



Sintesis dan Karakterisasi Komposit Eugenol-Silika Gel dari Abu Tongkol Jagung serta Analisis Antibakteri dan Daya Serap terhadap Air

Muhammad Fathurrahman^{a*}, Usep Suhendar^b, Ani Iryani^a, Diana Widiastuti^a,
Sherin Nurhafidza Ahmad^a, Esya Juniar^a

^aProgram Studi Kimia, Universitas Pakuan

^bProgram Studi Farmasi, Universitas Pakuan

Jalan Pakuan, Tegallega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16143 Indonesia

*Corresponding author: fathur110590@unpak.ac.id

DOI: 10.20961/alchemy.18.1.47161.10-18

Received 31 December 2020, Accepted 06 December 2021, Published 01 March 2022

Kata kunci:

abu tongkol jagung;
antibakteri;
eugenol-silika;
morfologi.

ABSTRAK. Tongkol jagung mempunyai kandungan silika yang cukup tinggi, yaitu 67,41% dari total abunya yang memungkinkan untuk dimanfaatkan untuk pembuatan komposit eugenol-silika gel. Penelitian ini bertujuan mempelajari pembuatan komposit eugenol-silika gel dengan bahan dasar abu tongkol jagung menggunakan metode sol gel, diikuti dengan analisis daya serap air dan aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. Komposit eugenol-silika gel ini dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *X-ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA). Hasil karakterisasi dengan FTIR menunjukkan bahwa sintesis komposit eugenol-silika gel berhasil dilakukan. Analisis menggunakan XRD menunjukkan bahwa komposit eugenol-silika gel memiliki bentuk amorf. Karakteristik mikrostruktur menggunakan SEM menunjukkan permukaan yang tidak merata dan terdapat gumpalan (*cluster*) yang menandakan adanya bentuk butiran-butiran yang beragam berbentuk bulat atau globular pada permukaan komposit eugenol-silika gel. Analisis termogravimetri yang dilakukan sampai suhu 600 °C menunjukkan total prosentase pengurangan massa komposit eugenol silika-gel sebesar 13,10%. Daya serap air komposit eugenol-silika gel memiliki nilai persentase yang lebih tinggi dibandingkan dengan silika gel *food grade*. Akan tetapi, komposit eugenol-silika gel tidak memiliki aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* dan *S. aureus*.

Keywords:

corn cob ash;
antibacterial;
eugenol-silica;
morphology.

ABSTRACT. Synthesis and Characterization of Eugenol-Silica Gel Composite from Corn Cob Ash and Analysis of Antibacterial and Water Absorption. Corn cobs have high silica content, specifically 67.41% of the total ash, possibly used for eugenol-silica gel composite manufacture. This study aims to synthesize eugenol-silica gel composite with corn cob ash as the base material by sol gel method, followed by analyzing water absorption and antibacterial activity against *E. coli* and *S. aureus*. The method used is the sol-gel method. This eugenol-silica gel composite was characterized using Fourier Transform Infrared (FTIR), X-ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM), and Thermogravimetric Analysis (TGA). The characterization results by FTIR showed that the synthesis of the eugenol-silica gel composite was successfully carried out. Analysis using XRD showed that the eugenol-silica gel composite had an amorphous form. Microstructural characteristics using SEM showed an uneven surface and clusters indicating the presence of various globular or spherical shapes on the surface of the eugenol-silica gel composite. Thermogravimetric analysis carried out until a temperature of 600 °C showed the total percentage reduction in mass of the eugenol silica-gel composite was 13.10%. The water absorption of eugenol-silica gel composite has a higher percentage value than food-grade silica gel. However, eugenol-silica gel composite has no antibacterial activity against *E. coli* and *S. aureus*.

PENDAHULUAN

Jumlah produksi maupun konsumsi jagung di Indonesia menurut Badan Pusat Statistik (BPS) meningkat tiap tahunnya. Produksi jagung nasional pada 2018 mencapai 30 juta ton. Meningkatnya produksi jagung ini tentu saja menghasilkan jumlah limbah yang meningkat. Limbah yang dihasilkan berasal dari batang jagung 50%, daun jagung 20%, tongkol jagung 20%, dan kulit jagung 10% (Umiyasih and Wina, 2008). Limbah kulit dan batang jagung banyak dimanfaatkan sebagai pakan ternak, dan kerajinan. Adapun tongkol jagung lebih banyak dimanfaatkan sebagai pakan ternak saja sehingga dapat dikatakan belum banyak pemanfaatannya. Oleh karena itu, penanganan untuk mengolah dan memanfaatkan tongkol jagung diperlukan agar tidak menjadi limbah yang merusak lingkungan serta meningkatkan nilai ekonomi hasil pemanfaatan limbah tongkol jagung.

