

# Efek Nanobentonit terhadap Morfologi Film Nanokomposit Kitosan/Pektin

Ridwan<sup>1</sup>, Nahar<sup>2</sup>, M.Yunus<sup>3</sup>, Aida Safitri<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup>Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

<sup>1</sup>ridwan.kimia@pnl.ac.id

<sup>2</sup>nahar@pnl.ac.id

<sup>3</sup>yunus @pnl.ac.id

<sup>4</sup>aidasafitri @pnl.ac.id

**Abstrak**— Polimer plastik merupakan salah satu material yang paling banyak mendominasi kegiatan manusia sehari-hari karena sifatnya yang multifungsi, ringan dan kuat serta anti korosi sehingga mudah untuk diaplikasikan dalam berbagai peralatan. Plastik pada umumnya berasal dari bahan petroleum sehingga sifatnya nonbiodegradable. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menciptakan terobosan plastik bersumber bahan alami dan terbaharui bersifat biodegradable yaitu dari pati tumbuhan membentuk material Pektin/ / bentonit komposit yang diharapkan memiliki sifat unggul dan menyerupai plastik konvensional pada umumnya. Untuk meningkatkan sifat-sifat dari Pektin, maka dilakukan penambahan Bentonit . Penambahan bentonit akan meningkatkan secara signifikan sifat ketahanan terhadap panas material. Lebih jauh lagi dalam upaya meningkatkan kualitas material ini perlu ditambahkan suatu bahan yang mampu meningkatkan sifat mekanik produk yaitu kekuatannya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan menyelidiki proses pembuatan dan perbandingan komposisi yang tepat untuk komposit Pektin/ kitosan / bentonit sebagai material komposit yang kuat dan tahan terhadap panas dan mempelajari pengaruh perlakuan awal pada kitosan dan modifikasi pada filler bentonit terhadap produk komposit yang dihasilkan. Analisa karakteristik material dilakukan dengan Xrd, FTIR, dan SEM untuk mempelajari permukaan dan sifat- sifat dari bahan material yang dihasilkan.

**Kata kunci**— Pektin, Polimer, Kitosan, Bentonit, Biodegradabel

**Abstract**—Plastic polymer is one of the most dominant materials in daily human activities because of its multifunctional, light and strong properties as well as anti-corrosion so it is easy to apply in various equipment. Plastic is generally derived from petroleum materials so it is non-biodegradable. Therefore, this study aims to create a breakthrough in plastic sourced from natural and renewable biodegradable materials, namely from plant starch to form a composite Pectin / / bentonite material which is expected to have superior properties and resemble conventional plastics in general. To improve the properties of Pectin, Bentonite is added. The addition of bentonite will significantly increase the heat resistance properties of the material. Furthermore, in an effort to improve the quality of this material, it is necessary to add a material that can improve the mechanical properties of the product, namely its strength. Based on this, this study aims to investigate the manufacturing process and the appropriate composition comparison for Pectin / chitosan / bentonite composites as strong and heat-resistant composite materials and to study the effect of pretreatment on chitosan and modification of bentonite fillers on the resulting composite product. Material characteristic analysis was carried out using XRD, FTIR, and SEM to study the surface and properties of the resulting material.

**Keywords**— Pectin, Polymer, Chitosan, Bentonite, Biodegradabel

## I. PENDAHULUAN

Plastik merupakan material yang paling banyak digunakan untuk pengemasan produk di sebagian besar industri manufaktur, mulai dari elektronik hingga makanan dan aksesoris fesyen. Akan tetapi, plastik menghadapi banyak tantangan karena sifatnya yang tidak dapat terurai secara hayati, yang menimbulkan ancaman serius bagi lingkungan. Berbagai kemungkinan dilakukan untuk mengganti dan mencegah penggunaan plastik dalam pengemasan produk seperti biopolimer yang merupakan polimer berharga yang diperoleh dari bahan-bahan organik dan berbasis tanaman lebih baik untuk pengemasan produk. Tidak seperti plastik, biopolimer bersifat biokompatibel dan dapat terurai secara hayati dalam waktu singkat, yang akan membantu melestarikan ekosistem dan lebih sehat bagi manusia

