

## SINTESA KOMPOSIT BIOPLASTIK PATI KULIT SINGKONG-PARTIKEL NANOSILIKA DAN KARAKTERISASINYA

Endang Warsiki<sup>1)</sup>, Iwan Setiawan<sup>1)</sup>, dan Hoerudin<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian FATETA IPB  
Gedung FATETA Lantai 2 Kampus IPB Darmaga-Bogor 16680

<sup>2)</sup>Balai Besar Pascapanen, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementan  
Jl. Tentara Pelajar No No.12 Cimanggu-Bogor 16122

*E-mail:* endangwarsiki@apps.ipb.ac.id

*Received :* 12 Desember 2017; *revised :* 7 Februari 2018; *accepted :* 12 September 2020

### ABSTRAK

**SINTESA KOMPOSIT BIOPLASTIK PATI KULIT SINGKONG-PARTIKEL NANOSILIKA DAN KARAKTERISASINYA.** Pada penelitian ini diproduksi bioplastik komposit dari pati kulit singkong yang ditambahkan dengan nanosilika sebagai kemasan plastik *biodegradable*. Secara umum bioplastik berbasis pati masih memiliki beberapa kelemahan dari segi karakteristik fisis dan mekanis sehingga penggunaan komersial bioplastik ini masih terbatas. Berbagai usaha telah dilakukan untuk memperbaiki kelemahan sifat bioplastik ini, salah satunya dengan penambahan bahan penguat/*reinforce* seperti nanosilika. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan nanosilika terhadap karakteristik bioplastik. Metode yang digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah dengan teknik *casting* (cetak). Konsentrasi nanopartikel silika yang ditambahkan ke dalam larutan bioplastik yaitu 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% (b nanosilika/b pati). Penambahan nanosilika pada komposit bioplastik mampu meningkatkan ketebalan dan kuat tarik secara signifikan dari 0,20 mm (0% nanosilika) menjadi 0,31 mm (8% nanosilika) dan dari 1,6 Mpa (0% nanosilika) menjadi 3,5 MPa (4% nanosilika). Sedangkan peningkatan nilai densitas, elongasi, dan laju transmisi uap air tidak memperlihatkan perbedaan nyata secara statistik. Berdasarkan sifat fisik dan mekanis tersebut diperoleh bahwa perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah penambahan nanosilika dengan konsentrasi 4%. Film bioplastik hasil perlakuan terbaik dianalisis bentuk morfologi permukaan menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan tingkat kristalinitas menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Hasil *SEM* menunjukkan bioplastik memiliki permukaan yang kasar dan hasil *XRD* menjelaskan struktur penyusun komposit bioplastik lebih didominasi oleh jenis amorf daripada kristalin. Dengan demikian, penambahan nanosilika dalam pembuatan bioplastik ini telah membuktikan dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis film sehingga mempunyai peluang baik dalam penggunaan bioplastik komposit ini sebagai kemasan komersial di masa yang akan datang

Kata kunci : Komposit bioplastik, Nanosilika, Pati kulit singkong, Sekam padi

### ABSTRACT

**SYNTHESIS OF CASSAVA SKIN STARCH-SILICA NANOPARTICLES BIOPLASTIC COMPOSITE AND ITS CHARACTERIZATION.** Currently, bioplastic-based material has several weaknesses in its characteristics that limit its commercial use. Various efforts have been done to improve its physical and mechanical properties, one of which is by adding silica nanoparticles. In this research, bioplastic composite made from cassava skin starch blended with silica nanoparticles (SNPs) for biodegradable plastic has been carried out. The aim of this study was to determine the effect of SNPs addition on physical and mechanical properties of bioplastic. The biofilm in this research was made from cassava skin starch. Bioplastic was synthesized via solution casting by spreading the film solution onto a flat surface. The ratio of SNPs addition into bioplastic batch was 0%, 2%, 4%, 6% and 8% (w/w). The results showed that SNPs were able to increase the thickness and tensile strength of bioplastic significantly from 0.20 mm (0% SNPs) to 0.31 mm (8% SNPs) and from 1.6 (0% SNPs) Mpa to 3.5 MPa (4% SNPs), respectively. However, density, elongation and water vapor transmission rate, were not significantly different statistically. Based on physical and mechanical properties of the bioplastic composite, the best treatment was the one using 4% silica nanoparticles. The best treatment was then analyzed for its surface morphology using scanning electron microscopy (SEM) and its crystallinity using X-ray diffraction (XRD). Secondary electron images showed that the obtained bioplastic has rough surface area, whereas XRD analysis revealed that the structure of bioplastic was dominantly occupied by amorphous state rather than the crystalline one. It was concluded the bioplastic composite of silica nanoparticles-starch has better physical and mechanical properties than that of the control (the one with no silica nanoparticles), and hence, it would be very promising for the future commercial packaging.