Tongkol jagung jika diabukan mengandung silika yang persentasenya cukup tinggi. Bahan alam dengan kandungan silika yang cukup tinggi ini dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Menurut [Mujedu *et al.* \(2014\)](#) abu tongkol jagung memiliki kandungan silika sebesar 67,41%. Sehingga limbah tongkol jagung ini sangat baik sebagai bahan baku pembuatan silika gel. Silika gel merupakan suatu material yang mempunyai banyak kegunaan, salah satunya adalah sebagai penyerap air karena memiliki pori-pori dengan sifat mekanik yang kuat juga gugus-gugus hidroksil yang dapat berinteraksi dengan molekul-molekul air. Pembuatan silika gel dari abu tongkol jagung dibuat dengan mencampurkan abu tongkol jagung dengan natrium hidroksida yang kemudian akan membentuk gel berupa natrium silika (metode sol-gel). Metode ini memungkinkan untuk memodifikasi material sehingga mendapatkan material baru dengan sifat-sifat baru.

Beberapa penelitian silika gel yang dimodifikasi telah dilakukan. Pembuatan komposit kitosan-silika sudah pernah dilakukan oleh [Sugiyo *et al.* \(2011\)](#) dan diaplikasikan sebagai adsorben zat warna tekstil. Selanjutnya, [Fika dan Dina \(2015\)](#) telah mengembangkan komposit kitosan silika alumina sebagai agen antibakteri pada kain katun. Terakhir, [Melendez *et al.* \(2019\)](#) membuat film antimikroba yang berisi eugenol terenkapsulasi di dalam pori-pori nano silika. Eugenol merupakan senyawa yang berfungsi sebagai antioksidan dan antibakteri. Senyawa ini banyak diekstrak dari bunga cengkeh. Fungsinya sebagai antibakteri ini sangat baik jika dipadukan dengan silika yang berfungsi sebagai penyerap air. Selain itu silika gel juga sering diaplikasikan pada makanan agar tetap kering sehingga bakteri tidak mudah tumbuh.

Bakteri *E. coli* dan *S. aureus* merupakan bakteri yang sering terdapat pada makanan. Bakteri *E. coli* dan *S. aureus* memiliki perbedaan struktur dinding selnya. Bakteri gram positif mempunyai tiga lapisan peptidoglikan yang terdiri atas fosfolipid, protein, dan lipopolisakarida. Dinding sel bakteri gram positif tersusun atas lapisan peptidoglikan yang membentuk struktur kaku dan tebal, serta dikelilingi lapisan asam teikoat dan pada beberapa spesies mempunyai lapisan polisakarida. *Escherichia coli* termasuk bakteri gram negatif. Bakteri gram negatif hanya terdiri dari dua lapisan yaitu lipopolisakarida dan protein dengan kandungan lipid sebesar 1% – 4%. Dinding sel bakteri gram negatif terdiri atas lapisan peptidoglikan yang tipis sehingga dinding sel bakteri gram negatif lebih rentan terhadap pengaruh fisik, seperti pemberian temperatur dan bahan antibakteri lainnya ([Wogo *et al.*, 2019](#)). Peneliti ingin mengetahui bagaimana karakteristiknya jika material silika dan eugenol dipadukan sebagai suatu komposit. Penelitian ini sangat penting dilakukan untuk meningkatkan kualitas dari material silika gel yang sudah beredar di pasaran.

Penelitian tentang sintesis dan karakterisasi komposit eugenol-silika gel ini dilaksanakan sebagai tahap awal untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Pada penelitian ini, material komposit eugenol-silika gel yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan spektroskopi FTIR, XRD dan SEM, kemudian dilakukan uji aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* dan *S. aureus* dan juga uji daya serapnya terhadap air.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam Universitas Pakuan, Laboratorium Pusat Studi Biofarmaka IPB, Laboratorium Uji Material Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju BATAN, Serpong, Laboratorium Mikrobiologi Institut Pertanian Bogor, dan Laboratorium Pasca Panen Pertanian. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu oven (Mettler), mesin penggiling listrik (Saichi), neraca analitik, *muffle furnace* (Nabertherm), pemanas listrik, pengaduk magnet, pH meter, peralatan gelas, kertas saring (Whatman No. 41), corong büchner dan desikator. Instrumen yang digunakan yaitu spektrofotometer inframerah (Bruker Tensor 37) dan alat difraksi sinar-X (Panalytical Empyrean), seperangkat alat mikroskop pemindai elektron model ZEISS EVO MA10. Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu tongkol jagung dari limbah rumah tangga, eugenol, NaOH 1 M (E Merck), H₂SO₄ 3 M (E Merck), aquades, isolat bakteri *Staphylococcus aureus*, isolat bakteri *Escherichia coli*, amoxilin dan media nutrisi agar (NA).

Pembuatan Abu Tongkol Jagung

Penelitian diawali dengan pembuatan abu tongkol jagung. Seberat 5 kg sampel tongkol jagung dibersihkan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah sampel mengering, kemudian sampel dipanaskan pada suhu 150 °C selama 2 jam sehingga dihasilkan arang tongkol jagung. Arang tersebut kemudian dihaluskan dan diabukan dalam *muffle furnace* pada temperature 650 °C selama 4 jam menggunakan krus porselin. Setelah itu, dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang.

