

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

Esa Ghanim Fadhallah<sup>1)</sup>, Elka Firmanda<sup>1)</sup>, Nur Aziezh Hapsari<sup>1)</sup>,  
Santoso Darmo Atmojo<sup>1)</sup>, Bayu Irianto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, email : thp-fpik@ipb.ac.id

## Abstract

*Border regions in Indonesia are still often hit problems with other countries, and in other words it indicates weak military defense systems in the border area. Therefore, Indonesia needs to deploy some special forces on the frontier that uses advanced technology, one of them is the stealth technology. Radar absorbing material plays an important role in this technology. Chitosan and hydroxyapatite believed to resemble a good combination of new organic materials that can be developed as a radar absorbing material. The purpose of this study is to develop a prototype of organic radar absorbing material from chitosan-hydroxyapatite polymer composite. Quality characteristics of the material being analyzed are solution viscosity analysis, FTIR, SEM, material thickness, tensile strength. Ability of material to absorb radar waves was analyzed with reflection loss measurement. The prototype resembles a thin, transparent plastic sheet with a yellowish brown color. Values of thickness ranged from 0.14 to 0.17 mm. This material has a tensile strength values ranged from  $1.41 \pm 2.82$  to  $159.33 \pm 106.33$  kPa. SEM analysis showed a porous and homogeneous structure marked by good interaction between chitosan, PVA, and hydroxyapatite. Value of radar absorption by prototype shown with increasing the value of reflection loss. The optimum values obtained in the film with a mixture of chitosan prototype 2%, 5% PVA, and 0.04 gram hydroxyapatite with an average value of reflection loss  $-32.0907 \pm 4.0763$  dB.*

**Keywords :** *chitosan, hydroxyapatite, polyvinyl alcohol, radar absorbing material, reflection loss*

## 1. PENDAHULUAN

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 (Khiar & 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 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

## 2. METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya *chitosan*, limbah tulang ikan, polivinil alkohol (PVA), asam asetat, aseton, dan akuades. Peralatan yang diugnaka

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  $\pm 25$  °C. Setelah mencapai suhu  $\pm 25$  °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  $\pm 25$  °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).

### 3. 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*

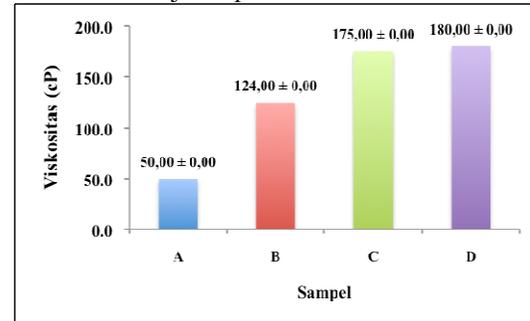
Parameter	Hasil penelitian	Standar*
Derajat deasetilasi (%)	87.5	> 70
Kadar air (%)	8.6	> 10
Kadar abu (%)	0.5	< 2

\*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 g

B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g

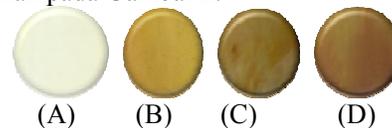
C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 g

D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 g

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 g

B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g

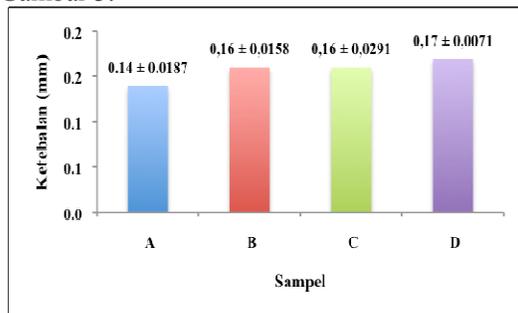
C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 g

D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 g

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  $0,14 \pm 0,0187$  mm;  $0,16 \pm 0,0156$  mm;  $0,16 \pm 0,0291$ ; dan  $0,17 \pm 0,0071$  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 :

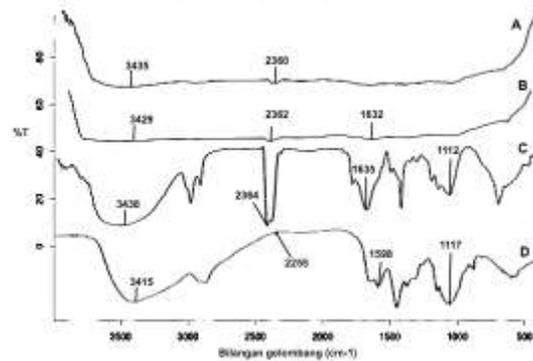
- A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g
- B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g
- C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 g
- D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 g

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  $3435 \text{ cm}^{-1}$ ) dan CH (pada  $2360 \text{ cm}^{-1}$ ) yang merupakan gugus fungsional PVA, pada sampel B (PVA 5%, *chitosan* 2%) terdapat tambahan gugus NH (pada  $1632 \text{ cm}^{-1}$ ) yang merupakan gugus fungsi dari *chitosan*, serta pada sampel C dan D (dengan penambahan hidroksiapatit) terdapat tambahan gugus  $\text{PO}_4$  (pada  $1112 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1117 \text{ cm}^{-1}$ ). 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.