Key words : Composite bioplastic, Nanosilica, Cassava skin starch, Rise husk

## PENDAHULUAN

Penggunaan plastik sebagai bahan pengemas menghadapi berbagai persoalan lingkungan, yaitu sulit diuraikan secara alami oleh mikroorganisme di dalam tanah (Karuniastuti 2013). Akibatnya, terjadi penumpukan sampah plastik yang menyebabkan pencemaran dan kerusakan lingkungan. Nasution (2015) menyatakan bahwa plastik sintetis butuh ratusan tahun agar dapat terurai di alam. Peningkatan penggunaan barang-barang berbahan dasar plastik berbanding lurus terhadap limbah plastik yang dihasilkan sehingga akhirnya bermuara pada rusaknya keseimbangan alam. Kelemahan lain plastik konvensional adalah sumber bahan baku utama berasal dari minyak dan gas bumi yaitu bahan anorganik buatan yang tersusun dari bahan-bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan (Sulistiyono 2016). Para peneliti yang fokus pada kelestarian lingkungan berusaha mencari solusi terhadap permasalahan penggunaan plastik sintetis ini. Salah satunya adalah penggunaan plastik dari bahan alam yang mudah terurai secara alami atau yang lebih dikenal dengan bioplastik. Sumber bahan bioplastik yang mudah diperoleh dan mampu terdegradasi secara alami salah satunya dari pati kulit singkong.

Pati kulit singkong telah banyak dikembangkan sebagai bahan utama pembuatan bioplastik. Tetapi, film berbahan baku pati ini bersifat rapuh sehingga perlu dimodifikasi agar menghasilkan film yang bersifat hidrofobik dan kuat secara fisis dan mekanis (Warsiki et al. 2011; Noviyanti 2014). Nurseha (2012), menyatakan bioplastik dari ampas singkong cenderung lebih rapuh dan kurang elastis jika dibandingkan dengan bioplastik dari kulit singkong. Oleh karena itu diperlukan tambahan *plasticizer* seperti gliserol (Warsiki, Sianturi, and Sunarti 2011a) dan aditif (Amin et al. 2019) sebagai penguat.

Penambahan aditif penguat bioplastik berbasis pati perlu dilakukan misalnya dengan penambahan silika. Film komposit nanosilika sering menunjukkan sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan film konvensional (Alghdeir et al. 2019). Sumber silika terbesar dan mudah diperoleh adalah sekam padi. Selain silika ( $\text{SiO}_2$ ), sekam padi memiliki komponen kimia lain seperti  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{NaO}_6$  (Azmi et al. 2016; Abiodun and Jimoh 2018). Kandungan aktif silika dari abu sekam padi sekitar 90% (Foletto et al. 2006) dan 95.35% (Suka et al. 2008) sedangkan sisanya adalah komponen lain.

Silika sekam padi dapat dimanfaatkan untuk bahan pengisi atau *filler* dalam pembuatan matriks polimer nanokomposit. Penggunaan silika sebagai bahan komposit untuk

memperbaiki karakteristik suatu produk telah dilakukan oleh Fu et al. (2008), diperoleh bahwa kehadiran nanosilika berpengaruh pada meningkatnya kekakuan dan kekuatan rantai-rantai polimer. Pada ukuran yang lebih kecil (*nanosize*) proses penyusupan partikel-partikel akan lebih cepat dan merata sehingga struktur partikel menjadi lebih solid, luas permukaan interaksi menjadi lebih besar dan partikel-partikel yang berinteraksipun bertambah. Penambahan fraksi nanosilika cenderung meningkatkan kekuatan tekan komposit hingga pada fraksi tertentu (Marlina et al. 2012). Nanosilika dengan konsentrasi 3% memberikan efek yang positif terhadap karakteristik membran kitosan (Setiawan 2015). Semakin tinggi konsentrasi nanosilika yang ditambahkan pada membran kitosan maka daya serap air/metanol, kapasitas penukar ion, dan konduktivitas ionik akan turun. Penelitian ini menunjukkan nanosilika mampu meningkatkan sifat fisis dan mekanis membran kitosan.

Penelitian pemanfaatan silika untuk memperbaiki sifat-sifat bioplastik sudah banyak dilakukan diantaranya adalah Lima et al. (2015) yang memberikan hasil bahwa penambahan 2 % (b/b) nanopartikel silika dalam campuran *biodegradable poly-(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT)/starch* dapat meningkatkan sifat mekanis film. Penelitian lain oleh Torabi and Nafchi (2013) telah menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi nanopartikel silika dapat meningkatkan sifat mekanis film komposit pati kentang. Demikian juga penggabungan nanopartikel silika dalam struktur biopolimer dapat menurunkan permeabilitas molekul gas dan uap air. Singkatnya, penambahan nanopartikel silika untuk meningkatkan sifat fungsional komposit bioplastik sangat bermanfaat untuk aplikasinya sebagai kemasan makanan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan nanosilika sekam padi pada pembuatan film bioplastik terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan sehingga diperoleh konsentrasi nanosilika terbaik yang memberikan sifat fisis dan mekanis film yang memadai sebagai kemasan pangan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pati kulit singkong dan nanosilika sekam padi yang diproduksi oleh Balai Penelitian Pasca Panen Bogor, asam klorida 8% (HCL) proanalisis *grade* Merk, silika gel, etanol, dan gliserol (kemurnian 98%). Sedangkan peralatan

yang digunakan antara lain *Chromameter* Minolta CR-300, *Sonikator*, *Ball Milling*, plat kaca, *Piknometer*, *Mikrometer Skrup*, *Universal Testing Machine (UTM)*, *Differential Scanning Calorimetri (DSC)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)*, dan *X-Ray Diffraction (XRD)*.

