



LAPORAN AKHIR PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

**PROTOTYPE TEKNOLOGI SILUMAN (*STEALTH*)
MATERIAL ORGANIK PENYERAP GELOMBANG RADAR
DARI KOMPOSIT POLIMER *CHITOSAN*-HIDROKSIAPATIT
UNTUK APLIKASI PERALATAN MILITER WILAYAH PERBATASAN**

**BIDANG KEGIATAN :
PKM-PENELITIAN**

Disusun oleh :

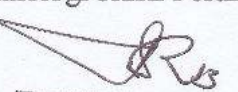
Esa Ghanim Fadhallah	C34080063	(2008, Ketua Kelompok)
Elka Firmanda	C34080056	(2008, Anggota Kelompok)
Nur Aziezh Hapsari	C34090067	(2009, Anggota Kelompok)
Santoso Darmo Atmojo	C34100050	(2010, Anggota Kelompok)
Bayu Irianto	C34100040	(2010, Anggota Kelompok)

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013**

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan : Prototype Teknologi Siluman (*Stealth*) Material Organik Penyerap Gelombang Radar dari Komposit Polimer *Chitosan*-Hidroksiapatit untuk Aplikasi Peralatan Militer Wilayah Perbatasan
2. Bidang Kegiatan : PKM-P
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
 - a. Nama Lengkap : Esa Ghanim Fadhallah
 - b. NIM : C34080063
 - c. Jurusan : Teknologi Hasil Perairan
 - d. Universitas : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat Rumah : Perumahan Ciomas Permai Blok D1/11, Bogor
 - f. Nomor Telepon/HP : (0251) 8636407/085711936487
 - g. Alamat Email : dark_dragon416@yahoo.com
4. Anggota Pelaksana : 4 orang
5. Dosen Pendamping
 - a. Nama Lengkap : Bambang Riyanto, S.Pi, M.Si
 - b. NIDN : 0003066903
 - c. Alamat Rumah : Jl. Katelia III/23 Taman Yasmin, Bogor
 - d. Alamat Email : bambangriyanto.ipb@gmail.com
6. Biaya Kegiatan Total
 - a. Dikti : Rp 10.750.000
 - b. Sumber lain : -
7. Jangka Waktu Pelaksanaan : 5 bulan

Menyetujui,
Ketua Departemen
Teknologi Hasil Perairan


(Dr. Ir. Ruddy Suwandi, MS., M.Phil)
NIP. 19580511 198503 1 002

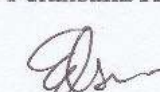
Wakil Rektor
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan


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



Bogor, 20 Agustus 2013

Ketua Pelaksana Kegiatan


(Esa Ghanim Fadhallah)
NIM. C34080063

Dosen Pendamping


(Bambang Riyanto, S.Pi, M.Si)
NIDN. 0003066903

**Prototype Teknologi Siluman (*Stealth*) Material Organik Penyerap
Gelombang Radar dari Komposisi Polimer *Chitosan*-Hidroksiapatit untuk
Aplikasi Peralatan Militer Wilayah Perbatasan**

ABSTRAK

Daerah wilayah perbatasan di Indonesia masih sering dilanda permasalahan dengan negara lain, dan dengan kata lain hal ini mengindikasikan lemahnya sistem pertahanan militer di daerah perbatasan. Oleh karena perlu dikerahkan pasukan khusus di wilayah perbatasan yang menggunakan teknologi canggih, salah satunya adalah teknologi siluman (*stealth*). Material penyerap gelombang radar memainkan peranan penting dalam teknologi ini. *Chitosan* dan hidroksiapatit diduga merupakan kombinasi material organik baru yang dapat dikembangkan sebagai material penyerap gelombang radar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan prototype teknologi siluman (*stealth*) material organik penyerap gelombang radar dari komposit polimer *chitosan*-hidroksiapatit untuk aplikasi peralatan militer wilayah perbatasan. Karakteristik kualitas dari material prototype yang dianalisis adalah analisis viskositas larutan, FTIR, SEM, ketebalan material, kuat tarik. Kemampuan material *prototype* dalam menyerap gelombang radar diuji dengan analisis *reflection loss*. Bentuk *film prototype* menyerupai lembaran plastik tipis dan transparan dengan warna coklat kekuningan. Nilai ketebalan berkisar dari 0,14-0,17 mm. Material ini memiliki nilai kekuatan tarik yang berkisar dari 106,33±2,82-159,33±1,41 kPa. Analisis SEM memperlihatkan struktur homogen yang ditandai dengan interaksi yang baik antara *chitosan*, PVA, dan hidroksiapatit. Besar daya serap gelombang radar oleh material *prototype* ditunjukkan dengan makin besarnya nilai *reflection loss*. Nilai optimum didapatkan pada film *prototype* dengan campuran *chitosan* 2%, PVA 5%, dan hidroksiapatit 0,04 gram dengan nilai rata-rata *reflection loss* - 32,0907±4,0763 dB.