Biopolimer dewasa ini dikenal sebagai bahan kemasan yang ramah lingkungan dan mutakhir karena ketersediaannya yang melimpah, dapat diperbarui, tidak beracun, dapat terurai secara hayati, mudah difungsionalisasi, dan ramah lingkungan[1]. Biopolimer dapat dengan mudah terdegradasi secara biologis dan diperoleh secara kimiawi dari sumber alami atau disintesis sepenuhnya oleh organisme hidup[2]

Limbah agroindustri, kulit jeruk bali. ekstraksi hijau menjadi biopolimer pektin telah dikembangkan untuk

mengurangi waktu ekstraksi metode konvensional dan dampak lingkungan .Dengan berfokus pada evaluasi lingkungan dari metode ekstraksi pektin, diharapkan memberikan kontribusi yang signifikan bagi komunitas ilmiah dan pembuat kebijakan sehingga menawarkan data penting yang dapat memandu penelitian di masa mendatang tentang pengoptimalan proses ekstraksi dengan dampak lingkungan yang lebih rendah. Yang dapat memberikan wawasan yang dapat ditindaklanjuti tentang keberlanjutan teknologi ekstraksi hijau yang mempromosikan praktik ramah lingkungan di sektor pangan dan agroindustri. Pada akhirnya mendorong inovasi berkelanjutan dengan menunjukkan manfaat lingkungan dari penerapan metode ekstraksi hijau dari pada teknik tradisional, sehingga berkontribusi pada sistem produksi pangan yang lebih berkelanjutan [3, 4]. Kitosan memiliki sifat antioksidan, yang terutama disebabkan oleh gugus amino dan hidroksil reaktif dalam rantai molekulnya. Kitosan memungkinkan zat tersebut bereaksi dengan radikal bebas, sehingga mengurangi kerusakan oksidatif pada makanan yang disebabkan oleh radikal bebas, dan menunda kerusakan makanan [5]. Di Indonesia, ketersediaan bahan-bahan pada penelitian ini termasuk mudah didapatkan limbah dari agrobisnis seperti limbah kulit jeruk bali Sedangkan bentonit mudah ditemukan dan tersebar banyak di Indonesia sebagai wilayah dengan dengan jumlah

pegunungan yang besar. Jelaslah bahwa kondisi ini merupakan potensi yang besar bagi pengembangan industri pengelolaan Pengembangan nano-komposit biopolimer Pektin/ kitosan / bentonit