### Metode

Pembuatan komposit bioplastik didasarkan pada formulasi Torabi and Nafchi (2013) yang dimodifikasi. Proses pembuatannya menggunakan nanosilika (ukuran rata-rata partikel 400 nm hingga 450 nm) sebanyak 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% (b/b) pati kulit singkong didispersikan dalam 100 ml akuades selama 180 menit. Setelah itu, ditambahkan sedikit demi sedikit pati kulit singkong sejumlah yang diperlukan sesuai dengan konsentrasi perlakuan, sambil dipanaskan diatas *hot plate* dengan suhu 90 °C dan kecepatan pengadukan 436 rpm menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Kemudian ditambahkan sejumlah tertentu gliserol (30% volume gliserol/berat pati kulit singkong). Larutan diaduk kembali selama 10 menit dengan kecepatan 436 rpm pada suhu 90 °C hingga larutan terlihat homogen. Larutan diangkat dan diamkan selama 10 menit agar terbebas dari gelembung udara. Lalu dicetak diatas cetakan petridish berdiameter 100 mm. Lembaran bioplastik pada cetakan dikeringkan pada suhu 60 °C selama 20 jam sebelum dilepaskan dari cetakan. Setelah komposit bioplastik diperoleh maka dilakukan serangkaian uji.

### Uji Ketebalan (Maran et al. 2013)

Ketebalan film bioplastik diukur dengan *micrometer scrup* yang memiliki ketelitian sampai 0.01 mm. Pengukuran dilakukan pada lima tempat yang berbeda dan rata-rata pengukuran dihitung sebagai ketebalan bioplastik.

### Uji Densitas (ASTM (American Society for Testing and Materials) 1995)

Penentuan densitas (bobot jenis) dapat dilakukan dengan cara menghitung massa dan volume sampel. Persamaan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Keterangan :

$\rho$  = densitas (g/cm<sup>3</sup>)  
 $m$  = massa bahan (g)  
 $v$  = volume bahan (cm<sup>3</sup>)

### Uji Laju Transmisi Uap Air (Basha et al. 2011)

Bioplastik dikondisikan dalam ruangan dengan kelembaban (RH) 75% selama 24 jam. Bahan penyerap uap air sebanyak  $\pm 8$  g ditempatkan dalam cawan dan ditutup dengan

sampel sedemikian rupa sehingga bioplastik tersebut tidak terdapat celah pada tepinya. Cawan ditimbang dengan ketelitian 0.0001 g, kemudian diletakkan di dalam wadah dengan kelembaban 75%. Cawan ditimbang tiap periode dan ditentukan pertambahan berat cawan.

$$WVTR = \frac{W}{A \times t} \quad (2)$$

Keterangan :

WVTR = *Water Vapour Transmission Rate* (g/m<sup>2</sup>)  
 $W$  = perubahan berat (g)  
 $A$  = Luas area bioplastik (m<sup>2</sup>)  
 $t$  = waktu (24 jam)

### Uji Kuat Tarik (ASTM (American Society for Testing and Materials) 1995)

Pada uji kuat tarik digunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)*. Film yang telah dikeringkan dipotong dengan ukuran panjang 100 mm dan lebar 25 mm. Kedua ujung sampel film dijepit pada mesin penguji. Tombol start ditekan dan alat akan menarik sampel sampai putus. Pengukuran elongasi dilakukan dengan cara yang sama dengan pengujian kekuatan tarik. Perhitungan persamaan sebagai berikut :

$$\tau = \frac{F_{max}}{A} \quad (3)$$

Keterangan :

$T$  = kekuatan tarik (MPa)  
 $F_{max}$  = tegangan maksimum (N)  
 $A$  = luas penampang melintang (mm<sup>2</sup>)

$$\%E = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

%E = Perpanjangan (%)  
 $\Delta L$  = Pertambahan panjang spesimen (mm)  
 $L_0$  = Panjang spesimen awal (mm)

### Uji SEM

Uji *SEM* dilakukan untuk mengetahui morfologi serta ukuran serat dari sampel. Sampel yang diuji merupakan sampel yang memberikan karakteristik terbaik hasil perlakuan penambahan nanosilika. Sebelum diuji, sampel terlebih dahulu dilapis dengan emas selanjutnya diletakkan pada plat aluminium 4 sisi. *SEM* diatur pada tegangan 20 kV dengan dengan perbesaran 2500 kali.

### Uji XRD

Kristalinitas bioplastik diuji dengan menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)* Bruker D8. Sampel dipotong dengan diameter 3 cm dan diuji menggunakan radiasi  $K\alpha$  Cu ( $\lambda = 1,54060$ ). Sampel di bawah kondisi operasional pada 40 kV

dan 35 mA dengan kecepatan pemindaian 1°/min.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan komposit bioplastik menggunakan konsentrasi nanosilika 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%. Pada komposit bioplastik dilakukan serangkaian uji karakteristik yaitu ketebalan, densitas, laju transmisi uap air, kuat Tarik, dan elongasi. Hasil terbaik dari komposit bioplastik dianalisis bentuk morfologi permukaan menggunakan SEM dan struktur material penyusun bioplastik dengan XRD. Komposit bioplastik yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1.