Pembuatan Larutan Natrium Silikat dan Natrium Eugenolat

Sebanyak 5 g abu tongkol jagung dilarutkan menggunakan 75 mL NaOH 1 M sambil diaduk menggunakan pengaduk magnet sampai mendidih selama satu jam kemudian didiamkan selama satu malam. Larutan natrium silikat yang terbentuk disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 41. Lalu untuk preparasi larutan natrium eugenolat yaitu sebanyak 2,5 mL larutan essensial eugenol ditambahkan dengan NaOH 1 M dengan perbandingan 1:1.

Pembentukan Komposit Eugenol-Silika Gel

Komposit eugenol-silika gel dibuat melalui metode sol-gel. Material ini dibentuk dengan cara menggabungkan larutan natrium silikat dengan larutan natrium eugenolat dalam gelas kimia kemudian ditambahkan larutan H₂SO₄ 3 M hingga pH 7 menggunakan batang pengaduk agar dapat bereaksi dengan sempurna membentuk hidrogel. Setelah penambahan asam maka campuran larutan didiamkan semalaman yang bertujuan untuk memberikan waktu pematangan pada gel atau reaksi polimerisasi komposit eugenol-silika gel menjadi padat (hidrogel). Komposit eugenol-silika gel yang terbentuk kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 41 sambil dilakukan pencucian berulang kali dengan aquades hingga pH berubah menjadi pH 7 (netral). Hal ini dilakukan karena pH silika gel terdapat pada pH netral serta untuk memurnikan dari pengotor juga kontaminan seperti garam dan mineral yang lain.

Tahap selanjutnya yaitu pengeringan hidrogel tersebut dengan menggunakan oven selama 4 jam pada suhu 120 °C. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan kandungan air di dalam hidrogel sehingga produk menjadi xerogel yang berbentuk padatan dan bersifat higroskopis. Suhu yang diharuskan adalah 120 °C karena menurut [Voyutsky \(1978\)](#), suhu pengaktifan silika gel berada pada suhu tersebut agar dapat menghilangkan kandungan air yang berada dalam silika gel tersebut. Pada proses ini terjadi pengerutan volume sesudah dilakukan pengeringan karena air yang terkandung dalam hidrogel akan keluar sehingga terjadi keruntuhan struktur komposit eugenol-silika gel akibat adanya kekosongan ruang pori yang awalnya diisi oleh air.

Karakterisasi dan Analisis Komposit Eugenol-Silika Gel

Komposit eugenol-silika gel ini kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan SEM serta terakhir uji daya serap air dan aktivitas antibakteri. Analisis daya serap air dilakukan dengan cara mengalirkan uap air yang dihasilkan dengan memanaskan air di labu Büchner ke dalam desikator yang sudah terdapat 0,5 g komposit dengan variasi waktu 30, 45, dan 60 menit kemudian dihitung selisih berat komposit sebelum dan sesudah dialirkan uap air. Pengujian aktivitas antibakteri dari material komposit eugenol-silika gel diujikan pada bakteri *E. coli* dan *S. aureus* karena bakteri tersebut merupakan jenis bakteri yang mungkin ada pada makanan. Langkah pengujiannya adalah pertama bakteri *E. coli* dan *S. aureus* yang umurnya 16 jam ditambah dengan media PYG agar yang sudah dicairkan dan dituangkan ke dalam cawan. Setelah agar mengeras dan dingin, lalu dibuat sumur pada cawan dengan diameter 5 mm. Sebanyak 50 µg komposit eugenol-silika gel dimasukkan ke dalam cawan dengan menggunakan mikro pipet, lalu cawan disimpan di dalam refrigerator selama 2 jam agar ekstrak terdifusi ke dalam agar. Selanjutnya, cawan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam ([Xie et al., 2011](#)). Zona bening yang terbentuk di sekitar area sumur tersebut menandakan bahwa ekstrak mampu menghambat bakteri indikator. Langkah selanjutnya adalah dilakukan pengukuran diameter zona bening (mm) dengan menggunakan jangka sorong. Diameter dari masing-masing zona hambat kemudian diukur sebanyak tiga kali di daerah yang berbeda lalu hasilnya dirata-rata. Hasil pengukuran diameter zona bening diolah secara statistik setelah dikurangi dengan diameter sumur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Abu Tongkol Jagung

Arang yang didapatkan sebanyak 126,41 g, dengan persentase 4,94%. Banyaknya abu tongkol jagung yang didapatkan adalah 17,09 g, maka persentase abu yang didapatkan adalah 13,52%. Abu tongkol jagung yang dihasilkan ditunjukkan pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Abu tongkol jagung yang telah dihaluskan.