Masalah yang dalam penelitian ini adalah melihat Pengaruh penambahan kitosan dan bentonit terhadap Pektin yang berhubungan dengan interkalasi material dan Karakterisasi material biopolimer nanokomposit yang dihasilkan setelah work-up, meliputi uji morfologi, sifat mekanik, panas (thermal), dan biodegradable. Biopolimer adalah polimer yang diperoleh dari sumber alami, baik yang sepenuhnya disintesis secara biologis oleh organisme hidup atau disintesis secara kimia dari bahan biologis [5–7] Pektin dapat menjadi bagian dari matriks polimer lainnya karena kemampuannya untuk membentuk jaringan tiga dimensi, yang dikenal sebagai gel, dan interaksi dengan polimer lain melalui berbagai gaya, seperti interaksi ionik atau ikatan hidrogen. Pektin, sebagai polimer alami, memiliki sifat unik yang membuatnya cocok untuk digunakan sebagai matriks dalam berbagai aplikasi, termasuk penghantaran obat dan kemasan makanan salah satunya [6]. Pektin dapat berinteraksi dengan polimer lain, baik secara fisik maupun kimiawi. Misalnya, pektin dapat berinteraksi dengan kitosan melalui interaksi ionik, membentuk kompleks polielektrolit yang dapat digunakan sebagai matriks. Pektin dapat digunakan sebagai matriks dalam sistem penghantaran obat, baik secara langsung maupun sebagai bagian dari komposit polimer. Pektin dapat membantu dalam kontrol pelepasan obat, menargetkan ke usus besar, dan meningkatkan stabilitas obat. Pektin dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk membuat film yang dapat dimakan, yang memiliki sifat penghalang gas dan air, serta dapat mengandung bahan aktif seperti antioksidan atau antimikroba. Pektin merupakan polisakarida yang terdiri dari unit asam galakturonat yang dihubungkan oleh ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik. Pektin dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat esterifikasi (tingkat metilasi) dan keberadaan rantai rhamnosa.[7]. Bentonit merupakan mineral hasil dekomposisi abu vulkanik berupa tanah lempung dimana penggunaannya sebagai bahan pengisi ekonomis untuk memodifikasi penciptaan dan performa material apabila dimodifikasi secara baik. Bentonit adalah mineral lempung yang memiliki beragam sifat dan aplikasi. Penelitian terus dilakukan untuk mengeksplorasi potensi bentonit dalam berbagai bidang, terutama dalam bidang teknologi ramah lingkungan dan bahan baru. Tanah liat bentonit adalah mineral alami yang sebagian besar terdiri dari montmorillonit.[8]. Sifat-sifat unik yang ditunjukkan oleh bahan-bahan nano bentonit yang dihasilkan membuatnya sangat diinginkan untuk berbagai aplikasi industri dan komersial.[9]. Penggunaan komposit polimer berbasis bentonit menghasilkan minat yang besar di antara para peneliti dan industri. Material ini telah dipelajari selama beberapa dekade dan telah diterapkan di berbagai bidang, seperti teknik otomotif, kedirgantaraan, dan konstruksi. Integrasi bentonit telah menunjukkan peningkatan sifat mekanik, termal, dan listrik dari material komposit [10]

tinjauan pustaka secara ringkas, maksud dan tujuan riset dilakukan.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Persiapan Pektin

Tahapan aliran proses pembuatan Pektin meliputi persiapan bahan baku kulit jeruk bali, Ekstraksi pektin, Pemurnian, dan Persiapan hidrolisa pektin.

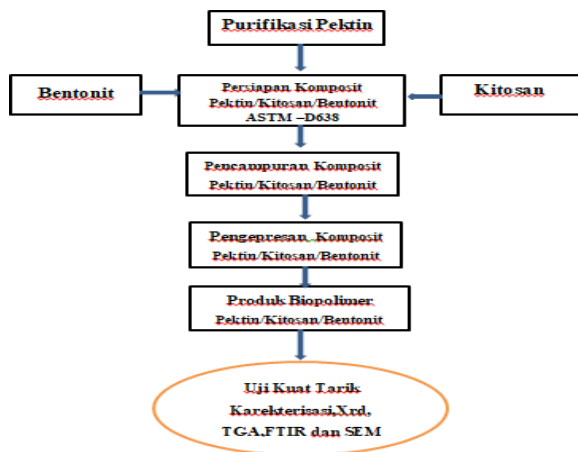
### B. Persiapan kitosan

Kitosan (2 g) didispersikan dalam 20 mL isopropanol dan diaduk selama 20 menit pada suhu kamar. Selanjutnya, 5 mL NaOH encer ditambahkan, kemudian diaduk selama 45 menit, dan 12 g asam monokloroasetat kemudian ditambahkan ke suspensi. Reaksi berlangsung selama 3 jam dengan suhu 90 °C. Kemudian, produk padat disaring, disuspensikan dalam 100 mL metanol. Produk dikeringkan pada suhu 60 °C dalam oven selama 12 jam dan akhirnya dalam desikator vakum pada suhu kamar.