### Karakteristik Fisik

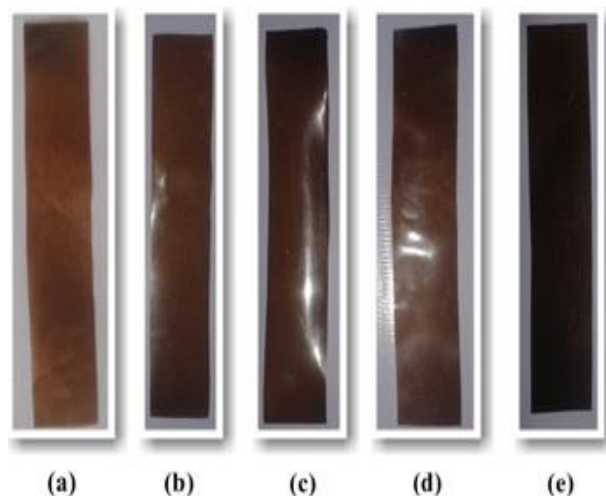
Ketebalan bioplastik pati kulit singkong-nanosilika (PKSN) diukur dengan mikrometer dengan satuan mm. Ketebalan plastik komposit ini memperlihatkan nilai yang berbeda satu sama lain berdasarkan tingkat konsentrasi nanosilika yang ditambahkan. Bioplastik komposit nanosilika-pati kulit singkong bertambah tebal seiring dengan penambahan konsentrasi nanosilika (Tabel 1). Ketebalan bioplastik dengan nilai tertinggi pada perlakuan PKNS<sub>4</sub> dengan konsentrasi nanosilika 8% sebesar 0.3067 mm. Sedangkan ketebalan bioplastik terkecil yaitu dengan bioplastik tanpa pemberian nanosilika (PK) dengan nilai 0,1967 mm.

Penambahan nanopartikel dapat meningkatkan ketebalan bioplastik yang terbuat dari metil selulosa sebesar 42% dibandingkan dengan kontrol (Espitia et al. 2013) dan pada film komposit gelatin/seng oksida meningkat ketebalannya dari 58.2±1.6 µm menjadi 63.9-68.6 µm tergantung pada nanopartikel seng oksida yang ditambahkan (Shankar et al. 2015). Selanjutnya Layuk (2012) juga menambahkan bahwa penambahan partikel asam palmitat tapioka pada film *edible* pektin dari daging buah pala dapat meningkatkan ketebalan sebesar 0,04% hingga 0,08%. Ketebalan bioplastik mempengaruhi sifat mekanis (Layuk 2012; Shankar et al. 2015; Espitia et al. 2013) dan permeabilitas bioplastik. Semakin tebal bioplastik

maka permeabilitas terhadap air maupun gas dapat menurun (Wardana 2016).

Pengukuran bobot jenis menggunakan alat piknometer ditujukan untuk mengetahui kepadatan material penyusun komposit bioplastik. Berdasarkan perhitungan statistik, nilai densitas bioplastik pada setiap perlakuan tidak berbeda nyata. Hal ini diduga karena rentang konsentrasi yang diberikan pada setiap perlakuan terlalu rapat. Namun, jika diamati nilai densitas seperti yang disajikan pada Tabel 1, terlihat ada perbedaan nilai densitas antara sampel yang ditambahkan nanosilika dengan sampel yang tidak ditambahkan nanosilika. Nilai densitas komposit bioplastik tanpa nanosilika (PK 0%) yaitu sebesar 0,9775 g/cm<sup>3</sup> sedangkan perlakuan sampel yang ditambahkan nanosilika berkisar dengan nilai 0,9932 g/cm<sup>3</sup> (PKNS<sub>1</sub> 2%), 0,9902 g/cm<sup>3</sup> (PKNS<sub>2</sub> 4%), 0,9933 g/cm<sup>3</sup> (PKNS<sub>3</sub> 6%), dan 0,9917 g/cm<sup>3</sup> (PKNS<sub>4</sub> 8%). Menurut penelitian yang dilakukan Diharjo, Elharomy, dan Purwanto (2014), penambahan *filler* nanosilika dapat meningkatkan densitas komposit nanosilika-*phenolic*. Peningkatan densitas akibat semakin tinggi fraksi volume nanosilika, maka kepadatan pada komposit semakin meningkat. Supraptiningsih dan Lestari (2005) menambahkan bahwa peningkatan berat jenis (densitas) disebabkan karena semakin banyak molekul dalam senyawa silika yang terikat pada polimer karet menjadikan kompon karet makin padat sehingga berat jenisnya makin besar.

Laju transmisi uap air merupakan uji tingkat perpindahan uap air yang mampu melewati bioplastik. Uji ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya uap air yang melewati bioplastik pada luas dan waktu tertentu. Penambahan nanosilika pada komposit bioplastik dari berbagai perlakuan terlihat mampu menurunkan permeabilitas air secara signifikan. Berdasarkan Tabel 1, semakin besar pemberian nanosilika akan semakin menurunkan permeabilitas uap air yang melewati bioplastik. Nilai tertinggi WVTR yaitu sebesar 12,4656 g/m<sup>2</sup> pada perlakuan kontrol (PK) tanpa pemberian nanosilika. Sedangkan nilai terendah sebesar 8,7403 g/m<sup>2</sup> pada perlakuan PKNS<sub>4</sub> dengan konsentrasi nanosilika 8%.