Kata kunci: *chitosan*, hidroksiapatit, material penyerap gelombang, polivinil alkohol, *reflection loss*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tulisan ini dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bambang Riyanto, S.Pi, M.Si atas segala arahan, bimbingan, dan inspirasi yang telah diberikan. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak DIKTI yang telah memberikan kesempatan dan memfasilitasi penulis untuk dapat menuangkan ide-ide kreatif ke dalam suatu tulisan yang bermanfaat. Semoga tulisan ini dapat memberikan inspirasi baru akan teknologi sederhana bagi sistem pertahanan militer Indonesia. Kami menyadari bahwa dalam pelaksanaan dan penulisan laporan akhir PKMP ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat kami diharapkan. Semoga kegiatan ini bermanfaat bagi kita semua dan pembangunan perikanan Indonesia untuk mensejahterakan bangsa.

Bogor, 20 Agustus 2013

Penulis

I PENDAHULUAN

Latar Belakang

Teknologi militer dan perang paling kuat di planet bumi ini masih digenggam oleh Amerika Serikat. Sepanjang sejarah, kemajuan dalam teknologi militer Amerika Serikat telah didorong oleh adanya inovasi. Semua cabang militer secara konsisten telah berhasil menggunakan teknologi baru yang inovatif dan kreatif untuk memperoleh kemenangan atas musuh. National Defense Magazine (2011) melaporkan bahwa terdapat 10 jenis inovasi dalam teknologi militer yang dikembangkan Amerika Serikat, dan salah satunya adalah teknologi pengawasan super luas (*Wide Area Surveillance*).

Teknologi pengawasan *Wide Area Surveillance*, menurut Global Security Organization (2012) mampu memberikan pengawasan pada wilayah yang luas untuk mengamati dan mendeteksi aktivitas spesifik. Teknologi ini dapat diterapkan pada pengawasan di daerah yang kerap kali terjadi kasus perbatasan daerah, diantaranya yaitu perseteruan antara daerah provinsi Kalimantan Barat dengan negara Malaysia (Bratadharma, 2012), dan pelanggaran perbatasan laut Indonesia-Malaysia yang terjadi di kawasan perairan Provinsi Kepulauan Riau (Adhidharta, 2011). Kasus-kasus tersebut juga mengindikasikan masih lemahnya teknologi pertahanan militer Indonesia (Bratadharma, 2012). Namun, untuk peningkatan teknologi militer dibutuhkan suatu gagasan maupun kajian yang bersifat inovatif.

Salah satu jenis inovasi teknologi yang dapat diadopsi oleh Indonesia berdasarkan permasalahan yang ada dan dalam rangka peningkatan teknologi militer adalah teknologi siluman (*stealth*), yang merupakan barometer kekuatan militer yang memungkinkan peralatan perang tak terdeteksi oleh radar (Saville *et al.*, 2005). Pengembangan teknologi ini dapat diterapkan dengan membuat suatu material yang mampu menyerap gelombang radar, yaitu material penyerap gelombang radar (*radar absorbing material*).

Saat ini telah banyak dikembangkan material dari jenis bahan lain, diantaranya besi polikristalin dan besi karbonil (Ghasemi *et al.*, 2008), serat karbon (Lin *et al.*, 2008) dan grafit serta silikon karbid berbasis keramik (Sert & Megen, 2009). Kecenderungan material penyerap gelombang radar baru juga mulai mengarah kepada material organik, diantaranya berupa serat kolagen (Liu *et al.*, 2011), namun terobosan akan material organik masih belum banyak dikembangkan. Salah satu bahan yang belum pernah dikembangkan menjadi material penyerap gelombang radar adalah *chitosan*. Sifat yang mendukung dari material ini sebagai penyerap gelombang radar adalah dari sifat dielektriknya (Augustine *et al.*, 2003) yang diduga mampu menyimpan energi dari gelombang radar.

Sifat *chitosan* sebagai material dielektrik telah dikaji oleh beberapa peneliti sebagai *fiber-optic sensor* (Kurauchi *et al.* 1997) dan sebagai elektrolit baterai (Khar & Arof 2011; Riyanto *et al.* 2011). *Chitosan* memiliki nilai dielektrik yang rendah (Begum *et al.*, 2011), namun tetap berpotensi digunakan sebagai material penyerap gelombang. Namun bila menggunakan *chitosan* saja, diduga nilai penyerapan gelombang akan kurang. Oleh karena itu, perlu tambahan material lain yang dapat digunakan untuk meningkatkan daya serap gelombang, salah satunya dengan menambahkan material magnetik, yaitu hidroksiapatit.

Hidroksiapatit telah dikembangkan dibanyak bidang, diantaranya sebagai material magnetik dengan aktivitas spesifik (Akiyama *et al.*, 2005), berinteraksi di medan magnet (Feng *et al.* 2010), dan bersifat ferromagnetik (Singh *et al.* 2012). Berdasarkan kajian-kajian tersebut diduga material-material ini berpotensi untuk dikembangkan sebagai material penyerap gelombang radar. Kombinasi dari material dielektrik dan material magnetik dari *chitosan* dan hidroksiapatit diharapkan akan meningkatkan nilai daya serap gelombang radar yang dihasilkan. Oleh karena itu pengembangan material organik penyerap gelombang radar dari *chitosan* dan hidroksiapatit menjadi penting untuk dilakukan dan menjadi gagasan baru dalam peningkatan teknologi siluman untuk militer Indonesia.

