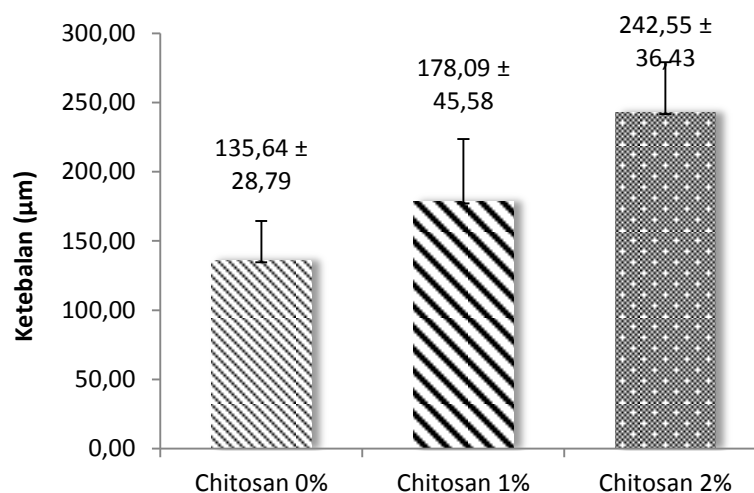


Gambar 4 Analisis SEM diafragma komposit *chitosan*-PVOH (kiri: perbesaran 1000 \times , kanan: perbesaran 5000 \times)

Ketebalan Diafragma Komposit *Chitosan* Sensor Akustik Serat Optik

Diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik yang dihasilkan memiliki ketebalan $(135,64 \pm 28,79)$ hingga $(242,55 \pm 36,43)$ μm . Nilai ketebalan diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik yang dihasilkan cenderung tidak berbeda namun peningkatan konsentrasi *chitosan* terlihat makin meningkatkan ketebalan diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik

yang ada (Gambar 5). Portes *et al.* (2009) melaporkan bahwa peningkatan ketebalan diduga oleh banyaknya ikatan hidrogen yang terbentuk akibat interaksi antara gugus hidroksil dan amino dari kitosan dengan gugus hidroksil PVOH, sehingga menyebabkan kedua bahan tersebut terikat kuat dan membentuk suatu padatan saat berubah menjadi *film*. Raymond *et al.* (2003) menambahkan gugus hidroksil dan gugus amina yang berinteraksi dalam ikatan hidrogen menjadikan larutan menjadi lebih sulit menguap dari senyawa lain. Gontard *et al.* (1993) melaporkan bahwa ketebalan *film* dipengaruhi oleh jumlah padatan yang terdapat pada larutan. Semakin banyak jumlah padatan maka *film* yang terbentuk semakin tebal. Park dan Chinnan (1995) melaporkan hal lain yang dapat mempengaruhi ketebalan *film* diantaranya luas cetakan, volume larutan, dan jumlah padatan dalam larutan.

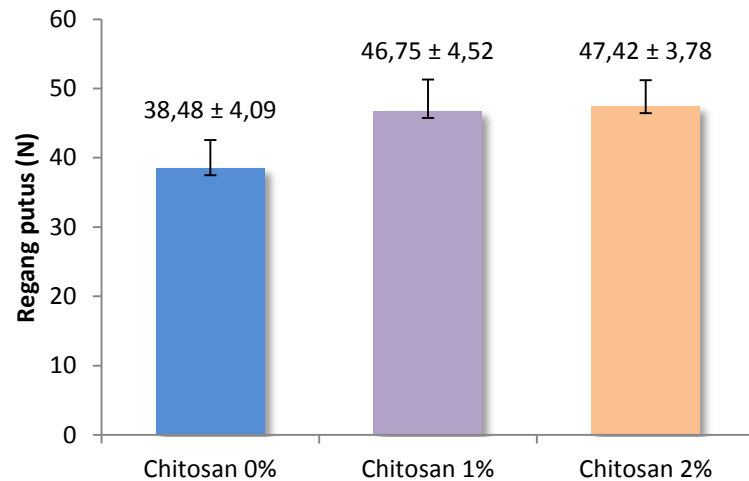


Gambar 5 Ketebalan diafragma *chitosan* sensor akustik serat optik

Kuat Tarik (*Tensile Strength*) dan Perpanjangan Putus (*Elongasi*) Diafragma Komposit *Chitosan* Sensor Akustik Serat Optik