### C. Persiapan Bentonit

Bentonit diambil dari Nisam Kabupaten Aceh Utara. Bentonit tersebut kemudian dikeringkan pada suhu 105°C dan disimpan dalam desikator. Bentonit yang telah kering kemudian diidentifikasi menggunakan XRD dan SEM. Selanjutnya dilakukan purifikasi terhadap sampel tersebut untuk mendapatkan montmorillonite. Metode purifikasi bentonit dilakukan mengikuti metode yang dilakukan oleh Gong. Proses purifikasi melalui 3 tahapan, penggilingan (grinding), dispersi dan sentrifugasi. Bahan baku bentonit pertama sekali dihancurkan dan dihaluskan menggunakan grinder selama 60 menit. Bentonit yang telah halus kemudian diayak dengan ayakan 200 mesh untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Kemudian diambil 3 gram bentonit halus dan dilarutkan dalam 36 gram air bebas ion yang telah dicampurkan 0,03 gr (NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub> atau 1 % dari berat bentonit. Campuran tersebut kemudian di aduk menggunakan magnetic stirrer selama 24 jam. Setelah dilakukan pengadukan, kemudian dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 700 rpm selama 2 menit. Endapan yang diperoleh kemudian dipanaskan dengan oven pada temperatur 60°C hingga mencapai berat yang konstan. Selanjutnya sampel bentonit tersebut diolah kembali dengan adanya penambahan CTAB (Cethyl Trimethyl Ammonium Bromide) sebagai surfaktan untuk memodifikasi bentonit membentuk organo bentonit dengan merubah sifatnya dari hidrofilik menjadi lebih hidrofobik seperti dapat ditunjukkan pada Gambar 3.2. Selanjutnya sampel bentonit siap digunakan. dimana sebelumnya bentonit yang sudah termodifikasi diidentifikasi menggunakan XRD dan SEM

### D. Pembuatan Biopolimer Pektin/Kitosan/Bentonit nanokomposit



Gambar 1. Pembuatan Biopolimer Pektin/ Kitosan /Bentonit

Bentonit yang telah dimurnikan didispersikan kedalam Pektin/ Kitosan dengan menggunakan alat melt blending. Untuk perlakuannya sejumlah bentonit dicampurkan di dalam Pektin/ Kitosan sesuai dengan range taraf penelitian dalam persen berat (% wt). Campuran bahan (Pektin/Kitosan/Bentonit nanokomposit) dikompres dengan HSINCHU kedalam molding dengan kondisi tertentu. Secara keseluruhan diagram alir proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Pembuatan Biopolimer Pektin/ Kitosan /Bentonit

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada pembuatan Pengembangan Biopolimer Pektin/ Kitosan / Melalui Sintesis Hijau Berbasis Bio Mampu Hancur Secara Biologis. Produk yang dihasilkan akan dilakukan analisa kuat tarik ,FTIR,Xrd,TGA dan SEM.. Penelitian terapan ini akan tahapan pembuatan Pektin dan tahapan purifikasi bentonit.

#### 3.2 Sintesa Bentonit Alam menjadi Bentonit Nanokomposit

Bentonit alam sebelum dilakukan preparasi terlebih dahulu dilakukan pengujian komposisi kimia dari bentonit alam. Setelah dilakukan pengujian komposisi kimia baru dilakukan pengolahan bentonit alam menjadi organo bentonit. Parameter yang diukur penelitian ini adalah komposisi kimia bentonit alam .

##### 3.2.1 Analisa Xrf

X-ray fluoresensi (XRF) spektrometri adalah teknik yang terkenal, mapan dan diterapkan secara luas dalam penentuan komposisi unsur utama bahan bumi. XRF mempunyai kemampuan untuk menganalisis sampel padat secara non-destruktif melalui radiasi X. Keteraturan dan kejelasan spektrum emisinya, akurasi dan presisi yang tinggi menjadikan teknik inimerupakan metode pilihan geokimia

dalam penyelidikan komposisi kimia bahan-bahan bumi. Ada batasan mengenai waktu dan kalibrasi instrumen, biaya pemasangan, efek matriks yang harus dipertimbangkan dan serangkaian standar yang ketat; Namun, analisis laboratorium XRF tetap menjadi teknik standar untuk menyediakan analisis data geokimia berkualitas tinggi dalam penyelidikan komposisi unsur bumi .Sampel bentonit diambil pada saat musim kemarau . Bentonit dikumpulkan dan dihancurkan menjadi partikel-partikel halus dan dikeringkan selama 5 hari untuk memudahkan penghancuran dan pengayakan, kemudian digiling menjadi bubuk. Analisis X-Ray Fluorescence (XRF) digunakan untuk mengetahui komposisi kimia dari sampel dan juga akan diperoleh spektrum yang menunjukkan hubungan antara intensitas dengan energi. Komposisi bentonit dianalisa dengan menggunakan instrument XRF dan diperoleh hasil seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel.1 Komposisi Bentonit berdasarkan analisa Xrf