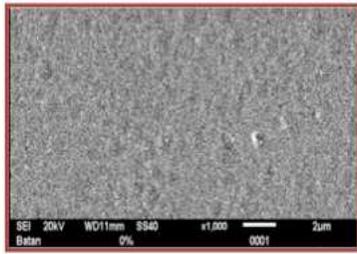
Keterangan :

- A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g
- B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g
- C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 g
- D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 g

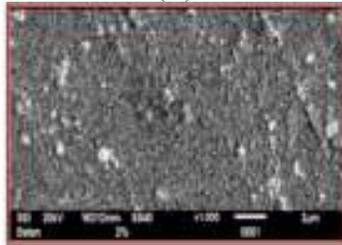
Gambar 4 Spektrum inframerah *prototype* material penyerap gelombang

#### Scanning Electron Microscopy (SEM)

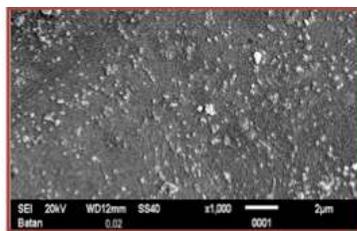
Analisis SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari *prototype* material penyerap gelombang radar. Sampel yang telah dianalisis SEM adalah sampel A, sampel B, sampel C, dan sampel D. Material *prototype* secara umum tampak halus dan homogen serta terdapat butir-butir halus yang seragam yang terdapat 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 ( $\text{NH}_2$ ) pada kitosan yang bermuatan positif dengan gugus hidroksil (OH) pada PVA yang bermuatan negatif. Hasil analisis SEM disajikan pada Gambar 5.



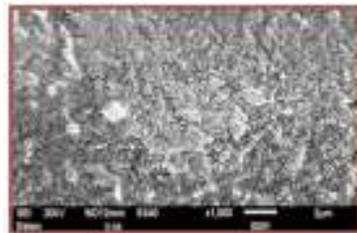
(A)



(B)



(C)



(D)

Keterangan :

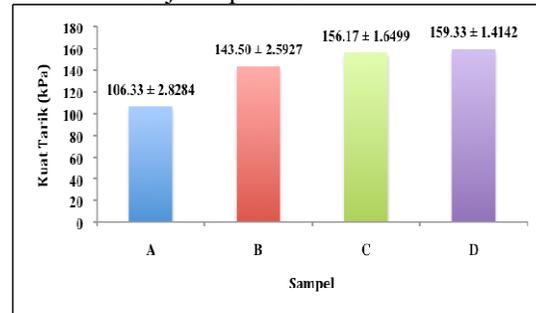
- A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g
- B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g
- C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 g
- D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 g

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±2,8284 kPa; 143,50±2,5927 kPa; 156,17±1,6499 kPa; dan 159,33±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<sub>4</sub> dan OH<sup>-</sup> dari hidroksiapatit akan membentuk ikatan hidrogen bila bertemu dengan gugus karbon dan amina. Hasil analisis kuat tarik disajikan pada Gambar 6.



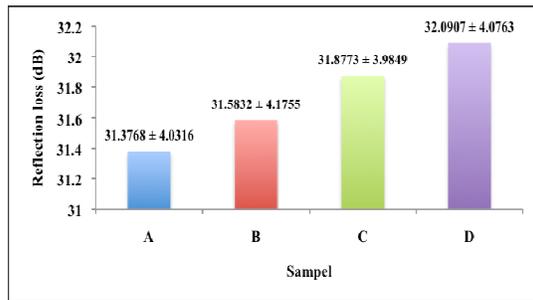
Keterangan :

- A = *chitosan* 0%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g
- B = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g
- C = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 g
- D = *chitosan* 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 g

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 g

B = chitosan 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0 g

C = chitosan 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,02 g

D = chitosan 2%, PVA 5%, hidroksiapatit 0,04 g

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

#### 4. 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 kuning 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.

#### 5. REFERENSI

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-chitosan 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](http://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](http://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.
- Khiar ASA, Arof AK. 2011. Electrical properties of starch/chitosan-NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 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](http://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<sup>10</sup>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.