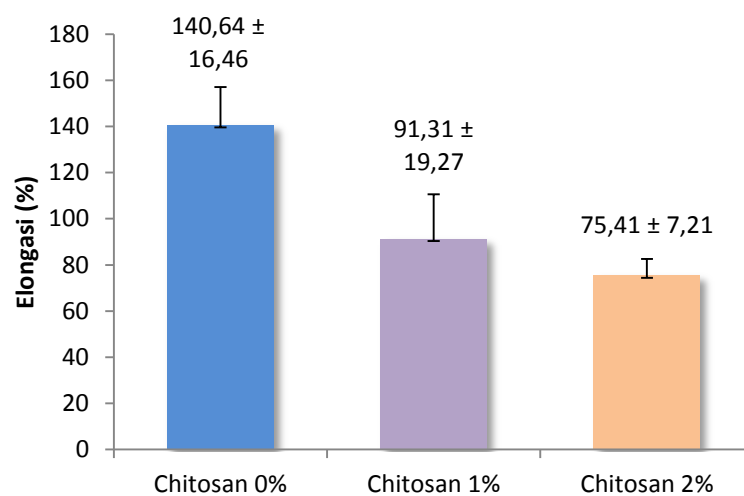
Kuat tarik diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik adalah $(38,48 \pm 4,09) - (47,42 \pm 3,78)$ N. Semakin tinggi konsentrasi *chitosan* yang diberikan dapat meningkatkan kekuatan tarik diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik yang dihasilkan. Peningkatan nilai kuat tarik diduga disebabkan interaksi antara gugus OH dan NH_2 dari *chitosan* dengan gugus OH dari PVOH yang membentuk ikatan hidrogen yang kuat (Leceta *et al.* 2013). El-Hefian *et al.* (2011) melaporkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *chitosan* maka

jumlah ikatan hidrogen yang terbentuk akan semakin banyak sehingga kuat tarik akan semakin besar. Rinaudo (2006) melaporkan juga bahwa kuat tarik dapat dipengaruhi oleh derajat deasetilasi *chitosan*, derajat deasetilasi yang tinggi maka jumlah gugus NH_2 akan semakin banyak sehingga ikatan hidrogen yang terbentuk akan semakin banyak dan meningkatkan kuat tarik.



Gambar 6 Kuat tarik (*tensile strength*) diafragma diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik

Diafragma komposit dengan penambahan *chitosan* 2% menunjukkan nilai regangan putus (dalam satuan Newton) yang paling tinggi. *Chitosan* memiliki kemampuan dalam pembentukan kompleks matriks, serta berikatan kuat dengan komponen PVOH, sehingga penambahan *chitosan* menunjukkan regangan putus yang semakin meningkat.



Gambar 7 Perpanjangan putus (elongasi) diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik

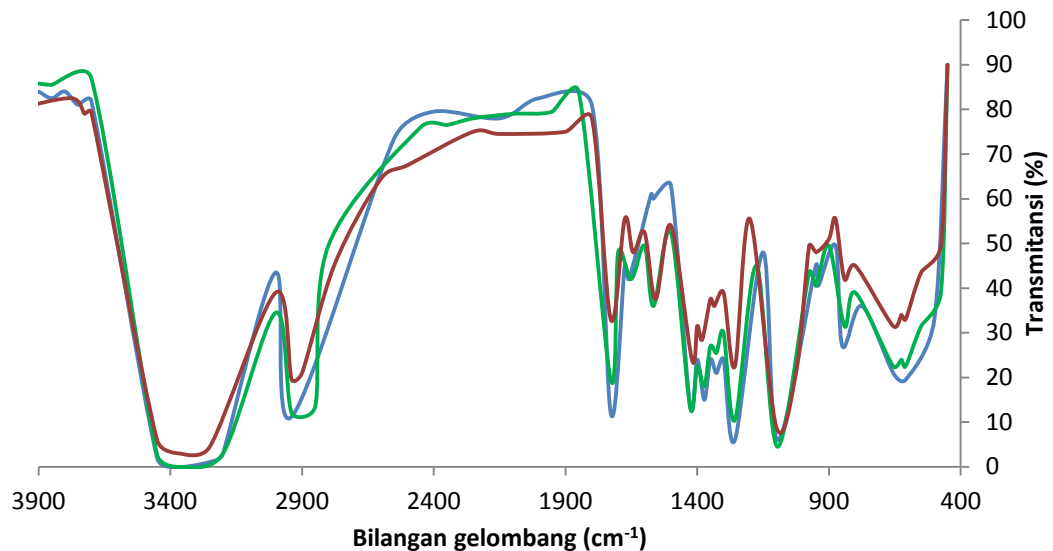
Persen elongasi yang tertinggi ditunjukkan oleh diafragma *chitosan* 0%, sementara yang terendah ditunjukkan oleh diafragma *chitosan* 2%. Nilai perpanjangan putus berbanding terbalik dengan kekuatan tarik atau regang putus. Semakin besar daya tahan membran terhadap gaya tarik yang diberikan, maka kemampuan untuk mengalami kemuluran juga akan semakin mengecil, sehingga nilai elongasinya juga menurun seiring meningkatnya kekuatan tarik.

Fourier Transform Infrared (FTIR) Diafragma Diafragma Komposit Chitosan Sensor Akustik Serat Optik

Analisis FTIR digunakan dalam penentuan keberadaan gugus fungsi yang berada pada diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik. Spektra gugus yang terlihat pada diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik konsentrasi *chitosan* 0% menunjukkan bilangan gelombang pada 3364 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi dari hidroksil (OH). Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan yang disampaikan oleh El-Hefian *et al.* (2011) yang menyatakan spektra dari gugus OH berada pada bilangan gelombang 3439 cm^{-1} . Perubahan bilangan gelombang gugus OH pada setiap konsentrasi disebabkan oleh terbentuknya ikatan hidrogen antara gugus hidrogen dari *chitosan* dan PVOH. Hal ini terlihat pada spektra dari gugus CH yang bervariasi pada bilangan gelombang 2695 hingga 2830 cm^{-1} (Gambar 8).

Chen *et al.* (2007) melaporkan bahwa gugus NH pada *chitosan* terdapat pada bilangan gelombang 1653 cm^{-1} . Diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik dengan konsentrasi *chitosan* 1% dan 2% belum terlihat spektra dari gugus NH, namun pada diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik *chitosan* 2% terlihat spektra gugus NH pada bilangan gelombang $1632,91\text{ cm}^{-1}$. Hasil tersebut diduga pada diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik konsentrasi *chitosan* 1% konsentrasi *chitosan* masih rendah sehingga belum terlihat gugus NH, namun pada konsentrasi 2% gugus NH mulai terlihat. Hasil ini didukung El-Hefian *et al.* (2010) yang melaporkan bahwa dengan peningkatan konsentrasi PVOH dapat menghilangkan spektra dari gugus NH dan terjadi peningkatan intensitas gugus CH. Zhang *et al.* (2007) melaporkan juga bahwa

perubahan bilangan gelombang dapat terjadi akibat interaksi antara gugus-gugus dari *chitosan* dengan PVOH.