Gambar 1. Komposit bioplastik pati kulit singkong dengan (a) 10%; (b). 2%; (c) 4%; (d) 6% dan (e) 8% nanosilika

Tabel 1. Karakteristik fisik komposit bioplastik

Kode sampel	Nanosilika (%)	Ketebalan (mm)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	WVTR (g/m <sup>2</sup> )
PK	0	0,1967 <sup>d</sup>	0,9775 <sup>a</sup>	12,4656 <sup>a</sup>
PKNS <sub>1</sub>	2	0,2367 <sup>c</sup>	0,9932 <sup>a</sup>	11,5357 <sup>a</sup>
PKNS <sub>2</sub>	4	0,2567 <sup>b</sup>	0,9902 <sup>a</sup>	10,5705 <sup>a</sup>
PKNS <sub>3</sub>	6	0,2733 <sup>b</sup>	0,9933 <sup>a</sup>	9,1433 <sup>a</sup>
PKNS <sub>4</sub>	8	0,3067 <sup>a</sup>	0,9917 <sup>a</sup>	8,7403 <sup>a</sup>

Keterangan : PK = Pati Kulit; PKNS = Pati Kulit-Nanosilika; Huruf a,b, c, d dan e menunjukkan berbeda nyata ( $\alpha=5\%$ ) pada Uji Tukey

Sifat nanosilika yang cenderung hidrofobik mampu menjadi *barrier* yang kuat untuk uap air. Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian Ristian (2015), Meindrawan et al. (2017), dan Wardana (2016) bahwa film bionanokomposit yang berbahan nanopartikel mampu menurunkan WVTR secara signifikan. Adanya bahan pengisi dalam skala nanometer pada matriks polimer menyebabkan permeabilitas uap air menjadi semakin kecil. Hal ini juga didukung oleh Sorrentino et al. (2006) bahwa penurunan permeabilitas uap air pada nanokomposit film berbasis pati disebabkan karena sifat nanopartikel yang menyebabkan jalur berliku sehingga menghalangi jalur difusi uap air. Torabi and Nafchi (2013) dan Nafchi et al. (2013) juga menambahkan bahwa nanopartikel yang mengisi struktur makromolekul atau polimer dapat mengurangi permeabilitas uap air.

#### Karakteristik Mekanis

Uji karakteristik mekanis dilakukan dengan mengukur nilai kuat tarik (tegangan) komposit bioplastik dan nilai elongasi (regangan). Kuat tarik merupakan gaya optimum yang dapat ditahan bioplastik hingga putus. Sedangkan

elongasi adalah perpanjangan atau pertambahan regangan optimum bioplastik ketika ditarik hingga putus. Berdasarkan uji sidik ragam yang dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey, penambahan konsentrasi nanosilika (0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%) mampu meningkatkan nilai kuat tarik secara signifikan. Tetapi tidak berbeda nyata dengan elongasi (Tabel 2).

Pada konsentrasi 0% nanosilika (PK) dengan nilai kuat tarik sebesar 1,5766 MPa merupakan perlakuan kontrol tanpa penambahan nanosilika. Setelah ditambah nanosilika sebesar 2% (PKNS<sub>1</sub>) mengalami kenaikan kuat tarik sebesar 2,4229 MPa hingga terus naik menjadi 3,4749 MPa pada konsentrasi nanosilika 4% (PKNS<sub>2</sub>). Namun, pada konsentrasi 6% (PKNS<sub>3</sub>) terjadi penurunan nilai kuat tarik menjadi 1,6798 MPa dan sedikit naik kembali pada konsentrasi nanosilika 8% (PKNS<sub>4</sub>) sebesar 2,2327 MPa.

Menurut Orellana et al. (2014) penambahan silika akan mempengaruhi sifat mekanis dari material komposit. Perilaku mekanis material komposit terhadap kuat tarik tergantung pada variasi silika yang ditambahkan. Diharjo et al. (2014) membenarkan bahwa material nanokomposit memainkan peranan penting pada

peningkatan dan pembatasan sifat material. Partikel-partikel yang berukuran nano tersebut memiliki luas permukaan interaksi yang tinggi. Semakin banyak partikel yang berinteraksi, semakin kuat pula material. Inilah yang membuat ikatan antar partikel semakin kuat sehingga sifat mekanik material bertambah. Namun, penambahan partikel-partikel nano tidak selamanya akan meningkatkan sifat mekanisnya. Ada batas tertentu dimana saat dilakukan penambahan, kekuatan material justru semakin berkurang. Namun pada umumnya, material nanokomposit menunjukkan perbedaan sifat mekanis. Selain itu, peningkatan kandungan bahan pengisi menyebabkan terbentuknya aglomerat yang besar pada partikel pengisi. Ketika tingkat aglomerasi meningkat, maka interaksi antara pengisi dan matriks menjadi lemah (Turmanova et al.2012).

Penelitian yang dilakukan Akli, Khoiruddin, and Wenten (2016) menyatakan penambahan konsentrasi nanosilika yang optimum pada pembuatan membran yaitu sebesar 1%. Sementara Ma et al. (2009), mencoba memberi penambahan konsentrasi nanopartikel 0% sampai dengan 4% pada pati kacang polong dapat meningkatkan kuat tarik dari 3,94 MPa hingga 10,80 MPa dan menurunkan nilai elongasinya dari 42,2% hingga 20,4%. Namun Udjiana et al. (2019) memperlihatkan penambahan konsentrasi nanopartikel 6% dapat menurunkan kuat tarik dan meningkatkan elongasi. Penelitian nanopartikel yang sudah dilaksanakan oleh peneliti terdahulu menunjukkan hal yang serupa dengan penelitian komposit bioplastik berbahan nanosilika dan pati kulit singkong ini. Rentang nilai konsentrasi nanopartikel yang mampu meningkatkan karakteristik mekanis yaitu sebesar 1% sampai dengan 4% nanosilika.