Tujuan Program

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan prototype teknologi siluman (*stealth*) material organik penyerap gelombang radar dari komposit polimer *chitosan*-hidroksiapatit untuk aplikasi peralatan militer wilayah perbatasan

Luaran Yang Diharapkan

1. Adanya prototype teknologi siluman (*stealth*) material organik penyerap gelombang radar dari komposit polimer *chitosan*-hidroksiapatit.
2. Terpenuhinya karakteristik material penyerap gelombang radar, yang mengacu Inui *et al.* (1992).
3. Modifikasi teknik baru pembuatan material penyerap gelombang radar dari penelitian El-Hefian *et al.* (2010).
4. Model formulasi baru untuk pembuatan material penyerap gelombang radar terdiri dari campuran *chitosan* dan PVA dengan penambahan hidroksiapatit.

Kegunaan Program

Bidang Militer Indonesia

1. Adanya pengembangan teknologi di bidang militer
2. Sebagai teknologi antisipasi baru bagi bidang militer di Indonesia
3. Dapat menangkal dan meminimalisasi kasus perbatasan daerah Indonesia

Bidang Industri Indonesia

1. Memberikan inovasi baru material penyerap gelombang radar organik yang ramah lingkungan
2. Dapat ditingkatkan ke skala industri, khususnya di bidang militer
3. Nilai tambah baru dari limbah perikanan untuk industri militer Indonesia

Potensi Paten dan Kebaruan Ilmiah

1. Material komposit polimer dengan kombinasi material dielektrik dan magnetik dari *chitosan*-hidroksiapatit sebagai penyerap gelombang radar.
2. Karakteristik material komposit polimer dari kombinasi *chitosan*-hidroksiapatit.

II TINJAUAN PUSTAKA

Chitosan

Chitosan biasanya ditemukan di alam sebagai kitin, yang secara natural merupakan komponen makromolekul berupa polisakarida yang dibentuk dari n-asetil-2-amino-2-deoksi-d-glukosa melalui ikatan β -(1,4) glikosida (Teng, 2012). Menurut Koev *et al.* (2010), *chitosan* sebagai biomaterial cocok untuk dikembangkan diaplikasikan pada banyak bidang, sebab *chitosan* bersifat *biocompatible* dan *biodegradable*. Selain itu hasil degradasi dari *chitosan* tidak

berbahaya dan non-antigenik (tidak menyebabkan respon kekebalan pada organisme).

Hidroksiapatit

Hidroksiapatit (HA) merupakan anggota dari mineral apatit dan mempunyai struktur kalsium fosfat yang mengandung hidroksida. Hidroksiapatit memiliki struktur kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ yang sama dengan struktur kimia yang dimiliki komponen mineral pada tulang. Kesamaan struktur itulah yang membuat hidroksiapatit mampu menggantikan jaringan tulang yang rusak tanpa menyebabkan kerusakan pada jaringan lain yang sehat (Huang *et al.*, 2011).

Material Penyerap Gelombang Radar (*Radar Absorbing Material*)

Menurut Caffarena *et al.* (2007), material penyerap gelombang radar memainkan peran penting dalam teknologi siluman (*stealth*), yaitu sebagai material yang mampu mencegah deteksi dengan cara menyerap gelombang radar dan menekan jumlah gelombang yang dipantulkan dari struktur logam yang terdapat pada badan kapal. Hebeish *et al.* (2008) menuturkan beberapa persyaratan material dapat berperan sebagai *radar absorbing material*, yaitu material tersebut harus tipis, ringan, tahan lama, murah, mudah diterapkan dan memiliki rentang frekuensi penyerapan yang luas. Selain itu, material juga harus dapat berinteraksi baik dengan medan listrik dari radiasi dan komponen listrik radiasi elektromagnetik (Saville *et al.*, 2005).

III METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi ekstraksi hidroksiapatit dari tulang ikan (Barakat *et al.*, 2009), formulasi material penyerap gelombang radar yang terdiri dari campuran *chitosan* dan PVA (Liang *et al.*, 2009) dengan penambahan hidroksiapatit, pembuatan material (El-Hefian *et al.*, 2010), karakterisasi kualitas material (Podlaseck *et al.*, 1996), karakterisasi material penyerap gelombang radar (Inui *et al.*, 1992).

Larutan *chitosan* dibuat dengan melarutkan 2 gram dalam 100 ml asam asetat 1%. Larutan PVA dibuat dengan melarutkan 5 gram PVA dalam 100 ml akuades pada suhu 90 °C. Selanjutnya kedua larutan didiamkan hingga mencapai suhu ± 25 °C. Setelah mencapai suhu ± 25 °C kedua larutan tersebut dihomogenisasi menggunakan *hot magnetic stirrer* selama 10 menit hingga homogen. Selanjutnya ditambahkan hidroksiapatit sebanyak 0,5 gram dan 1 gram, dan dihomogenisasi kembali selama 10 menit. Pengujian kualitas larutan mengacu pada Abu-Aiad *et al.* (2005) yang meliputi uji viskositas.