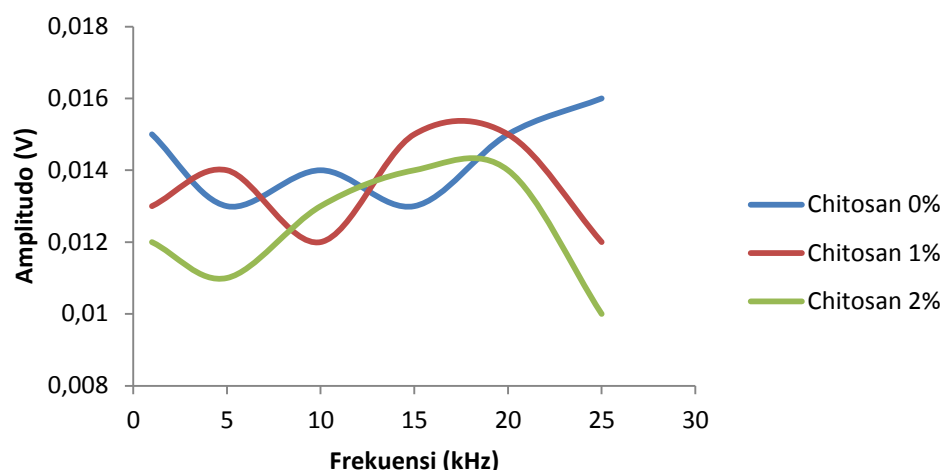


Gambar 8 Spektra diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik pada berbagai konsentrasi *chitosan* (Keterangan: — *chitosan* 0%, — *chitosan* 1%, — *chitosan* 2%)

Respon Diafragma Terhadap Tekanan Akustik

Analisis respon diafragma terhadap tekanan akustik dilakukan untuk mengetahui besarnya daya serap akustik oleh diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik yang telah dibuat. Diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik dengan konsentrasi *chitosan* 2% menghasilkan nilai respon paling tinggi pada setiap frekuensi cupliknya yaitu dengan rentang kenaikan sebesar 0,004 V. Hasil pengukuran nilai respon diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik disajikan pada Gambar 9.

Respon yang ditunjukkan berupa amplitudo tegangan (*voltage*), dan pada tingkat frekuensi akustik tertentu menunjukkan bentuk gelombang. Penambahan *chitosan* menunjukkan hasil grafik amplitudo tegangan yang memiliki kemiripan pada konsentrasi *chitosan* yang berbeda. Diafragma *chitosan* 1% menunjukkan respon pada rentang frekuensi 10-25 kHz, sementara diafragma *chitosan* 2% menunjukkan rentang yang lebih luas, yaitu pada frekuensi 5-25 kHz. Frekuensi yang direspon oleh diafragma *chitosan* pada mikrofon optik terletak pada rentang yang lebih tinggi, dibandingkan dengan diafragma milar atau poliester yang dapat mendeteksi 0,2-2500 Hz (Bucaro & Lagakos 2001).



Gambar 9 Respon diafragma *chitosan* diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik pada tingkat frekuensi yang berbeda

Penambahan konsentrasi *chitosan* terlihat meningkatkan respon akustik dibandingkan dengan tanpa *chitosan*. *Chitosan* yang merupakan bahan dielektrik mampu menyerap gelombang. Diafragma komposit *chitosan* sensor akustik serat optik yang telah dibuat, gugus amina pada *chitosan*, dan gugus hidroksil pada PVOH yang merupakan gugus aktif berotasi dan bergetar untuk menyerap energi dari gelombang suara yang dipancarkan. Wu *et al.* (2003) menyatakan bahwa rotasi dan getaran molekul disebabkan oleh kesamaan frekuensi gelombang yang dipancarkan dengan frekuensi getar dari molekul pada suatu bahan.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sensor akustik dapat dikembangkan melalui model mikrofon optik berbasis diafragma komposit *chitosan* dan PVOH. Diafragma komposit PVOH dengan penambahan *chitosan* 2% menunjukkan formulasi optimum dalam segi morfologis, fisik, mekanik, serta implementasinya pada sistem akustik. Dibandingkan dengan diafragma milar atau poliester yang dapat mendeteksi 0,2-2500 Hz, hasil uji respon diafragma terhadap tekanan akustik pada formula tersebut menunjukkan rentang frekuensi lebih luas, yaitu 5-25 kHz.