### Pemilihan Komposit Bioplastik dan Analisis Terbaik

Pemilihan komposit terbaik bioplastik berdasarkan kepada sifat karakteristik fisis dan mekanis. Perlakuan yang dipilih yaitu PKNS<sub>2</sub> dengan perlakuan nanosilika 4%. Alasan perlakuan PKNS<sub>2</sub> dijadikan perlakuan terbaik berdasarkan nilai kuat tarik tertinggi dan nilai elongasi yang kecil. Serta didasarkan kepada penelitian yang menyebutkan konsentrasi terbaik nanosilika pada pembuatan komposit berkisar dibawah 5% (0% hingga 4%). Selanjutnya perlakuan 4% nanosilika dilakukan analisis SEM dan XRD.

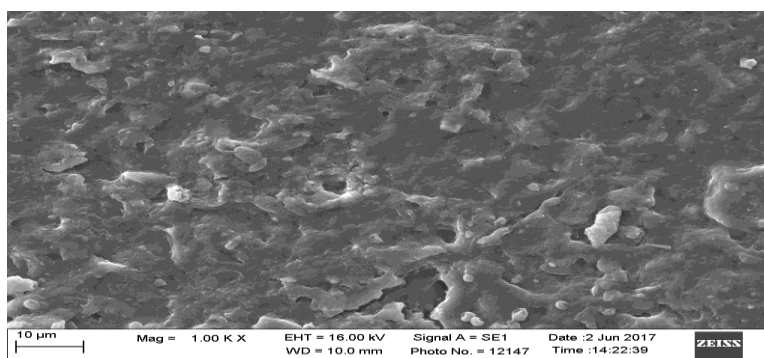
Bentuk morfologi permukaan komposit bioplastik dilihat dari atas dengan perbesaran 1000x (Gambar 2). Permukaan bioplastik terlihat kasar meski sudah terjadi inkorporasi antara komponen nanosilika, komponen pati, dan gliserol. Hal ini menandakan masih terjadi aglomerasi pada nanosilika sehingga permukaan komposit bioplastik cenderung kurang homogen. Menurut Diharjo et al. (2014), permukaan yang lebih kasar dari komposit nanosilika disebabkan oleh tidak sempurnanya kontak permukaan antara matriks dan filler.

Uji *X-Ray Diffraction (XRD)* dilakukan untuk mengetahui struktur bahan yang menyusun komposit bioplastik. Data berupa nilai kristalinitas dan amorf yang menyusun bioplastik. Berdasarkan analisis yang dilakukan, tingkat kristalinitas komposit bioplastik yaitu 33,4% sedangkan struktur amorf sebesar 66,6%. Gambar 3 mengindikasikan bahwa makin lebar puncak difraksi sinar X maka semakin kecil ukuran kristalinitasnya. Grafik XRD pada komposit bioplastik membuktikan bahwa komposit merupakan gabungan antara dua fasa atau lebih yang tidak saling melarutkan dan terdiri dari *filler* dan matrik (Nikmatin et al. 2010).

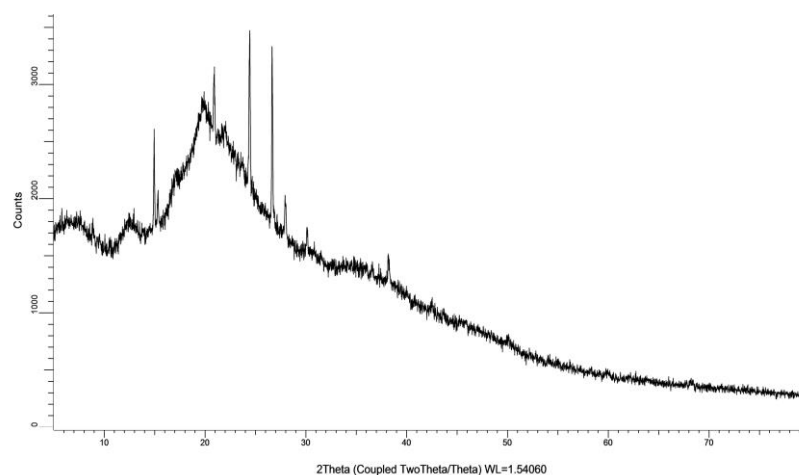
Tabel 2 Karakteristik mekanis komposit bioplastik

Kode Sampel	Nanosilika (%)	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)
PK	0	1,5766 <sup>c</sup>	35,1065 <sup>a</sup>
PKNS <sub>1</sub>	2	2,4229 <sup>b</sup>	54,0135 <sup>a</sup>
PKNS <sub>2</sub>	4	3,4749 <sup>a</sup>	33,7074 <sup>a</sup>
PKNS <sub>3</sub>	6	1,6798 <sup>bc</sup>	40,8015 <sup>a</sup>
PKNS <sub>4</sub>	8	2,2327 <sup>bc</sup>	50,7913 <sup>a</sup>

Keterangan : PK = Pati Kulit; PKNS = Pati Kulit-Nanosilika  
Huruf a,b, c, d dan e menunjukkan berbeda nyata ( $\alpha= 5\%$ ) pada Uji Tukey



Gambar 2. Morfologi permukaan komposit bioplastik pati kulit singkong dengan 4%(b/b) nanosilika (PKNS<sub>2</sub>)



Gambar 3. XRD bioplastik komposit pati kulit singkong dengan 4% (b/b) nanosilika (PKNS<sub>2</sub>)