No	Elemen	Unit (% berat)
1	SiO <sub>2</sub>	49,95
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,70
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,81
4	MgO	0,17
5	SO <sub>3</sub>	0,31
6	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12
7	TiO <sub>2</sub>	0,73
8	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,37

Hasil analisa komposisi bentonit murni yang telah dilakukan, diperoleh kemiripan kadar silika dan alumina dengan bentonit murni yang telah diteliti oleh peneliti sebelumnya

#### 3.3 Preparasi Bentonit

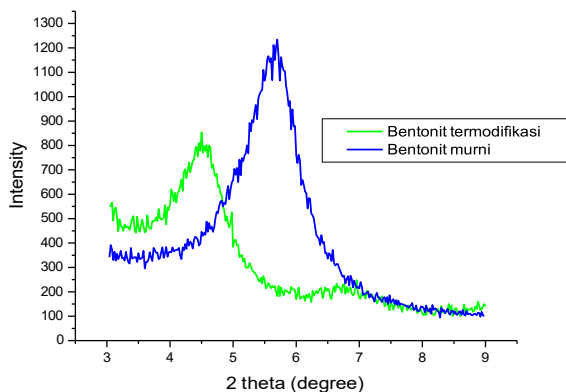
Setelah melakukan pengolahan pada bentonit alam yang berasal dari Sawang ,Aceh utara maka dihasilkan bentonit murni yang berukuran lebih halus yaitu 230 mesh,dibandingkan dengan bentonit yang belum dimurnikan. Pemurnian dilakukan dengan menggunakan (NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub> .maka diperoleh bentonit murni (montmorillonit). Metode purifikasi bentonit dilakukan mengikuti metode yang dilakukan oleh Gong et al.,2012. Proses purifikasi melalui 3 tahapan, penggilingan (grinding), dispersi dan sentrifugasi. Bahan baku bentonit pertama sekali dihancurkan dan dihaluskan menggunakan grinder selama 60 menit. Bentonit yang telah halus kemudian diayak dengan ayakan 230 mesh untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Kemudian diambil

3 gram bentonit halus dan dilarutkan dalam 36 gram air bebas ion yang telah dicampurkan 0,03 gr (NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub> atau 1 % dari berat bentonit. Campuran tersebut kemudian di aduk menggunakan magnetic stirrer selama 24 jam. Setelah dilakukan pengadukan, kemudian dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 700 rpm selama 2 menit. Endapan yang diperoleh kemudian dipanaskan dengan oven pada temperatur 60oC hingga mencapai berat yang konstan. Monmorillonit yang diperoleh kemudian diidentifikasi menggunakan XRD dan SEM.

a. Analisa XRD

Analisis Difraksi Sinar-X (XRD) pada sampel dilakukan dengan alat Shimadzu XRD-7000 X-Ray Difraktometer Maxima. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui komponen dan jumlah mineral montmorillonite yang terkandung serta besar pembukaan lapisan (d-spacing) interlayer bentonit. Perubahan dalam intensitas yang terdifraksi diukur dan di plot terhadap sudut difraksi (2θ).

Hasil analisis XRD ditampilkan pada Gambar 2. Dari Gambar 2, dapat dilihat bahwa puncak difraksi bentonit murni berada pada 5.8o (d-spacing 0,74 nm). Setelah mengalami modifikasi menggunakan CTAB puncak difraksi bentonit termodifikasi berada pada 4.54o (d-spacing 1,9 nm). Dari hasil uji XRD dapat disimpulkan bentonit yang termodifikasi dengan menggunakan CTAB akan mengakibatkan terbentuknya d-spacing layer yang semakin besar. Bentonit termodikasi sangat baik digunakan untuk proses nanokomposit polimer-silikat, karena terjadinya p[elebaran jarak antar bidang pada bentonit termodifikasi CTAB dimana jarak yang diperoleh semakin besar.