Saran

Pengujian sensor terhadap tekanan akustik pada kondisi kedap suara (*anechoic chamber*).

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] American Society for Testing Material. 2004. *ASTM D374: Standard Test Methods for Thickness of Solid Electrical Insulation*. Pennsylvania: American Society for Testing Material.
- [ASTM] American Society for Testing Material. 2007. *ASTM D789: Standard Test Methods for Determination of Solution Viscosities of Polyamide (PA)*. Pennsylvania: American Society for Testing Material.
- [ASTM] American Society for Testing Material. 2013. *ASTM D1708: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic by Use of Microtensile Specimens*. Pennsylvania: American Society for Testing Material.
- [ASTM] American Society for Testing Material. 2013. *ASTM E1252: Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis*. Pennsylvania: American Society for Testing Material.
- [WHO] World Health Organization. 1997. Prevention of noise-induced hearing loss. WHO-PDH Informal Consultation; Jenewa, 28-30 Oktober 1997. Jenewa: World Health Organization; 1997.
- Azadeh M. 2009. *Fiber Optics Engineering*. New York: Springer.
- Azofeifa DE, Arguedas HJ, Vargas WE. 2012. Optical properties of chitin and chitosan biopolymers with application to structural color analysis. *Optical Materials* 35: 175-183.
- Barber JR, Crooks KR, Fristrup KM. 2009. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends in Ecology and Evolution* 25(3): 180-189.
- Berglund B, Lindvall T, Schwela DH. 1999. Guidelines for Community Noise. WHO-expert task force meeting; London, April 1999. Jenewa: World Health Organization; 1999.
- Bonilla J, Fortunati E, Atarés L, Chiralt A, Kenny JM. 2014. Physical, structural and antimicrobial properties of poly vinyl alcohol-chitosan biodegradable films. *Food Hydrocolloids* 35: 463-470.
- Brumm H. 2010. Anthropogenic noise: Implications for conservation. Seewiesen: Max Planck Institute for Ornithology 89-93.
- Bucaro JA dan Lagakos N. 2001. Lightweight fiber optic microphones and accelerometers. *Review of Scientific Instruments* 72(6): 2816-2821.
- Chan AAYH dan Blumstein DT. 2011. Attention, noise, and implications for wildlife conservation and management. *Applied Animal Behaviour Science* 13: 1-7.
- Chen CH, Wang FY, Mao CF, Yang CH. 2007. Studies of chitosan I. Preparation and characterization of chitosan/poly(vinyl alcohol) blend films. *Journal of Polymer Science* 105: 1086-1092.
- Chen LH, Chan CC, Yuan W, Goh SK, Sun J. 2010. High performance chitosan diaphragm-based fiber-optic acoustic sensor. *Sensors and Actuators A: Physical* 163: 42-47.
- Chen LH, Chan CC, Ang XM, Yuan W, Zu P, Wong WC, Zhang Y, Leong KC. 2012^a. Miniature in vivo chitosan diaphragm-based fiber-optic ultrasound sensor. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* 18(3): 1042-1049.