Teknik pembuatan material yang berbentuk *film* mengacu pada El-Hefian *et al.* (2010), dimana larutan yang telah homogen selanjutnya dicetak. Kemudian dikeringkan di dalam oven selama 15 jam pada suhu 60 °C dan didiamkan hingga kering pada suhu ± 25 °C selama 1 hari. Selanjutnya *film* yang telah terbentuk dilepaskan dari wadah kaca secara perlahan dan siap untuk dikarakterisasi. Karakterisasi kualitas *film* yang dilakukan meliputi pengujian ketebalan (El-Hefian *et al.*, 2010), FTIR (Costa-Junior *et al.*, 2009), SEM (Tripathi *et al.*, 2003) dan uji kuat tarik (ASTM, 1989). Karakterisasi sifat penyerap gelombang meliputi pengujian *reflection loss* (Inui *et al.*, 1992).

IV PELAKSANAAN PROGRAM

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juni 2013, Bertempat di Laboratorium Biokimia Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan; Laboratorium Pengolahan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian; Laboratorium Pusat Studi Biofarmaka, Institut Pertanian Bogor; Laboratorium Bidang Bahan Industri Nuklir, Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, BATAN; Laboratorium Telekomunikasi, Universitas Indonesia.

Jadwal Faktual Pelaksanaan

Kegiatan PKMP dilaksanakan selama 5 bulan. Jadwal pelaksanaan kegiatan PKMP disajikan pada Lampiran 1.

Instrumen Pelaksanaan

Bahan utama yang digunakan pada kegiatan ini adalah *chitosan* dan limbah tulang ikan. Bahan lain yang digunakan diantaranya aseton, polivinil alkohol (PVA) 88% *hydrolyzed*, asam asetat (CH_3COOH) 1% (pro analis) dan akuades. Peralatan yang digunakan selama pelaksanaan diantaranya *hot magnetic stirrer* (Yamato), oven (Yamato), wadah kaca dengan ukuran 40 x 40 x 2 cm, viskometer Brookfield, mikroskop SEM (JEOL JSM-6510LA), spektrofotometer (Bruker Tensor 27), mikrometer sekrup, *Tensile Strength and Elongation Tester* Stograph-Mi Toyoseiki, VNA (*Vector Network Analyzer*) Agilent N5230C-420.

Rancangan dan Realisasi Biaya

Biaya yang digunakan untuk kegiatan ini adalah Rp 10.350.000. Rincian penggunaan biaya selama penelitian disajikan pada Lampiran 2.

V HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *chitosan*

Bahan baku dalam pembuat material penyerap gelombang radar ini adalah *chitosan*. Hasil analisis terhadap *chitosan* yang digunakan adalah nilai derajat deasetilasi sebesar 87,5%, kadar air 8,6% dan kadar abu 0,5%. Hasil karakterisasi ini sudah berada dalam kisaran standar Muzarelli (1985), atau dengan kata lain *chitosan* yang digunakan memiliki mutu yang baik. Hasil karakterisasi *chitosan* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil karakterisasi *chitosan*

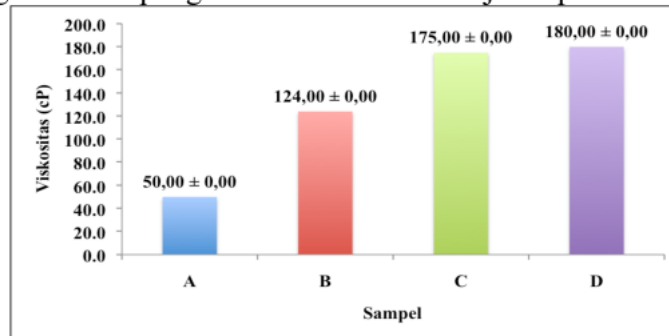
Parameter	Hasil penelitian	Standar*
Derajat deasetilasi (%)	87.5	> 70
Kadar air (%)	8.6	> 10
Kadar abu (%)	0.5	< 2

*Sumber: Muzarelli (1985)

Viskositas Larutan

Kekentalan (viskositas) adalah sifat dari fluida untuk melawan tegangan geser pada waktu bergerak atau mengalir. Data viskositas pada sampel A, sampel B, sampel C, dan sampel D berturut-turut adalah $50,00 \pm 0,00$ cps; $124,00 \pm 0,00$ cps; $175,00 \pm 0,00$ cps; dan $180,00 \pm 0,00$ cps. Terjadinya peningkatan nilai viskositas diduga karena adanya interaksi antara *chitosan*, PVA, dengan hidroksiapatit yang membentuk ikatan hidrogen dengan kekuatan yang besar sehingga viskositas semakin meningkat. Wang *et al.* (1991) menyampaikan bahwa di dalam larutan, tingginya muatan positif akan menghasilkan adanya gaya tolak menolak, yang akan membuat polimer yang sebelumnya berbentuk

gulungan membuka menjadi rantai lurus, sehingga mengakibatkan viskositas larutan meningkat. Hasil pengukuran viskositas disajikan pada Gambar 1.