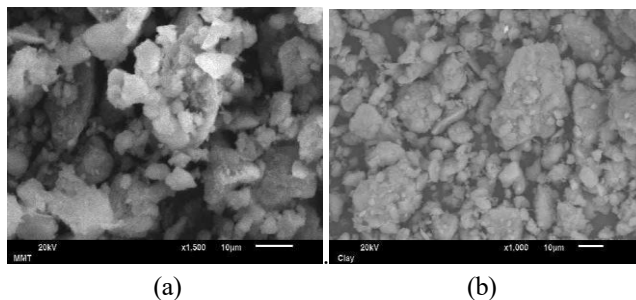


Gambar.2.Difraktogram bentonit murni dan bentonit termodifikasi CTAB

b. Analisa SEM

Untuk mendapatkan informasi tentang struktur morfologi dari bentonit alam dan bentonit yang telah dimodifikasi, maka dilakukan analisis menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM). Hasil analisis SEM menunjukkan adanya perbedaan morfologi antara bentonit alam dengan bentonit

yang telah dimodifikasi menggunakan surfaktan kationik. Hasil analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4.3. Hasil analisa SEM (a) bentonit murni dan (b) bentonit termodifikasi CTAB

Gambar SEM dari bentonit murni dan bentonit termodifikasi CTAB diambil pada 1.000 X pembesaran. Berdasarkan hasil karakterisasi terhadap morfologi permukaan dengan SEM, struktur permukaan bentonit murni dan bentonit termodifikasi memiliki permukaan yang berbeda, permukaan bentonit termodifikasi CTAB lebih homogen dari permukaan bentonit murni. Morfologi bentonit murni permukaannya terlihat kasar sementara bentonit termodifikasi dengan CTAB menunjukkan ukuran permukaan partikel besar. Berdasarkan hasil karakterisasi morfologi permukaan dilihat dari hasil SEM, struktur permukaan bentonit murni dan bentonit termodifikasi CTAB memiliki permukaan yang berbeda, permukaan bentonit sesudah dipurifikasi lebih homogen dan terlihat terdispersi sangat baik dari pada bentonit sebelum dipurifikasi

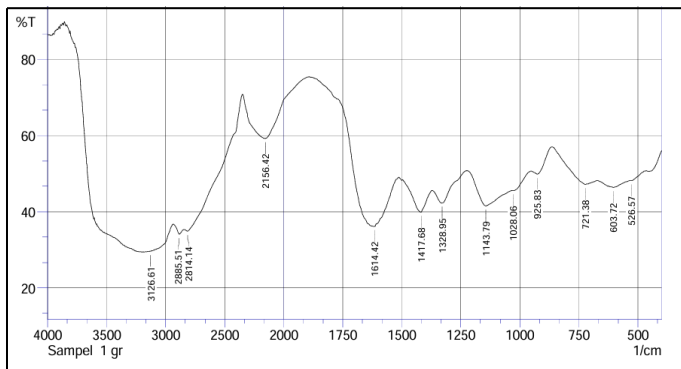
3.3 Purifikasi Pektin

Karakteristik pektin kulit jeruk bali, antara lain kadar air 9,2%, kadar metoksil 8,57%, kadar galakturonat 76,26%. Pada spektrum FTIR pektin, terdapat gugus -OH pada bilangan gelombang 3448,72 cm<sup>-1</sup>, serapan ulur -CH<sub>3</sub> pada bilangan gelombang 2926,01 cm<sup>-1</sup>, -C=O pada bilangan gelombang 1730,15 cm<sup>-1</sup>, tekuk C-H pada bilangan gelombang 1145,72 cm<sup>-1</sup>, dan ikatan R-O-R terletak pada bilangan gelombang 1406,11 cm<sup>-1</sup>, adapun hasil uji karakterisasi hasil spectrum(FTIR) Pektin dapat dilihat pada Gambar.3.