## KESIMPULAN

Penambahan nanosilika sekam padi pada komposit bioplastik pati kulit singkong mampu meningkatkan ketebalan sebesar dan kuat tarik secara signifikan sebesar masing-masing 20% hingga 55% dan 6% sampai 100%. Sedangkan peningkatan nilai densitas, elongasi, dan laju transmisi uap air hanya terlihat sedikit mengalami peningkatan. Nanosilika yang dikembangkan pada penelitian ini memiliki jumlah batasan konsentrasi yang digunakan dan perlakuan terbaik diperoleh pada bioplastik komposit dengan 4% nanosilika. Kelemahan teknik pencampuran dan pembuatan bioplastik ini adalah beraglomerasi (menggumpal) dan tidak homogen. Aglomerasi ini berdampak pada bentuk morfologi yang kasar sehingga berpengaruh pada tekstur fisik bioplastik ketika akan diaplikasikan pada produk riil. Tingkat kristalinitas plastik komposisi terbaik (4% nanosilika) adalah 33,4%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abiodun, Y. O., and A. A. Jimoh. 2018. "Microstructural Characterisation, Physical and Chemical Properties of Rice Husk Ash as Viable Pozzolan in Building Material: A Case Study of Some Nigerian Grown Rice Varieties." *Nigerian Journal of Technology* 37 (1): 71. <https://doi.org/10.4314/njt.v37i1.10>.
- Akli, K., Khoiruddin, and I. G. Wenten. 2016. "Preparation and Characterization of Heterogeneous PVC-Silica Proton Exchange Membrane." *Journal of Membrane Science and Research* 2 (3): 141–46. <https://doi.org/10.22079/jmsr.2016.20312>.
- Alghdeir, Malek, Khaled Mayya, and Mohamed Dib. 2019. "Characterization of Nanosilica/Low-Density Polyethylene Nanocomposite Materials." *Journal of*

- Nanomaterials* 2019: 1–9.  
<https://doi.org/10.1155/2019/4184351>.
- Amin, Md. R, M.A Chowdhury, and Md. A Kowser. 2019. "Characterization and Performance Analysis of Composite Bioplastics Synthesized Using Titanium Dioxide Nanoparticles with Corn Starch." *Heliyon* 5 (8): e02009.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02009>.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1995. "Standard Test Methods for Density and Specific Gravity ( Relative Density ) of Plastics" 14: 1–6.
- Azmi, M. A., N. A.A. Ismail, M. Rizamarhaiza, A. A.K.W.M. Hasif, and H. Taib. 2016. "Characterisation of Silica Derived from Rice Husk (Muar, Johor, Malaysia) Decomposition at Different Temperatures." *AIP Conference Proceedings* 1756.  
<https://doi.org/10.1063/1.4958748>.
- Basha, R. K, K Konno, H Kani, and T Kimura. 2011. "Water Vapor Transmission Rate of Biomass Based Film Materials." *Engineering in Agriculture, Environment and Food* 4 (2): 37–42.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1881-8366\(11\)80018-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1881-8366(11)80018-2).
- Diharjo, K, I Elharomy, and A Purwanto. 2014. "Pengaruh Fraksi Volume Filler Terhadap Kekuatan Bending Dan Ketangguhan Impak Komposit Nanosilika – Phenolic." *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Brawijaya* 5 (1).
- Espitia, P.J.P, F. S. N. De Fátima, RF. Teófilo, J.S Dos Reis Coimbra, D.M. Vitor, R.A Batista, S.O Ferreira, N.J De Andrade, and E.A.A Medeiros. 2013. "Physical-Mechanical and Antimicrobial Properties of Nanocomposite Films with Pediocin and ZnO Nanoparticles." *Carbohydrate Polymers* 94 (1): 199–208.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.01.003>.
- Foletto, E. L, E Gratieri, L. H de Oliveira, and S. L Jahn. 2006. "Conversion of Rice Hull Ash into Soluble Sodium Silicate." *Materials Research* 9 (3): 335–38.  
<https://doi.org/10.1590/S1516-14392006000300014>.
- Fu, S.Y, X.Q Feng, B Lauke, and Y.W Mai. 2008. "Effects of Particle Size, Particle/Matrix Interface Adhesion and Particle Loading on Mechanical Properties of Particulate–Polymer Composites." *Composites Part B: Engineering* 39 (6): 933–61.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2008.01.002>.
- Karuniastuti, N. 2013. "Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan Dan Lingkungan." *Swara Patra: Majalah Pusdiklat Migas* 3 (1): 6–14.
- Layuk, P. 2012. "KARAKTERISASI KOMPOSIT FILM EDIBLE PEKTIN DAGING BUAH PALA (*Myristica Fragrans* Houtt) DAN TAPIOKA [Characterization of Edible Film Composite Made of Pectin from Nutmeg Mesocarp and Tapioca]." *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan* 13 (2): 178.
- Lima, R.A., R.R. Oliveira, C.H. Wataya, and E.A.B. Moura. 2015. "Biodegradable Starch/Copolyesters Film Reinforced with Silica Nanoparticles: Preparation and Characterization." *TMS Annual Meeting 2015-Janua* (January): 687–93.  
<https://doi.org/10.1002/9781119093404.ch87>.
- Ma, X, P Chang, J Yang, and J Yu. 2009. "Preparation and Properties of Glycerol Plasticized-Pea Starch/Zinc Oxide-Starch Bionanocomposites." *Carbohydrate Polymers* 75 (3): 472–478.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.08.007>.
- Maran, J Prakash, V Sivakumar, R Sridhar, and K Thirugnanasambandham. 2013. "Development of Model for Barrier and Optical Properties of Tapioca Starch Based Edible Films." *Carbohydrate Polymers* 92 (2): 1335–47.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.09.069>.
- Marlina, L, I Sriyanti, F Iskandar, and K Khairurijal. 2012. "Pengaruh Komposisi Sekam Padi Dan Nano Silika Terhadap Kuat Tekan Material Nanokomposit." *Jurnal Penelitian Sains* 15 (3).
- Meindrawan, Bayu, Nugraha Edhi Suyatma, Tien Ruspriatin Muchtadi, and Evi Savitri Iriani. 2017. "Aplikasi Pelapis Bionanokomposit Berbasis Karagenan Untuk Mempertahankan Mutu Buah Mangga Utuh." *Jurnal Keteknikan Pertanian* 5 (1).
- Nafchi, A. M, R Nassiri, S Sheibani, F Ariffin, and A. A. Karim. 2013. "Preparation and Characterization of Bionanocomposite Films Filled with Nanorod-Rich Zinc Oxide." *Carbohydrate Polymers* 96 (1): 233–39.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.03.055>.
- Nasution, R. S. 2015. "Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik." *Journal of Islamic Science and Technology* 1 (1): 97–104.
- Nikmatin, S, S Purwanto, A Maddu, and T Mandang. 2010. "Sebagai Filler Bionanokomposit Dengan Difraksi Sinar-X." *Jurnal SainsMateri Indonesia Indonesian Journal OfMaterials Science*, 97–102.
- Noviyanti. 2014. "Bioplastik Komposit Pati Tapioka Dan Lilin Lebah Dengan Tambahan