Komposit Eugenol-Silika Gel

Penambahan larutan asam kedalam larutan komposit dilakukan untuk membentuk hidrogel melalui polimerisasi asam siklik $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ untuk membentuk struktur Si–O–Si (Ramadani, 2018). Keberadaan ikatan Si–O–Si dapat ditunjukkan dengan spektrum IR pada bilangan gelombang sebesar $1092,43 \text{ cm}^{-1}$. Hidrogel yang terbentuk memiliki sifat fisik berwarna coklat. Tingkat kekerasan hidrogel ini kurang lebih seperti agar-agar yang jika diberi tekanan akan mudah hancur. Adapun hidrogel yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 2. Hidrogen yang dikeringkan kemudian menjadi xerogel. Pada penelitian ini, xerogel yang dihasilkan yaitu sebanyak 5,90 g dengan bentuk serbuk putih seperti pada Gambar 3.



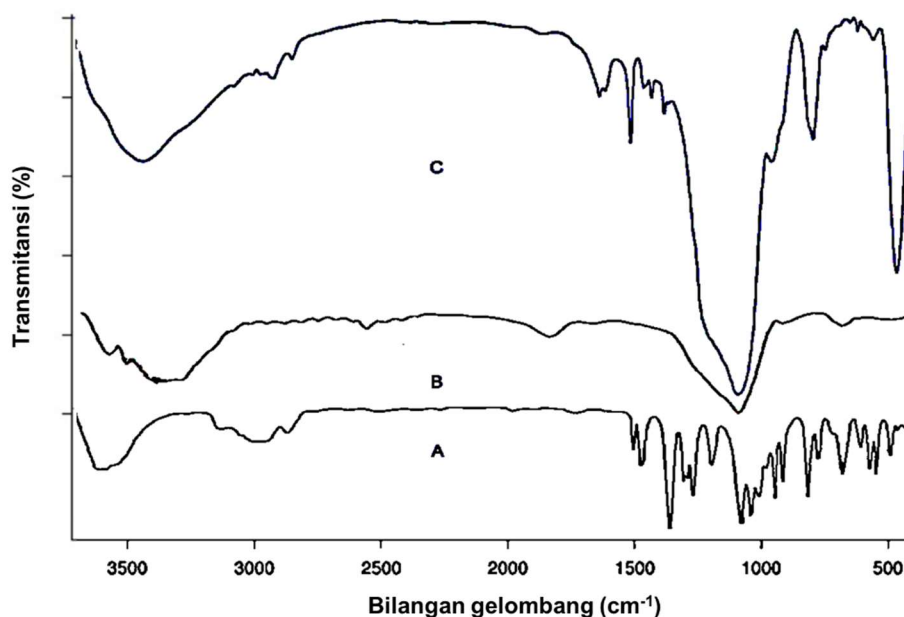
Gambar 2. Hidrogel komposit eugenol-silika.



Gambar 3. Xerogel komposit eugenol-silika.

Karakterisasi Komposit Eugenol-Silika Gel

Analisis FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari komposit eugenol-silika gel yang kemudian dibandingkan dengan spektrum IR dari Kiesel Gel 60G. FTIR yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi sampel komposit eugenol-silika gel adalah model Bruker Tensor 37 yang terdapat di Laboratorium Pusat Studi Biofarmaka IPB. Hasil spektrum pengujian komposit eugenol-silika gel dengan menggunakan FTIR terlihat pada Gambar 4C dan spektrum IR untuk Kiesel Gel 60G terlihat pada Gambar 4B, sedangkan spektrum IR untuk eugenol terlihat pada Gambar 4A. Berdasarkan spektrum IR dari komposit eugenol-silika gel dan Kiesel Gel 60G yang terlihat pada Gambar 4C dan 4B, dapat diamati bahwa terdapat beberapa perbedaan terutama pada bagian *finger print* (serapan di bawah 1400 cm^{-1}). Berdasarkan hal ini dapat disimpulkan bahwa komposit eugenol-silika gel berhasil dibuat. Analisis gugus fungsi dari perbandingan spektrum IR eugenol, komposit eugenol-silika gel dan Kiesel Gel 60G ditampilkan pada Tabel 1.



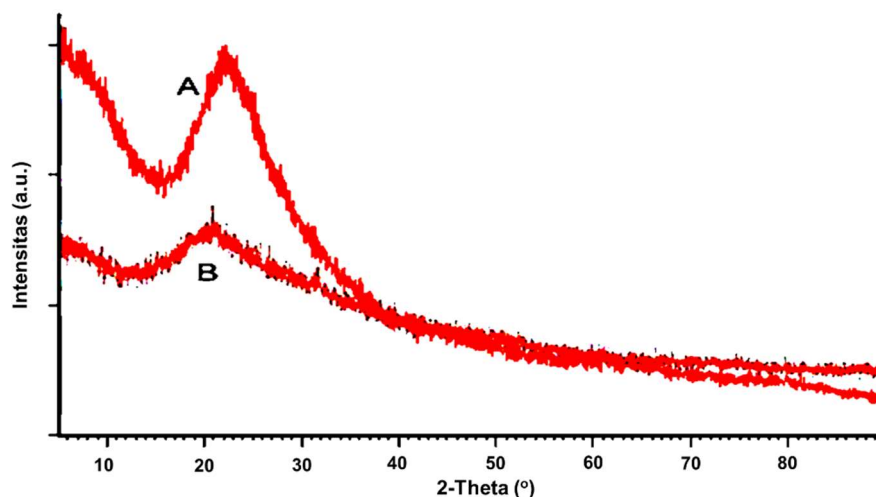
Gambar 4. (A) Spektrum FTIR dari eugenol, (B) kiesil gel 60-G, (C) komposit eugenol-silika gel.