3.4.Hasil FTIR untuk sampel bioplastik pektin/kitosan/bentonit

Pada spektrum sampel 1 gr, pita serapan masih terlihat relatif terpisah dengan intensitas yang belum begitu dominan. Pita lebar pada daerah 3126-2885 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus -OH dari pektin, kitosan, serta -Si-OH bentonit, yang mengindikasikan terbentuknya ikatan hidrogen, meskipun masih terbatas. Gugus hidroksil (-OH) pektin terdeteksi jelas pada 1417 cm<sup>-1</sup>, sementara kontribusi kitosan muncul pada daerah C-N stretching di 1329 cm<sup>-1</sup>. Serapan kitosan juga terlihat pada rentang 1028 cm<sup>-1</sup> dan pada daerah serapan 721

cm<sup>-1</sup>, yang merepresentasikan getaran Si-O-Si dan Al-O, adapun analisa FTIR dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Hasil analisa FTIR untuk kitosan 1 gram

### 3.5 Hasil SEM nanokomposit pektin/kitosan/bentonit

Morfologi dari film yang mengandung 3 gr kitosan terlihat lebih kompak dan halus yang menunjukkan bahwa kitosan telah berinteraksi dengan baik dengan pektin dan bentonit. Film menampilkan struktur yang dengan rongga atau retakan mikro minimal, yang mencerminkan interaksi elektrostatis yang kuat antara kitosan dan pektin serta ikatan hidrogen dan ikatan polimer-bentonit. Secara keseluruhan, SEM menunjukkan jaringan biopolimer yang homogen, padat, dan terintegrasi, menunjukkan efek sinergis dari interaksi kitosan, bentonit, dan pektin yang cukup seimbang. Jika dibandingkan dengan film yang mengandung 5% kitosan, rongga dari permukaan film lebih terlihat disertai dengan permukaan yang lebih kasar. Adapun Karakterisasi Uji SEM dapat dilihat pada Gambar 4.5.

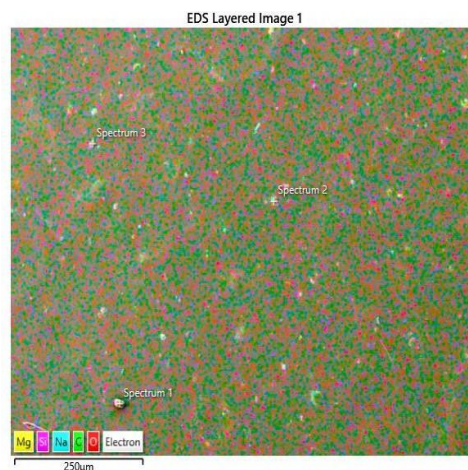


Gambar 4.5. Hasil analisa SEM untuk Nanokomposit Pektin/bentonit/kitosan

### 3.6 Hasil SEM Edx nanokomposit pektin/kitosan/bentonit

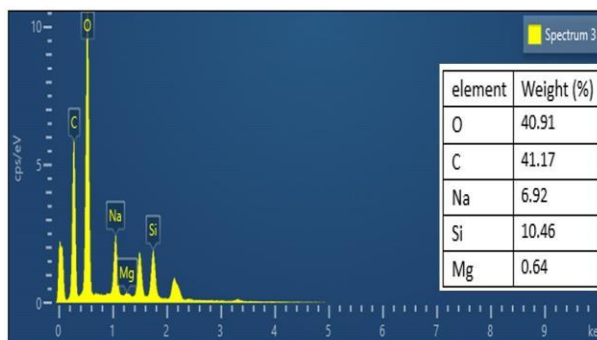
Pada Gambar 1. (Spectrum 3) menunjukkan bahwa komposisi bioplastik didominasi oleh karbon (41,17%) dan oksigen (40,91%), yang mengindikasikan keberadaan matriks polimer organik (misalnya pektin/kitosan) sebagai komponen utama. Unsur silika (10,46%) dan natrium (6,92%) terdeteksi dalam jumlah signifikan, yang mungkin berasal dari aditif anorganik atau filler seperti bentonit. Kandungan magnesium relatif rendah (0,64%), berperan sebagai minor element.