- Chen LH, Li T, Chan CC, Menon R, Balamurali P, Shaillender M, Neu B, Ang XM, Zu P, Wong WC, Leong KC. 2012b. Chitosan based fiber-optic Fabry-perot humidity sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical* 169: 167-172.
- Clemmons JR dan Buchholz R. 1997. *Behavioral Approaches to Conservation in the Wild*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dallan PRM, Moreira PL, Petinari L, Malmonge SM, Beppu MM, Genari SC, Moraes AM. 2007. Effects of chitosan solution concentration and incorporation of chitin and glycerol on dense chitosan membrane properties. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* 80(2): 394-405.
- El-Hefian EA, Nasef MM, Yahaya AH. 2010. The preparation and characterization of chitosan/poly (vinyl alcohol) blended films. *Electronic Journal of Chemistry* 7(4): 1212-1219.
- El-Hefian EA, Nasef MM, Yahaya AH. 2011. Preparation and characterization of chitosan/poly(vinyl alcohol) blended films: mechanical, thermal and surface investigations. *Electronic Journal of Chemistry* 8(1): 91-96.
- Fraden J. 2010. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. New York: Springer.
- Gontard N, Guilbert S, Cuq JL. 1993. Water and glycerol as plasticizer affect mechanical and water vapor barrier properties of a wheat gluten film. *Journal of Food Science* 57: 190-195.
- Gupta BD. 2006. *Fiber Optic Sensors: Principles and Applications*. New Delhi: New India Publishing Agency.
- Kartika IWD. 2014. *Material Medis Penambal Membran Timpani Berbasis Komposit Chitosan Melalui Pendekatan Mekanoakustik* [skripsi] Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kim SK dan Je JY. 2011. Continuous production of chitooligosaccharides by enzymatic hydrolysis. Di dalam: Kim SK, editor. *Chitin, Chitosan, Oligosaccharides and Their Derivatives: Biological Activities and Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Koyano T, Koshizaki N, Umehara H, Nagura M, Minoura N. 2000. Surface states of PVA/chitosan blended hydrogels. *Polymer* 41: 4461-4465.
- Laiolo P. 2010. The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation. *Biological Conservation* 143: 1635-1645.
- Leceta I, Guerrero P, de la Caba K. 2013. Functional properties of chitosan-based films. *Carbohydrate Polymers* 93: 339-346.
- Lewis FL. 2004. Wireless sensor networks. Di dalam: Cook DJ dan Das SK, editor. *Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications*. New York: John Wiley & Sons.
- Muzzarelli RAA, Rocchetti R. 1985. The determination of the degree of acetylation of chitosan by first derivative ultraviolet spectrophotometry. *Journal of Carbohydrate Polymers* 5: 461-472.
- No HK dan Meyers SP. 1995. Preparation and characterization of chitin and chitosan: a review. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 4(2): 27-52.

- Park HJ, Chinnan MS. 1995. Gas and water vapour barrier properties of edible films from protein and cellulose materials. *Journal of Food Engineering* 25: 766.
- Portes E, Gardrat C, Castellan A, Coma V. 2009. Environmentally friendly films based on chitosan and tetrahydrocurcuminoid derivatives exhibiting antibacterial and antioxidative properties. *Journal of Carbohydrate Polymers* 76: 578-584.
- Raymond EA, Tarbuck TL, Brown MG, Richmond GL. 2003. Hydrogen-bonding interactions at the vapor/water interface investigated by vibrational sumfrequency spectroscopy of HOD/H₂O/D₂O mixtures and molecular dynamics simulations. *Journal of Physics Chemistry B* 107: 546-556.
- Rinaudo M. 2006. Chitin and chitosan: properties and applications. *Journal of Progress in Polymer Science* 31: 603-632.
- Tripathi S, Mehrotra GK, Dutta PK. 2009. Physicochemical and bioactivity of cross-linked chitosan film for food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules* 45: 372-376.
- Wang W dan Xu D. 1994. Viscosity and flow properties of concentrated solutions of chitosan with different degrees of deacetylation. *Int. J. Biol. Macromol.* 16(3): 149-152.
- Wu DY, Hayashi M, Shiu YJ. 2003. Theoretical calculations on vibrational frequencies and absorption spectra of S1 and S2 states of pyridine. *Journal of the Chinese Chemical Society* 50: 735-744.
- Yu Q dan Zhou X. 2011. Pressure sensor based on the fiber-optic extrinsic Fabry Perot interferometer. *Photonic Sensors* 1(1): 72-83.
- Zhang Y, Huang X, Duan B, Wu L, Li S, Yuan W. 2007. Preparation of electrospun chitosan/poly(vinyl alcohol membranes. *Colloid Polymer Science* 285: 855-863.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Justifikasi Penggunaan Dana