Berdasarkan [Tabel 1](#) terlihat beberapa perbedaan antara bilangan gelombang eugenol, komposit eugenol silika gel dan kiesil gel 60G. Bilangan gelombang $3436,58 \text{ cm}^{-1}$ pada komposit eugenol-silika gel menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus O-H dari Si-OH. Bilangan gelombang pada kisaran ini juga dapat ditemui pada spektrum IR dari eugenol dan kiesil gel 60G. Pada bilangan gelombang $1638,45 \text{ cm}^{-1}$ terdapat vibrasi tekuk gugus O-H dari Si-OH, yang juga dapat ditemui pada spektrum IR kiesil gel 60G. Pada bilangan gelombang $2850,88 \text{ cm}^{-1}$ dan $2923,64 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur dari gugus metil C-H yang tidak ditemukan pada spektrum kiesil gel 60G. Pada bilangan gelombang $1464,32$ dan $1515,30 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus aromatik C=C. Bilangan gelombang $1092,43 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus Si-O-Si. Vibrasi tekuk gugus =C-H terbentuk pada bilangan gelombang $748,05 \text{ cm}^{-1}$ dan pada bilangan gelombang $466,23 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan terjadinya vibrasi tekuk gugus C=C.

Tabel 1. Analisis gugus fungsi spektrum IR eugenol, Kiesil Gel 60G, dan komposit eugenol-silika gel ([Pavia et al., 2001](#)).

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})		
	Eugenol	Komposit Eugenol-Silika Gel	Kiesil Gel 60G
Uluran O-H dari Si-OH	3456 – 3522	3436,58	3421,80
Uluran C-H	3076 – 2841	2850,88 dan 2923,64	-
Tekuk O-H dari Si-OH		1638,45	1647,39
Uluran C=C aromatik	1610 – 1635	1464,32 ; 1515,30	-
Uluran Si-O-Si		1092,43	1099,96
Tekuk =C-H keluar bidang		748,05	-
Tekuk C=C keluar bidang		466,23	-

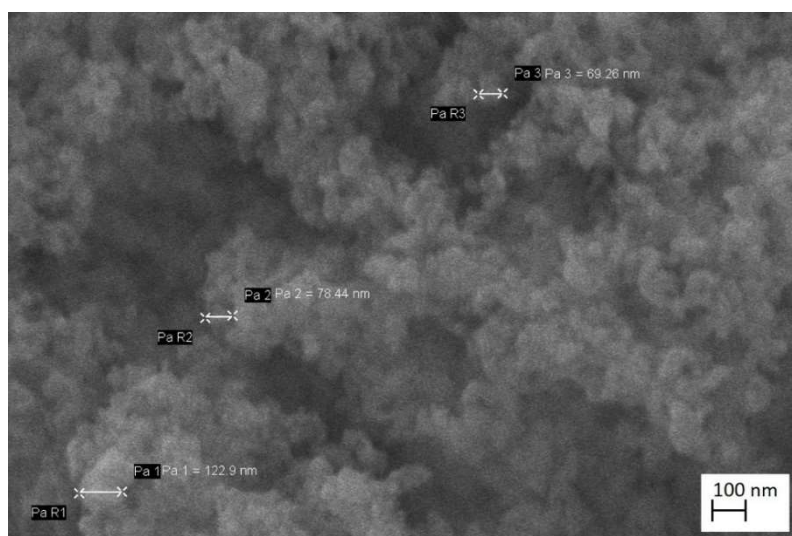
Analisis dengan menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui kristalinitas dari komposit eugenol-silika gel. [Gambar 5](#) menunjukkan difraktogram dari komposit eugenol-silika gel.



Gambar 5. Difraktogram (A) komposit eugenol-silika gel; (B) Kieser Gel 60G.