- Natrium Alginat Sebagai Pengemulsi.”
- Nurseha, D. 2012. “Pengaruh Penambahan Plasticizer Sorbitol Untuk Pembuatan Bioplastik Dari Pati Kulit Singkong,” no. 07630005.
- Orellana, F., J. Lisperguer, and C. Nuñez. 2014. “Synthesis and Characterization of Polypropylene-Silica, Alumina and Titania Nanoparticles, Prepared by Melting.” *Journal of the Chilean Chemical Society* 59 (1): 2389–93. <https://doi.org/10.4067/S0717-97072014000100030>.
- Ristian, I. 2015. “Bahan Pengemas Antimikroba Berbasis Nanokomposit Film Pati Tapioka, Montmorilonit, Dan Nanopartikel Perak Ina Ristian.” *Disertasi*.
- Setiawan, W. K. 2015. “Preparasi Nanosilika Dari Abu Ketel Dengan Metode Kopresipitasi Sebagai Aditif Membran Elektrolit Berbasis Kitosan,” 1–53.
- Shankar, S, X Teng, G Li, and J.W Rhim. 2015. “Preparation, Characterization, and Antimicrobial Activity of Gelatin/ZnO Nanocomposite Films.” *Food Hydrocolloids* 45: 264–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.12.001>.
- Sorrentino, A., M. Tortora, and V. Vittoria. 2006. “Diffusion Behavior in Polymer-Clay Nanocomposites.” *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics* 44 (2): 265–74. <https://doi.org/10.1002/polb.20684>.
- Suka, I.G, W Simanjuntak, S Sembiring, and E Trisnawati. 2008. “Karakteristik Silika Sekam Padi Dari Provinsi Lampung Yang Diperoleh Dengan Metode Ekstraksi.” *Mipa* 37 (1): 47–52.
- Sulistiyono. 2016. “Penggunaan Produk Plastik Dari Petrokimia Dengan Bahan Dasar Minyak Dan Gas Bumi Memanfaat Dan Bahayanya Bagi Kesehatan Dan Lingkungan.” *Forum Teknologi* 06 (2): 90–101.
- Supraptiningsih, S, and S. B. P Lestari. 2005. “Pengaruh Rss/Sbr Dan Filler CaCO3 Terhadap Sifat Fisis Kompon Karpas Karet.” *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*. <https://doi.org/10.20543/mkpp.v21i1.316>.
- Torabi, Z., and A. Mohammadi Nafchi. 2013. “The Effects of SiO2 Nanoparticles on Mechanical and Physicochemical Properties of Potato Starch Films.” *The Journal of Chemical Health Risks* 3 (1): 33–42.
- Turmanova, S, S Genieva, and L Vlaev. 2012. “Obtaining Some Polymer Composites Filled with Rice Husks Ash-A Review.” *International Journal of Chemistry* 4 (4). <https://doi.org/10.5539/ijc.v4n4p62>.
- Udjiana, S, S, S Hadianoro, M Syarwani, and H Suharti, P. 2019. “Pembuatan Dan Karakterisasi Plastik Biodegradable Dari Umbi Talas ( Xanthosoma Sagittifolium ) Dengan Penambahan Filler Kitosan Dan Kalsium Silikat” 3 (9): 10–19.
- Wardana, A.A. 2016. “Pembuatan Pelapis Bionanokomposit Tapioka, Nanopartikel ZnO Dan Asam Stearat Serta Aplikasinya Pada Mangga Terolah Minimal,” 1–51.
- Warsiki, E, J Sianturi, and C Sunarti. 2011a. “Physical-Mechanical Properties And Permeability Evaluation Of Chitosan Film” 21 (3): 139–45.
- Warsiki, E, J Sianturi, and T.C Sunarti. 2011b. “Physical-Mechanical Properties and Permeability Evaluation of Chitosan Film.” *Journal of Agroindustrial Technology* 21 (3).