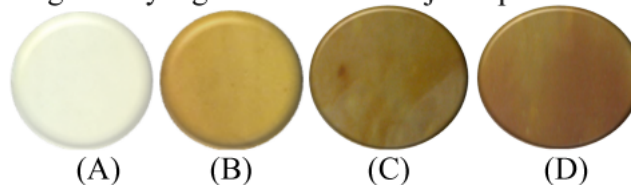


Keterangan : A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 gram
 : D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 gram

Gambar 1 Hasil pengukuran viskositas

Bentuk *Prototype* Material Penyerap Gelombang Radar

Bentuk *prototype* material penyerap gelombang radar yang telah dibuat terlihat menyerupai lembaran plastik tipis dan transparan dengan warna sedikit kekuningan. Warna *film* yang kekuningan diduga karena pengaruh konsentrasi dari kitosan yang digunakan dan adanya penambahan serbuk hidroksiapatit yang berwarna gelap. Dallan *et al.* (2007) menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dalam larutan akan membuat warna larutan semakin keruh yang akan mempengaruhi warna *film* yang dihasilkan. Penampakan *prototype* material penyerap gelombang radar yang telah dibuat disajikan pada Gambar 2.

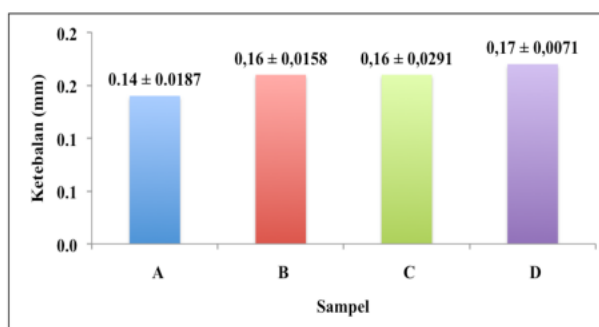


Keterangan : A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 gram
 : D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 gram

Gambar 2 Bentuk *prototype* material penyerap gelombang radar

Ketebalan *Prototype* Material Penyerap Gelombang Radar

Nilai ketebalan dari *prototype* yang dihasilkan cenderung tidak berbeda jauh namun peningkatan konsentrasi *chitosan* terlihat makin meningkatkan ketebalannya. Nilai ketebalan komposit polimer *chitosan*-PVA-HAp pada sampel A, sampel B, sampel C, dan sampel D berturut-turut 0,14±0,0187 mm; 0,16±0,0156 mm; 0,16±0,0291; dan 0,17±0,0071 mm. Nilai ketebalan secara signifikan tidak berbeda jauh walaupun cenderung meningkat. Hal ini diduga karena jumlah larutan yang ditambahkan tiap perlakuan sama. Hal lain yang mempengaruhi ketebalan *film* menurut Park dan Chinnan (1995) diantaranya adalah luas cetakan, volume larutan, dan jumlah padatan dalam larutan. Hasil pengukuran ketebalan *film* disajikan pada Gambar 3.

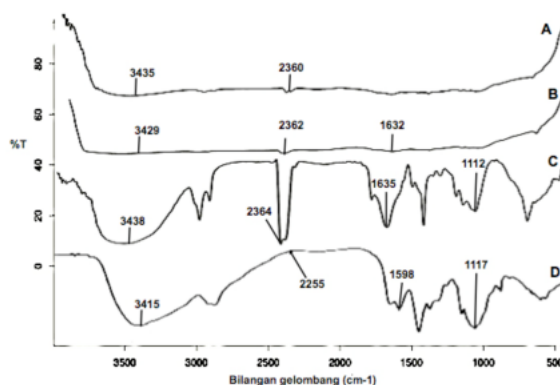


Keterangan : A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 gram
 : D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 gram

Gambar 3 Hasil pengukuran ketebalan *prototype* material penyerap gelombang

Fourier Transform Infra-Red (FTIR)

Analisis FTIR digunakan pada penentuan keberadaan gugus fungsi yang berada pada sampel. Sampel yang telah dianalisis FTIR adalah sampel A, sampel B, sampel C, dan sampel D. Pada sampel A (PVA 5%) terdapat gugus OH (pada 3435 cm^{-1}) dan CH (pada 2360 cm^{-1}) yang merupakan gugus fungsional PVA, pada sampel B (PVA 5%, *chitosan* 2%) terdapat tambahan gugus NH (pada 1632 cm^{-1}) yang merupakan gugus fungsi dari *chitosan*, serta pada sampel C dan D (dengan penambahan hidroksiapatit) terdapat tambahan gugus PO_4 (pada 1112 cm^{-1} dan 1117 cm^{-1}). Gugus fungsi di tiap sampel terdapat perbedaan bilangan gelombang yang tidak berbeda jauh. Zhang *et al.* (2007) menyatakan bahwa perubahan bilangan gelombang ini dapat terjadi akibat interaksi antara gugus-gugus dari bahan-bahan yang dicampurkan. Hasil analisis FTIR pada sampel disajikan pada Gambar 4.