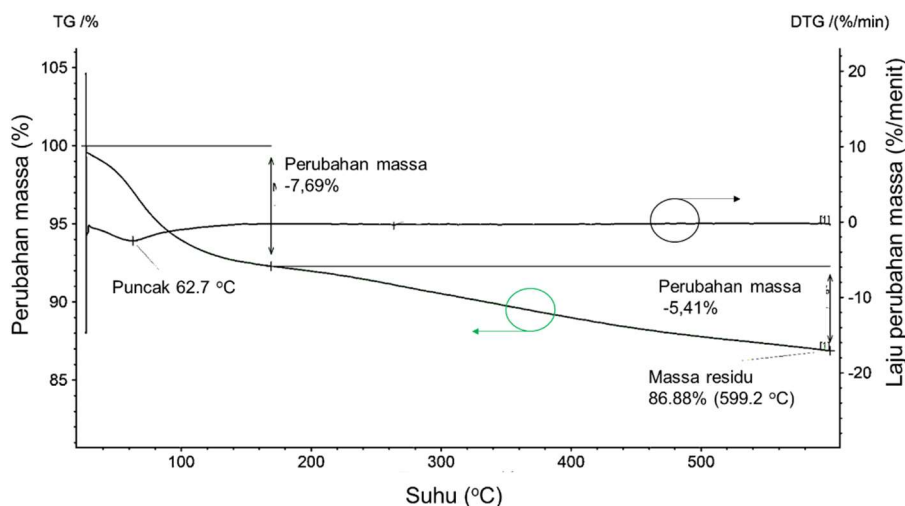
Berdasarkan [Gambar 5](#) dapat disimpulkan bahwa komposit eugenol-silika gel memiliki struktur amorf. Hal ini dapat dilihat dari puncak yang melebar dengan posisi $2\theta = 23,06^\circ$. Puncak ini sesuai dengan karakteristik silika gel yang memiliki puncak melebar dengan nilai $2\theta = 22^\circ - 26^\circ$ ([Munasir *et al.*, 2013](#)). Berdasarkan gambar tersebut terlihat difraktogram komposit eugenol-silika gel terbentuk *noise*. Hal tersebut disebabkan karena sinar-X yang ditembakkan oleh alat XRD tidak mampu didifraksikan secara sempurna oleh material berstruktur amorf sehingga menjadi tidak beraturan akibat terjadinya penghamburan oleh sudut difraksi sinar-X yang dibaca oleh alat XRD. Berdasarkan kepada *Joint Committee on Powder Diffraction Standard* (JCPDS PDF No. 46-1045), keberadaan puncak SiO_2 pada difraktogram berada pada rentang $2\theta = 20,85^\circ - 26,65^\circ$ sedangkan komposit eugenol-silika gel dibuktikan dengan adanya puncak yang melebar pada $2\theta = 20,00^\circ - 25,00^\circ$ dengan nilai *d spacing* sebesar 3,86 Å. Hal ini dapat disimpulkan bahwa komposit eugenol-silika gel ini sesuai dengan hukum Bragg yang menyatakan bahwa semakin kecil nilai *d* maka sudut difraksi akan semakin melebar. [Karthik dan Meenakshi \(2014\)](#) melaporkan bahwa struktur amorf dari material silika gel yang dihasilkan dapat menguntungkan ketika bahan ini dimodifikasi lebih lanjut karena bersifat sangat reaktif.

Pengujian menggunakan SEM bertujuan untuk mengetahui perbedaan ukuran partikel dan bentuk morfologi partikel dari komposit eugenol-silika gel. Karakteristik mikrostruktur pada sampel komposit eugenol-silika gel dilakukan beberapa macam perbesaran yang bertujuan untuk melihat dengan lebih jelas penyatuan dan keseragaman butiran, batas butir, dan pori pada sampel yang dianalisis. Adapun perbesaran tertinggi yaitu sebesar 50000x yang dilakukan pada komposit eugenol-silika gel ditunjukkan pada [Gambar 6](#).



Gambar 6. Hasil pengujian SEM komposit eugenol-silika gel dengan perbesaran 50000x ukurannya.

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada komposit eugenol-silika gel terdapat permukaan yang tidak merata dan terdapat gumpalan (*cluster*) yang ditandai dengan adanya bentuk butiran-butiran *globular* yang beragam. Didapatkan hasil untuk ukuran diameter komposit sebesar 122,9 nm ; 78,44 nm ; dan 69,26 nm. Komposit eugenol-silika gel yang dibuat kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan TGA (*Thermogravimetry Analysis*) untuk menguji stabilitas termal komposit eugenol-silika gel. Hasil pengujian TGA untuk komposit eugenol-silika gel dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengujian TGA Komposit Eugenol-Silika Gel

Pengujian analisis termogravimetri pada komposit dilakukan pada rentang suhu 30 – 600 °C dengan laju pemanasan 20 K/menit dan dalam atmosfer nitrogen yang bertujuan untuk memperlambat reaksi oksidasi atau mencegah reaksi lain yang tidak diinginkan. Berdasarkan termogram TGA dari komposit eugenol-silika gel, diperoleh kurva yang menunjukkan perubahan massa yang terjadi. Kalor yang digunakan pada proses perubahan massa tersebut dapat diketahui dari termogram TG dan DTG.

Kurva DTG yang memunculkan puncak ke bawah pada suhu sekitar 62,7 °C menunjukkan bahwa terjadi reaksi endoterm. Kurva TG menunjukkan bahwa komposit mengalami penurunan massa yang diakibatkan oleh terjadinya proses dehidrasi atau lepasnya molekul air yang terdapat pada komposit eugenol-silika gel dan proses dekomposisi atau pemutusan ikatan kimia dari komposit tersebut, seperti komponen organik pada komposit yang akan terdekomposisi terlebih dahulu. Komposit mengalami penurunan massa yang diakibatkan oleh proses dehidrasi pada suhu sampai sekitar 167,7 °C dengan jumlah massa yang hilang drastis sekitar 7,69%, kemudian pada suhu sampai sekitar 599,2 °C dengan jumlah massa yang hilang sekitar 5,41%, hal ini kemungkinan disebabkan karena lepasnya molekul organik eugenol dari komposit eugenol-silika gel. Sehingga total persentase pengurangan massa komposit eugenol silika-gel adalah sebesar 13,10%.