Distribusi ini menegaskan bahwa fasa organik masih dominan, sedangkan komponen anorganik hanya memperkuat struktur.



Gambar 4.6. Hasil analisa SEM Edx untuk Nanokomposit Pektin/bentonit/kitosan

Pada Gambar 4.6. (Spectrum 3) menunjukkan bahwa komposisi bioplastik didominasi oleh karbon (41,17%) dan oksigen (40,91%), yang mengindikasikan keberadaan matriks polimer organik (misalnya pektin/kitosan) sebagai komponen utama. Unsur silika (10,46%) dan natrium (6,92%) terdeteksi dalam jumlah signifikan, yang mungkin berasal dari aditif anorganik atau filler seperti bentonit. Kandungan magnesium relatif rendah (0,64%), berperan sebagai minor element. Distribusi ini menegaskan bahwa fasa organik masih dominan, sedangkan komponen anorganik hanya memperkuat struktur.



Gambar 4.6. Hasil distribusi Partikel untuk Nanokomposit Pektin/bentonit/kitosan

## IV. KESIMPULAN

Karakteristik morfologi dari proses pencampuran pectin, kitosan dan bentonit menjadi nanokomposit pectin/kitosan dan bentonit memperlihatkan interaksi antara Pektin, Kitosan dan Bentonit memiliki tingkat kehomogenan yang baik

## REFERENSI

- [1] H.-M. Wang, T.-Q. Yuan, G.-Y. Song, and R.-C. Sun, "Advanced and versatile lignin-derived biodegradable composite film materials toward a sustainable world," *Green Chemistry*, vol. 23, no. 11, pp. 3790-3817, 2021.
- [2] P. Chincholikar *et al.*, "Green nanobiopolymers for ecological applications: a step towards a sustainable environment," *RSC advances*, vol. 13, no. 18, pp. 12411-12429, 2023.
- [3] Riyamol, J. Gada Chengaiyan, S. S. Rana, F. Ahmad, S. Haque, and E. Capanoglu, "Recent advances in the extraction of pectin from various sources and industrial applications," *ACS omega*, vol. 8, no. 49, pp. 46309-46324, 2023.
- [4] N. A. Di Clemente, E. La Cava, S. Sgroppo, A. Gomez-Zavaglia, and E. Gerbino, "Sustainability assessment of pectin extraction from Citrus paradisi peel to support the encapsulation of lactic acid bacteria," *Applied Food Research*, vol. 5, no. 1, p. 100716, 2025.
- [5] X. Liu, W. Lin, D. Astruc, and H. Gu, "Syntheses and applications of dendronized polymers," *Progress in Polymer Science*, vol. 96, pp. 43-105, 2019.
- [6] P. Zarrintaj *et al.*, "Thermo-sensitive polymers in medicine: A review," *European Polymer Journal*, vol. 117, pp. 402-423, 2019.
- [7] Z. Yang *et al.*, "Amphiphilic chitosan/carboxymethyl gellan gum composite films enriched with mustard essential oil for mango preservation," *Carbohydrate Polymers*, vol. 300, p. 120290, 2023.
- [8] R. Ridwan, T. Rihayat, R. Siburian, and I. Nurdin, "SYNTHESIS OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY, RENEWABLE, AND SUSTAINABLE NATURAL FIBER COMPOSITE BASED ON POLYLACTIC ACID/COIR WITH BENTONITE ADDITION," *Rasayan Journal of Chemistry*, vol. 17, no. 4, 2024.
- [9] D. E. Abulyazied and A. Ene, "An investigative study on the progress of nanoclay-reinforced polymers: Preparation, properties, and applications: A review," *Polymers*, vol. 13, no. 24, p. 4401, 2021.
- [10] T. A. Nguyen and T. M. H. Pham, "Study on the properties of epoxy composites using fly ash as an additive in the presence of nanoclay: mechanical properties, flame retardants, and dielectric properties," *Journal of Chemistry*, vol. 2020, no. 1, p. 8854515, 2020.