1. Peralatan penunjang

No	Material	Justifikasi Pemakaian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1	Labu ukur 100 mL	Formulasi	1	buah	160.000	160.000
2	Labu semprot	Formulasi	1	buah	15.000	15.000
3	Spin bar 3 cm	Formulasi	1	buah	37.500	37.500
4	Jerigen akuades	Sampel	1	buah	5.000	5.000
5	Penggunaan oven	Sampel	24	jam	24.000	396.000
6	Penggunaan <i>magnetic stirrer</i>	Sampel	1	jam	2.000	66.000
7	Coolbox ukuran kecil	Sampel	1	unit	125.000	125.000
8	Serat optik bifurkasi	Analisis	1	unit	3.600.000	3.600.000
9	Kotak bersekat	Sampel	1	buah	35.000	35.000
10	Pembuatan cetakan kaca	Sampel	6	buah	20.000	120.000
					SUBTOTAL	4.559.500

2. Bahan habis pakai

No	Material	Justifikasi Pemakaian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1	<i>Chitosan</i> serbuk	Sampel	1	100 gram	125.000	125.000
2	Kristal PVOH	Sampel	1	kilogram	100.000	100.000
3	Akuades	Sampel	10	Liter	2.000	20.000
4	Asam asetat p.a.	Sampel	1	600 mL	150.000	150.000
5	Gliserol	Sampel	1	600 mL	320.000	1.920.000
6	Gel silika	Formulasi	5	ons	8.000	40.000
7	Spidol perak	Analisis	1	buah	14.000	14.000
8	<i>Aluminium foil</i>	Formulasi	1	gulung	18.000	18.000
9	Tisu	Formulasi	4	gulung	10.000	10.000
10	Tali ikat kabel	Analisis	1	100 buah	15.000	15.000
11	<i>Plastic wrap</i>	Formulasi	1	gulung	20.000	20.000
12	Plastik klip	Sampel	1	pak	8.000	8.000
13	Baterai	Analisis	1	pak	10.000	10.000
14	Kertas pH	Formulasi	1	pak	60.000	60.000
15	Spons	Sampel	2	buah	21.000	42.000
SUBTOTAL						2.552.000

3. Pengujian

No	Keterangan	Justifikasi Pemakaian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1	Penggunaan peralatan <i>set-up</i> pengujian	Analisis	2	kegiatan	350.000	700.000
2	Viskositas	Analisis	6	sampel	25.000	150.000
3	FTIR	Analisis	6	sampel	150.000	900.000
4	SEM	Analisis	3	sampel	300.000	900.000
5	Ketebalan	Analisis	3	sampel	30.000	90.000
6	Kuat tarik dan elongasi	Analisis	3	sampel	50.000	150.000
SUBTOTAL						2.890.000

4. Perjalanan

No	Keterangan	Justifikasi Pemakaian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1	Perjalanan pembelian alat dan bahan (2 orang)	Formulasi	1	kegiatan	40.000	40.000
2	Perjalanan menuju PUSPIPTEK (2 orang)	Analisis	2	kegiatan	70.000	140.000
3	Perjalanan menuju BPMB Ciracas	Analisis	3	kegiatan	82.000	246.000
4	Pengiriman sampel ke Puslitbang Geologi Laut, Bandung	Analisis	1	kegiatan	20.000	20.000
SUBTOTAL						446.000

5. Pengeluaran lain

No	Keterangan	Justifikasi Pemakaian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
1	Penyusunan laporan kemajuan dan <i>logbook</i>	Pencetakan	8	kegiatan	5.000	40.000
2	Buku nota	Dokumentasi	1	buah	2.500	2.500
3	ATK	Dokumentasi	2	set	25.000	50.000
					SUBTOTAL	92.500
					TOTAL (Keseluruhan)	10.540.000

Lampiran 2 Bukti-bukti Pendukung Kegiatan



Homogenasi larutan dasar diafragma



Penuangan larutan dalam cetakan

Pengovenan larutan diafragma *chitosan* (40°C; 24-48 jam)Analisis *Scanning Electron Microscopy*

Analisis gugus fungsi dengan FTIR



Pengukuran viskositas



Pengukuran regang putus dan elongasi



Pengukuran ketebalan



Set-up rangkaian sensor akustik