Analisis Daya Serap Air oleh Komposit Eugenol-Silika Gel

Analisis daya serap air bertujuan untuk mengetahui kemampuan daya serap air oleh komposit eugenol-silika gel. Hal ini berkaitan dengan analisis antibakteri, karena bakteri biasa hidup di lingkungan yang lembab. Sehingga diharapkan jika komposit eugenol-silika gel dapat mengurangi kelembapan maka dapat juga mencegah munculnya bakteri.

Tabel 2. Perbandingan daya serap air komposit eugenol-silika gel dan silika gel *food grade*.

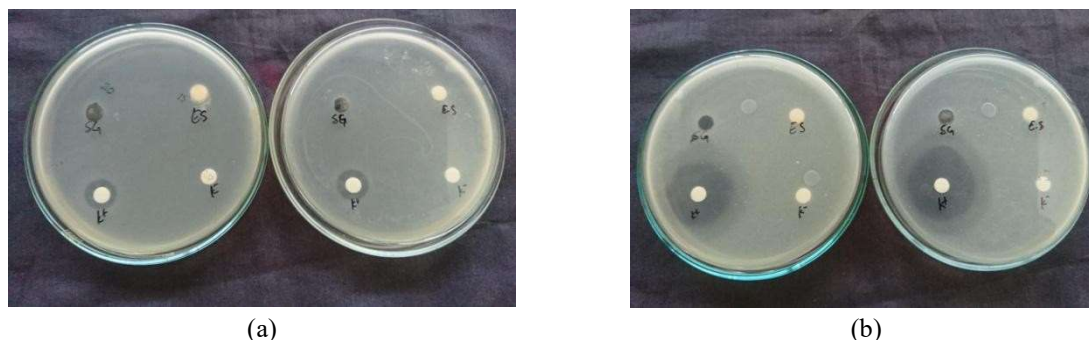
Waktu (menit)	Daya Serap Air (g/mL)		Persentase Perbandingan Komposit dengan Silika Gel <i>Food Grade</i> (%)
	Komposit Eugenol-Silika Gel	Silika Gel <i>Food Grade</i>	
30	$9,9 \times 10^{-3}$	$5,8 \times 10^{-3}$	70,69
45	$1,48 \times 10^{-2}$	$8,8 \times 10^{-3}$	68,18
60	$1,99 \times 10^{-2}$	$1,17 \times 10^{-2}$	70,06

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa daya serap air oleh komposit eugenol-silika gel lebih tinggi 68% – 70% dibandingkan dengan daya serap air oleh silika gel *food grade*. Hal ini disebabkan pada komposit eugenol-silika gel terdapat gugus fungsi baru yang menyebabkan bertambahnya daya serap silika gel terhadap air (Sulastri

et al., 2010). Pada penelitian Saliba *et al.* (2016) menunjukkan daya serap terhadap air bergantung pada banyaknya gugus silanol, porositas, juga gugus termodifikasi.

Analisis Antibakteri dari Komposit Eugenol-Silika Gel

Hasil analisis antibakteri dari komposit eugenol-silika gel terhadap *E. coli* dan *S. aureus* ditampilkan pada Gambar 8. Bakteri *S. aureus* dan *E. coli* digunakan pada penelitian ini karena kedua bakteri tersebut termasuk ke dalam bakteri yang dapat dihambat pertumbuhannya oleh senyawa eugenol yang merupakan salah satu bahan pembuatan sampel (komposit eugenol-silika gel) berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Vanit *et al.*, 2010). Bakteri-bakteri tersebut merupakan bakteri penyebab kerusakan makanan sehingga pada pengujiannya digunakan juga sampel silika gel *food grade* untuk menguji apakah kedua sampel dapat menjadi antibakteri dan aman digunakan untuk makanan.



Gambar 8. (a). Hasil uji aktivitas antibakteri komposit eugenol-silika gel dan silika gel *food grade* terhadap bakteri *E. coli*. (b) Hasil uji aktivitas antibakteri komposit eugenol-silika gel dan silika gel *food grade* terhadap bakteri *S. aureus*.