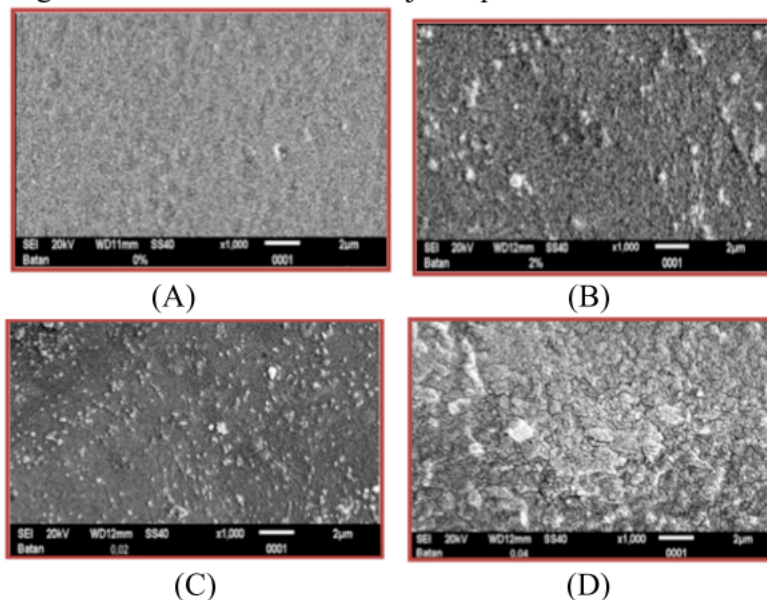
Keterangan : A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 gram
 : D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 gram

Gambar 4 Spektrum inframerah *prototype* material penyerap gelombang

3.5 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari *prototype* material penyerap gelombang radar. Sampel yang telah dianalisis SEM adalah sampel A, sampel B, sampel C, dan sampel D. Material *prototype* secara umum tampak halus dan homogen serta terdapat butir-butir halus yang seragam yang

terdapat pada permukaan *film*. Hal ini menunjukkan bahwa bahan-bahan tercampur dengan baik atau dengan kata lain terjadi interaksi antara *chitosan*, PVA, dengan hidroksiapatit. Koyano *et al.* (2000) menyatakan bahwa interaksi kitosan dengan PVA adalah berupa pembentukan ikatan hidrogen antara gugus amina (NH_2) pada kitosan yang bermuatan positif dengan gugus hidroksil (OH) pada PVA yang bermuatan negatif. Hasil analisis SEM disajikan pada Gambar 5.

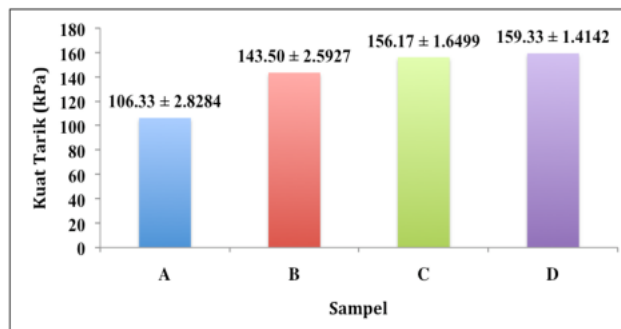


Keterangan : A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 gram
 : D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 gram

Gambar 5 Hasil analisis SEM *prototype* material penyerap gelombang

Tensile Strength (Kuat Tarik)

Analisis kuat tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari prototype material penyerap gelombang radar yang dihasilkan. Nilai kuat tarik dari sampel A, sampel B, sampel C, dan sampel D berturut-turut adalah $106,33 \pm 2,8284$ kPa; $143,50 \pm 2,5927$ kPa; $156,17 \pm 1,6499$ kPa; dan $159,33 \pm 1,4142$ kPa. Peningkatan nilai kuat tarik ini disebabkan terbentuknya ikatan hidrogen yang kuat dari interaksi antara *chitosan*, PVA, dan hidroksiapatit. Menurut Zhou *et al.* (1990) adanya gugus PO_4 dan OH dari hidroksiapatit akan membentuk ikatan hidrogen bila bertemu dengan gugus karbon dan amina. Hasil analisis kuat tarik disajikan pada Gambar 6.



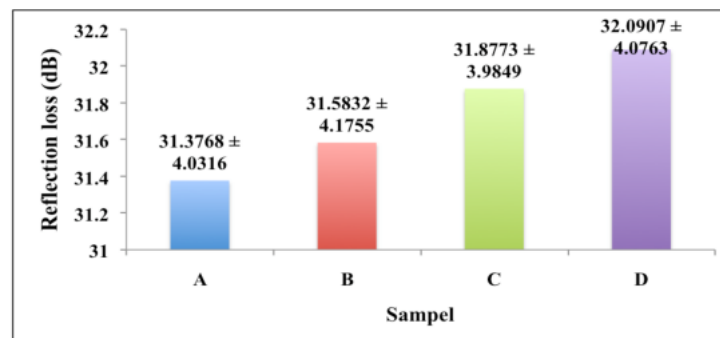
Keterangan : A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram

: C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 gram
 : D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 gram

Gambar 6 Hasil analisis kuat tarik *prototype* material penyerap gelombang

Reflection Loss

Analisis *reflection loss* merupakan analisis untuk mengetahui seberapa besar daya serap gelombang elektromagnetik (radar) oleh material *prototype* yang telah dibuat. Berdasarkan data terjadi peningkatan daya serap gelombang. Peningkatan daya serap gelombang diduga disebabkan semakin tingginya konsentrasi hidroksiapatit yang ditambahkan sehingga menyebabkan semakin banyak gelombang elektromagnetik yang diserap sifat magnetnya oleh hidroksiapatit. Menurut Won-Jun *et al.* (2005), suatu material dapat menyerap gelombang elektromagnetik melalui dua cara, yaitu dengan mengubah gelombang yang masuk menjadi energi panas oleh bahan dielektrik dan dengan menyerap (medan magnetik) oleh material magnetik. Hasil analisis kuat tarik disajikan pada Gambar 7.