Gambar 8a dan 8b menunjukkan bahwa aktivitas penghambatan kontrol positif (amoxilin) terhadap *S. aureus* lebih besar dibandingkan *E. coli* dengan diameter zona bening uji sebesar 10 mm dan 4 mm secara berturut-turut. Sedangkan silika gel *food grade* dan komposit eugenol silika gel dengan kadar 25%, memiliki sifat antibakteri yang kurang reaktif. Hal ini dapat ditunjukkan dengan tidak munculnya zona bening di sekitar silika gel *food grade* dan komposit eugenol silika gel yang memiliki kondisi yang sama dengan kontrol negatif. Hal ini kemungkinan disebabkan karena hilangnya sisi aktif gugus fungsi eugenol akibat penggabungannya dengan silika gel. Sisi aktif tersebut kemungkinan adalah gugus hidroksi (OH) yang kemudian berinteraksi dengan gugus silanol pada silika gel, sehingga mengakibatkan kurang reaktif terhadap permukaan sel bakteri.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa komposit eugenol-silika gel berhasil disintesis dengan karakteristik morfologi yang bersifat amorf. Karakteristik mikrostruktur menggunakan SEM menunjukkan permukaan yang tidak merata dan terdapat gumpalan (*cluster*) yang menandakan adanya bentuk butiran-butiran yang beragam berbentuk bulat atau *globular* pada permukaan komposit eugenol-silika gel. Daya serap air komposit eugenol-silika gel memiliki nilai persentase yang lebih tinggi dibandingkan dengan silika gel *food grade*. Silika gel maupun komposit eugenol-silika gel tidak memiliki aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* dan *S. aureus*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional sesuai dengan Surat Kontrak Nomor: 014/SP2H/LT-MONO/LL4/2020, tanggal 31 Maret 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Fika, A. and Dina, K. M., 2015. Sintesis Komposit Kitosan Silika Alumina Sebagai Agen Antibakteri Pada Kain Katun. *UNESA Journal of Chemistry*: 4 (2), 100–104.
- Karthik, R and Meenakshi K., 2014. Removal of Hexavalent Chromium Ions Using Polyaniline/Silica Gel Composite. *Journal of Water Process Engineering*, 1, 37–45. doi: 10.1016/j.jwpe.2014.03.001.

- Melendez, R. B., Figueroa-Lopez, K. J., Bernardos, A., Martínez-Máñez, R., Cabedo, L., Torres-Giner, S., and Lagaron, J. M., 2019. Electrospun Antimicrobial Films of Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) Containing Eugenol Essential Oil Encapsulated in Mesoporous Silica Nanoparticles. *Nanomaterials*, 9, 227. doi: 10.3390/nano9020227.
- Mujedu, K. A. S. A., Adebara and Lamidi, I. O., 2014. The Use of Corn Cob Ash and Saw Dust Ash as Cement Replacement in Concrete Works. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, 3 (4), 22–28.
- Munasir, S. A., Triwikantoro, M., Zainuri, and Darminto., 2013. Synthesis of Silica Nanopowder Produced from Indonesian Natural Sands via Alkalifussion Route. *AIP Conference Proceeding*, 1555 (1), 28–31. doi: 10.1063/1.4820986.
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., and Kriz, G. S., 2001. *Introduction to Spectroscopy*. Thomson Learning., United States of America.
- Ramadani, K., 2018. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Limbah Kaca untuk Menurunkan Kesadahan Air. *Jurnal Sainifik*, 4 (2), 179–185. doi: 10.31605/sainifik.v4i2.183.
- Saliba, S., Ruch, P., Volksen, W., Magbitang, T. P., Dubois, G., and Michel, B., 2016. Combined Influence of Pore Size Distribution and Surface Hydrophilicity on The Water Adsorption Characteristics of Micro and Mesoporous Silica. *Microporous and Mesoporous Materials*, 226, 221–228. doi: 10.1016/j.micromeso.2015.12.029.
- Sugiyono, W. F., Widhi M., and Alauhdin., 2011. Sintesis Komposit Kitosan-Silika dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil. *Jurnal Saintekno*, 9 (1), 21–32.
- Sulastri, S., and Kristianingrum, S., 2010. Berbagai Macam Senyawa Silika: Sintesis, Karakterisasi dan Pemanfaatan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Pendidikan dan Penerapan MIPA*, 15 Mei 2010, Yogyakarta, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia, pp. 211–216.
- Umiyasih, U. and Wina, E., 2008. Pengolahan dan Nilai Nutrisi Limbah Tanaman Jagung sebagai Pakan Ternak Ruminansia. *Buletin Ilmu Peternakan Indonesia*, 18(3), 127–136.
- Vanit, S. P. Suppakul and T. Jinkarn., 2010. Antimicrobial Effects of Coating Solution Containing Clove Oil and Hydrophobic Starch for Coating Paper Board. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(2) : 204-212.
- Voyutsky, S., 1978. *Colloid Chemistry*. Mir Publishers., Moscow.
- Wogo, H. E., Martha, C. W. N., Pius, D. O., 2019. Antibacterial and Biodegradation Nature Test of EDTA-Ag Immobilized Silica Composite Plastics and Chitosan. *Chem Notes*, 1(2), 24–38.
- Xie, Y., An, H., Hao, Y., Qin, Q., Huang, Y., Luo, Y., and Zhang, L., 2011. Characterization of an Anti-Listeria Bacteriocin Produced by *Lactobacillus plantarum* LB-B1 Isolated from Koumiss, A Traditionally Fermented Dairy Product from China. *Food Control*, 22(7), 1027–1031. doi:10.1016/j.foodcont.2010.12.007.