Keterangan : A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 gram
 : C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 gram
 : D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 gram

Gambar 7 Hasil analisis kuat tarik *prototype* material penyerap gelombang

V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Chitosan dan hidroksiapatit dapat digunakan pada pembuatan *prototype* material penyerap gelombang radar. *Film prototype* material penyerap gelombang radar memiliki bentuk seperti plastik bening hingga kuningan kecoklatan dengan ketebalan 0,14-0,17 mm. Struktur morfologi *film prototype* terlihat homogen yang menunjukkan interaksi yang baik antara *chitosan*, PVA dan hidroksiapatit.

Sampel D (*chitosan* 2%, PVA 5%, Hap 0,04 gr) memiliki nilai kuat tarik *film* dan viskositas larutan yang tinggi, yaitu 159,33±1,412 kPa dan 180,00±0,00 cps. Penambahan *chitosan* dan hidroksiapatit dapat meningkatkan daya serap gelombang radar. Sampel D (*chitosan* 2%, PVA 5%, Hap 0,04 gr) memiliki nilai daya serap gelombang terbaik, yaitu berkisar dari -28,534775-39,261556 dB dengan rata-rata -32,0907±4,0763 dB.

Saran

Perlu adanya aplikasi dari *prototype* sebagai bahan penyerap gelombang radar menjadi produk seperti baju seragam tentara, bahan pelapis senjata militer, dan kemudian diujikan kemampuan penyerapannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akiyama J, Hashimoto M, Takadama H, Nagata F, Yokogawa Y, Sassa K, Iwai K, Asai S. 2005. Formation of polycrystal hydroxyapatite using high magnetic field with mechanical sample rotation. *Materials Transactions* 46(2): 203-206.
- [ASTM] American Society for Testing and Material. 1989. *Standard Method for Oxygen Gas Transmission Rate of Material*. Philadelphia: ASTM Book of Standards D3985-81.
- Augustine R, Kallapura U, Mathew KT. 2008. Biocompatibility study of hydroxyapatite-citosan composite for medical applications at microwave frequencies. *Microwave and Optical Technology Letters* 50(11): 2931-2934.
- Barakat NAM, Khil MS, Omran AM, Sheikh FA, Kim HY. 2009. Extraction of pure natural hydroxyapatite from the bovine bones bio waste by three different methods. *Journal of Materials Processing Technology* 209: 3408-3415.
- Begum AA, Radhakrishnan R, Nazeer KP. 2011. Study of structure-property relationship on sulfuric acid crosslinked chitosan membranes. *Malaysian Polymer Journal* 6(1): 27-38.
- Bratadharma A. 2012. Daerah perbatasan teriak kepadamu, wahai pemerintah pusat. sosbud.kompasiana.com [23 September 2012].
- Costa-Junior ES, Barbosa-stancioli EF, Mansur AAP, Vasconcelos WL. 2009. Preparation and characterization of chitosan/poly(vinyl alcohol) chemically crosslinked blends for biomedical applications. *Journal of Carbohydrate Polymers* 76: 472-481.
- 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.
- Feng Y, Gong JL, Zeng GM, Niu QY, Zhang HY, Niu CG, Deng JH, Yan M. 2010. Adsorption of Cd (II) and Zn (II) from aqueous solutions using magnetic hydroxyapatite as adsorbents. *Chemical Engineering Journal* 162: 487-494.
- Ghasemi A, Hossienpour A, Morisako A. 2008. Investigation of the microwave absorptive behavior of doped barium ferrites. *Material Design* 29: 112-117.
- Global Security Organization. 2012. Air force space based wide area surveillance. www.globalsecurity.org [23 September 2012].
- Huang YC, Hsiao PC, Chai HJ. 2011. Hydroxyapatite extracted from fish scale: effects on MG63 osteoblast-like cells. *Ceramics International* 37: 1825-1831.
- Inui T, Hatakeyama K, Yoshiuchi S, Harada T, Kizaki T. 1992. Electromagnetic wave absorber. United States Patent, US005081455A.
- Khair ASA, Arof AK. 2011. Electrical properties of starch/chitosan-NH₄NO₃ polymer electrolyte. *World Academy of Science* 59(6): 23-27.
- Koev ST, Dykstra PH, Luo X, Rubloff GW, Bentley WE, Ghodssi R. 2010. Chitosan: an biomaterial for lab-on-a-chip devices. *Lab Chip* 10: 3026-3042
- Koyano T, Koshizaki N, Umehara H, Nagura M, Minoura N. 2000. Surface states of PVA/chitosan blended hydrogels. *Polymer* 41: 4461-4465.
- Kurauchi Y, Nagase M, Egashira N, Ohga K. 1997. Response of a fiber-optic sensor with a chitosan/poly(vinyl alcohol) cladding to organic solvents in water. *Analytical Sciences* 13: 987-990.
- Liang S, Liu L, Huang Q, Kit LY. 2009. Preparation of single or double-network chitosan/poly(vinyl alcohol) gel films through selectively cross-linking method. *Carbohydrate Polymers* 77: 718-724.

- Liu YS, Huang X, Guo PP, Liao XP, Shi B. 2011. Skin collagen fiber-based radar absorbing materials. *Chinese Science Bulletin* 56(2): 202-208.
- National Defense Magazine. 2012. 10 technologies the US military will need for the next war. www.nationaldefensemagazine.com [23 September 2012]
- Podlaseck S, Shumaker GP, Rimer PD. 1996. Electromagnetic-attenuating coating materials. United States Patent, US005545474A.
- Riyanto B, Maddu A, Dewi RS. 2011. Baterai cerdas dari elektrolit polimer chitosan dengan penambahan amonium nitrat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 14(2): 70-77.
- Saville P, Huber T, Makeiff D. 2005. *Fabrication of Organic Radar Absorbing Materials*. Technical Report. Canada: Defence Research and Development Canada Atlantic.
- Singh RK, El-Fiqi AM, Patel KD, Kim HW. 2012. A novel preparation of magnetic hydroxyapatite nanotubes. *Materials Letters* 75: 130-133.
- Teng D. 2012. From chitin to chitosan. *Dalam Yao K, Li J, Yao F, Yin Y, editors. Chitosan-Based Hydrogels: Functions and Applications*. Boca: CRC Press.
- 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, Bo S, Li S, Qin W. 1991. Determination of the Mark-Houwink equation for chitosans with different degrees of deacetylation. *International Journal of Biology Macromolecular* 13: 281-285.
- Won-Jun L, Sang-Eui L, Chun-Gon K. 2005. Tensile & electrical properties of polypyrrole/epoxy composites for radar absorbing materials. *Fukugo Zairyo Shinpojiumu Koen Yoshishu* 30: 25-26.
- 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.
- Zhou JL, Chen SZ, Zuo CM, Ji XJ. 1990. XPS investigation of hydrogen bond in hydroxyapatite. *J. Acta. Chim. Sin.* 6(05): 629-632.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Jadwal pelaksanaan PKMP

Kegiatan	Bulan I				Bulan II				Bulan III				Bulan IV				Capaian
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Persiapan bahan	■	■															Bahan telah disiapkan
Ekstraksi hidroksiapatit		■	■														Telah diekstraksi
Pembuatan material			■	■	■	■											Telah dibuat
Analisis pengujian awal							■	■	■	■							Sudah dianalisis
Pengolahan data										■	■	■					Sudah diolah
Penyusunan laporan, lanjutan analisis pengujian													■	■	■	■	Selesai dilakukan

Lampiran 2 Rincian penggunaan biaya penelitian

PEMBELIAN BAHAN KIMIA DAN PENYEWAAN ALAT			
Chitosan	100 gram	Rp. 800,-/gram	Rp. 80.000,-
Tulang ikan	1 kg	Rp. 25.000,-	Rp. 25.000,-
PVA	100 gram	Rp. 5.000,-/ gram	Rp. 500.000,-
Asam asetat	1 liter	Rp. 200,-/ml	Rp. 20.000,-
Aseton	2 liter	Rp. 50.000,-/L	Rp. 100.000,-
Akuades	3 L	Rp. 2.000,-/L	Rp. 6.000,-
<i>Hot Magnetic Stirrer</i>	8 jam	Rp. 5.000,-/jam	Rp. 40.000,-
Oven	42 jam	Rp. 30.000,-/24 jam	Rp. 60.000,-
Kaca (40x40x2 cm)	4 buah	Rp. 25.000,-	Rp. 100.000,-
Sewa laboratorium	5 bulan	Rp. 150.000,-	Rp. 150.000,-
Kalibrasi alat VNA	2 sampel	Rp. 50.000,-	Rp. 100.000,-
<i>Hammer mill</i>		Rp. 50.000,-	Rp. 50.000,-
PENGUJIAN KARAKTERISTIK MATERIAL			
Analisis kadar air	1 sampel	Rp. 35.000,-	Rp. 35.000,-
Analisis kadar abu	1 sampel	Rp. 35.000,-	Rp. 35.000,-
Analisis viskositas	4 sampel x 2 ulangan	Rp. 50.000,-	Rp. 400.000,-
Analisis ketebalan	4 sampel	Rp. 25.000,-	Rp. 100.000,-
Analisis SEM	4 sampel	Rp. 350.000,-	Rp. 1.400.000,-
Analisis FTIR	4 sampel	Rp. 100.000,-	Rp. 400.000,-
Analisis kuat tarik	4 sampel x 2 ulangan	Rp. 125.000,-	Rp. 1.000.000,-
Analisis reflection loss	4 sampel x 2 ulangan	Rp. 500.000,-	Rp. 4.000.000,-
BIAYA LAIN-LAIN			
Alat tulis dan logbook			Rp. 49.000,-
Transportasi			Rp. 800.000,-
Komunikasi			Rp. 500.000,-
Perbanyak laporan			Rp. 100.000,-
Biaya tak terduga			Rp. 300.000,-
TOTAL PENGGUNAAN BIAYA			Rp. 10.350.000,-

Lampiran 3 Dokumentasi Kegiatan



Penimbangan



Perendaman tulang



Homogenisasi larutan



Pengovenan



Pengujian reflection loss